

CLARISSA ANA ZAMBIASI

**QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO ARMAZENADOS
EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Z23q
2015
Zambiasi, Clarissa Ana, 1985-
Qualidade de grãos de feijão armazenados em diferentes
condições de temperatura / Clarissa Ana Zambiasi. - Viçosa, MG, 2015.
xii, 77f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Jadir Nogueira da Silva.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.66-77.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Feijão - Armazenamento- Efeito da
temperatura. 3. Grãos - Qualidade. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em
Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 635.652

CLARISSA ANA ZAMBIASI

**QUALIDADE DE GRÃOS DE FEIJÃO ARMAZENADOS
EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

APROVADA: 18 de dezembro de 2015.



Roberta Jimenez de Almeida Rigueira



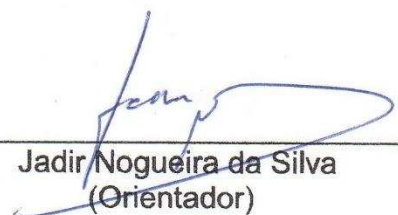
Paulo Marcos de Barros Monteiro



Juarez de Sousa e Silva



Adílio Flauzino de Lacerda Filho
(Coorientador)



Jadir Nogueira da Silva
(Orientador)

Aos meus pais e irmãos;
e ao meu esposo.

O conselho da sabedoria é:
procure obter sabedoria;
use tudo o que você possui
para adquirir entendimento.
(Provérbios 4:7)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me amparar nos momentos difíceis e por me mostrar que sempre é tempo de recomeçar.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo ensino e pela oportunidade.

Ao meu orientador, professor Jadir, por todos os conselhos, pela delicadeza ao falar e pela paciência que sempre teve comigo.

Ao meu coorientador, professor Adílio, pelo carinho e por todo conhecimento compartilhado.

Aos meus pais e irmãos, pelo carinho e confiança e pelo apoio incondicional que sempre me deram.

Aos amigos de perto e de longe, mas que sempre estiveram presentes em todas as etapas da minha vida.

À amiga Roberta Rigueira, por todos os ensinamentos repassados e pela amizade.

À grande amiga Patrícia, pelo carinho, pela amizade e pela ajuda.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Ao meu esposo Filipe, pelo amor, pela parceria, pela paciência e pela confiança que sempre teve em mim.

BIOGRAFIA

CLARISSA ANA ZAMBIASI, filha de Sulani Ana Giovanaz Zambiasi e Moacir José Zambiasi, nasceu em 17 de julho de 1985, na cidade de Nova Bréscia, no Estado do Rio Grande do Sul.

Em 2002, concluiu o ensino médio pela Escola Estadual de Ensino Médio Nova Bréscia.

Em janeiro de 2010, graduou-se em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Em julho de 2011, tornou-se mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes pelo Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, na UFPel.

Em agosto do mesmo ano, iniciou o doutorado em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal de Viçosa, na área de concentração em Armazenamento de Produtos Vegetais, concluindo-o em dezembro de 2015.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1. A importância do esfriamento artificial durante o armazenamento, considerando-se os aspectos fisiológicos dos grãos e sementes.....	7
3.2. A influência do esfriamento artificial na manutenção da qualidade de grãos e sementes durante a armazenagem, no controle de insetos-praga e fungos	13
3.3. Importância da avaliação da qualidade fisiológica dos grãos	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1. Teor de água	28
4.2. Germinação	29
4.3. Massa específica aparente	30
4.4. Potencial hidrogeniônico (pH).....	30
4.5. Condutividade elétrica (CE)	30
4.6. Teor de cinzas	31
4.7. Tempo de cocção	32
4.8. Cor	34
4.9. Perda de peso.....	36
4.10. Contaminação por micro-organismos	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37

5.1. Caracterização inicial dos grãos de feijão armazenados	37
5.2. Análise dos resultados do teor de água para os grãos armazenados ...	38
5.3. Análise dos resultados do teste de germinação para os grãos armazenados	40
5.4. Análise dos resultados do tempo de cocção para os grãos armazenados	42
5.5. Análise dos resultados da cor para os grãos armazenados	44
5.6. Análise dos resultados do teste de condutividade elétrica para os grãos armazenados	48
5.7. Análise dos resultados do teor de cinzas para os grãos armazenados .	50
5.8. Análise dos resultados do potencial hidrogeniônico (pH) para os grãos armazenados	52
5.9. Análise dos resultados da massa específica aparente para os grãos armazenados	54
5.10. Análise dos resultados da perda de peso para os grãos armazenados	57
5.11. Análise das variações de temperaturas da massa de grãos armazenada considerando os diferentes locais no interior do silo	59
6. CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de referência para o tempo de cozimento no feijão	33
Tabela 2 - Caracterização inicial do lote, com valores observados para teor de água, germinação, cor, tempo de cocção, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, teor de cinzas, potencial hidrogeniônico e massa específica aparente	37
Tabela 3 - Caracterização fitossanitária inicial do lote de feijão (resultados expressos em %)	38
Tabela 4 - Tempo de cocção do feijão para os tratamentos aos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento.....	43
Tabela 5 - Resultados observados na variação de cor “L” para o feijão durante o armazenamento, para todos os tratamentos.....	46
Tabela 6 - Massa específica aparente do feijão para os tratamentos, aos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento (resultados expressos em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).....	55
Tabela 7 - Perda de peso aos 90 dias de armazenamento, para os tratamentos (resultados expressos em % e em toneladas)	58
Tabela 8 - Perda de peso aos 30 dias de armazenamento, para os tratamentos (resultados expressos em % e em toneladas)	59
Tabela 9 - Médias, valores máximos e mínimos das temperaturas da massa de grãos nos diferentes locais analisados no silo (resultados expressos em $^{\circ}\text{C}$).	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manifestações fisiológicas do processo de deterioração das sementes.	20
Figura 2 - Representação do silo, com identificação dos pontos onde foram realizadas as medições da temperatura na massa de grãos, com termopares.	23
Figura 3 - Termômetro digital com um termopar acoplado, indicando a temperatura no interior do silo.....	24
Figura 4 - Representação de um termopar utilizado para medição da temperatura, constituído por dois materiais (cobre e constantan).....	24
Figura 5 - Vistas frontal e lateral do conector de termopar, com suas dimensões.	24
Figura 6 - Conector polarizado dos termopares.	25
Figura 7 - Localização e identificação dos termopares no silo armazenador...	25
Figura 8 - Equipamento resfriador modelo PCS 80, de fabricação da Cool Seed.	26
Figura 9 - Vistas lateral, frontal e superior do PCS 80 e dados dimensionais do equipamento.	27
Figura 10 - Ilustração dos resultados dos testes de germinação do feijão no oitavo dia após semeadura.	29
Figura 11 - Ilustração do condutivímetro, balança e amostras utilizadas no teste de condutividade elétrica para o feijão.....	31
Figura 12 - Mufla e cadinhos de porcelana com as cinzas, após a execução do teste de teor de cinzas para o feijão.	32
Figura 13 - Cozedor Mattson com os grãos de feijão posicionados sob as hastes, durante a execução do teste de tempo de cocção.....	33
Figura 14 - Sólido de Hunter.	34
Figura 15 - Espectrofotômetro de bancada durante a realização da determinação da cor para o feijão.	35
Figura 16 - Armazenamento dos grãos de feijão na organza, utilizada para o teste de determinação da perda de matéria seca do feijão.	36

Figura 17 - Variações nos teores de água do feijão, observados durante a fase de armazenagem, para os quatro tratamentos realizados (resultados expressos em % (b.u.)).	39
Figura 18 - Variações no teste de germinação do feijão, observados durante a fase de armazenagem, para os quatro tratamentos realizados (resultados expressos em % de plântulas normais).	41
Figura 19 - Tempo de cocção do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em minutos).	42
Figura 20 - Representação gráfica para cor do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (valores observados da variável "L").	45
Figura 21 - Teste de condutividade elétrica para o feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$).	49
Figura 22 - Teor de cinzas para o feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em %).	51
Figura 23 - Variações nos teores de potencial hidrogeniônico para o feijão, observados durante a fase de armazenagem, para os quatro tratamentos realizados (resultados expressos em Ph).	53
Figura 24 - Massa específica aparente do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).	55
Figura 25 - Perda de matéria seca do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em %).	57
Figura 26 - Perfil da distribuição da temperatura da massa de grãos no interior do silo armazenador (os locais com a mesma cor não diferem entre si pelo teste de Games-Howell, a 5% de probabilidade).	62
Figura 27 - Silo de armazenamento dos grãos de feijão, localizado na fazenda e detalhes construtivos da parede do silo.	63

RESUMO

ZAMBIASI, Clarissa Ana, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2015. **Qualidade de grãos de feijão armazenados em diferentes condições de temperatura.** Orientador: Jadir Nogueira da Silva. Coorientador: Adílio Flauzino de Lacerda Filho.

Durante o armazenamento, as condições de temperatura e de umidade relativa do ar podem alterar a qualidade dos grãos de feijão. O grau de dureza do feijão é um atributo relacionado à perda de qualidade, pois além de aumentar o tempo necessário para o cozimento, altera o sabor e provoca o escurecimento do tegumento. O processo de esfriamento da massa de grãos, durante o período de armazenagem, é uma técnica eficaz e econômica para a manutenção da qualidade do produto, pois diminui a atividade da água e reduz a taxa respiratória dos grãos, reduz as atividades enzimáticas, retarda o desenvolvimento dos insetos-praga e da microflora presente, independentemente das condições climáticas da região. O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a qualidade dos grãos de feijão armazenados em diferentes condições de temperatura. Especificamente objetivou-se avaliar o sistema de armazenagem em silo com capacidade de 112 toneladas e em temperatura de 15°C, 30°C e ambiente e estudar as variações quanto ao teor de água, teste de germinação, tempo de cocção, cor, teste de condutividade elétrica, teor de cinzas, potencial hidrogeniônico, massa específica aparente e perda de peso da massa de grãos armazenada durante 90 dias. Simultaneamente, observaram-se alterações nas propriedades e na temperatura da massa de grãos armazenada no silo. Concluiu-se que o armazenamento a 15°C constitui-se de um método eficaz para a manutenção da qualidade do feijão por um período de 90 dias. A utilização de tecnologias de armazenagem, como o esfriamento artificial da massa de grãos pode auxiliar o produtor na tomada de decisões, uma vez que se o armazenamento for seguro e garantir a manutenção da qualidade do lote.

ABSTRACT

ZAMBIASI, Clarissa Ana, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2015. **Quality of beans grains stored on different temperature conditions.** Adviser: Jadir Nogueira da Silva. Co-adviser: Adílio Flauzino de Lacerda Filho.

During storage, the temperature conditions and the environmental relative humidity can alter the quality of the beans. One of the attributes relating to quality loss as a function of the physiological activities is observed by the increase in the degree of hardness bean, significantly rising the time needed for cooking it, besides changing the flavor and provoking the darkening of the tegument in some beans. The cooling process of the grains, during the storage, is a efficacious and affordable technique to manage the quality of the product, because it reduces the water activity and the oxygen respiration rate of the food grains, reduces enzyme activity, and it also slows the development of pest insects and the microflora present in the crops, Independently of the climates characteristics of that region. This sheet objective is to evaluate the qualitative characteristics of the beans stored in a silo that has a capacity of 112 tons and, at the same time, samples of the same batch stored in laboratory with temperatures of 15°C, 30°C and at room temperature. Simultaneously, was observed possible changes in technological properties and the temperature of the grain mass stored in the silo. It was concluded that the storage at 15°C was the more efficacious method to manage the quality of the bean during the period of 90 days. The temperature monitoring inside the silos allowed analyzing the uniformity of the cooling of the grain mass and verify that the use of storage technologies, as the artificial refrigeration of the beans helps the producer taking decisions, because if the storage is safe it guarantees the quality managing of the batch.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com estimativa para a produção da safra 2014/2015 de 3.151,2 mil toneladas. Dentre os principais estados produtores destacam-se o Paraná, com 727,1 mil toneladas, e Minas Gerais, com a produção de 527,1 mil toneladas para esse mesmo período, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2015).

A cada dez brasileiros, sete consomem feijão diariamente. O grão, típico da culinária do país, é fonte de proteína vegetal, vitaminas do complexo B e sais minerais, ferro, cálcio e fósforo. O consumo do produto, em média, por pessoa chega a 19 kg de feijão por ano (BRASIL, 2015).

A qualidade dos grãos é um importante parâmetro para a comercialização e processamento, e influencia o valor do produto. A massa de grãos armazenada constitui um sistema no qual a deterioração do produto estocado resulta de interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os fatores de importante conhecimento são: temperatura, umidade, CO₂, O₂, características dos grãos, micro-organismos, insetos, roedores, pássaros e localização geográfica. O período de armazenamento dos grãos depende principalmente da temperatura e do teor de água (JAYAS; WHITE, 2003).

Pode-se determinar a qualidade dos grãos pela aceitabilidade ao consumo, a qual está relacionada principalmente às suas características de absorção de água antes e após o cozimento, tempo de cozimento, porcentagem de sólidos solúveis, cor do tegumento e do caldo. Essas características podem ser alteradas durante o armazenamento em condições inadequadas ou mesmo pela presença de inseto-praga (REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993; RESENDE et al., 2008).

O tempo de armazenamento do feijão, associado às condições de elevadas temperatura e umidade relativa do ar, são importantes indicadores no aumento do tempo de cozimento dos grãos podendo, também, alterar algumas características nutricionais do alimento devido ao efeito hard-to-cook (HTC) (COELHO et al., 2007), cuja tradução é “difícil para cozinhar”. Conforme relatou Yousif et al. (2002), a estocagem de grãos em condições inadequadas resulta no aumento do tempo de cozimento e aumento na dureza final dos grãos de feijão.

A aeração é uma técnica muito utilizada para a prevenção de problemas associados à conservação dos grãos armazenados. Seus principais objetivos são: resfriar, uniformizar a temperatura, prevenir o aquecimento e o umedecimento e promover remoção de odores na massa de grãos (SILVA et al., 2000).

Para Rigueira et al. (2009), o processo de esfriamento da massa de grãos, durante o período de armazenagem, é uma técnica promissora para a manutenção da qualidade do produto, pois diminui a atividade da água e reduz a taxa respiratória dos grãos, retarda o desenvolvimento dos insetos-praga e da microflora presente, independentemente das condições climáticas da região. Segundo Lazzari et al. (2006), o resfriamento da massa de grãos apresenta a vantagem de poder ser aplicado com maior eficiência em larga escala, pois não depende das condições ambientais externas.

Portanto, as medidas de temperatura e do teor de água em diferentes locais da massa de grãos, ao longo de um processo de aeração, pode ser uma ferramenta importante no desenvolvimento e na avaliação de estratégias de controle para manter os grãos sadios e reduzir o custo com tratamento químico, direcionado para insetos e fungos (JIA et al., 2001).

Pelos motivos expostos, considerando o crescimento da utilização do esfriamento artificial de grãos no Brasil, propôs-se acompanhar, durante o período de armazenamento de 90 dias, a temperatura da massa de grãos de feijão armazenada em silos, submetidos ao processo de esfriamento artificial utilizando um equipamento provido de um mecanismo de aeração com ar resfriado artificialmente, visando agregar qualidade ao sistema de armazenamento.

Complementando esse estudo, buscou-se também avaliar a qualidade do lote de feijão armazenado em diferentes condições de temperatura, visando redução das perdas qualitativas nos grãos e atendendo as necessidades do mercado agrícola e do produtor rural que optar pelo armazenamento, em caso de regularização dos fluxos de oferta e demanda e manutenção de estoques, para reduzir o estrangulamento da comercialização de grãos, evitando assim os efeitos especulativos. Ballou (2001) citou quatro razões para estocagem e armazenagem dos produtos: redução de custos de transporte e de produção,

coordenação da oferta-demanda, auxílio no processo de produção e ajuda no processo de marketing.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho avaliar a qualidade fisiológica de um lote de feijão armazenado em diferentes condições de temperatura.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o sistema de armazenagem em silo com capacidade de 112 toneladas e em temperatura de 15°C, 30°C e ambiente.
- Estudar as variações quanto ao teor de água, teste de germinação, tempo de cocção, cor, teste de condutividade elétrica, teor de cinzas, potencial hidrogeniônico, massa específica aparente e perda de peso da massa de grãos armazenada durante 90 dias.
- Comparar a qualidade fisiológica do feijão armazenado em condições de frio (15°C e $58 \pm 2\%$ UR) com o armazenado em temperatura de 30°C e $58 \pm 2\%$ UR, em temperatura de ar ambiente e $58 \pm 2\%$ UR e em silo armazenador ($19 \pm 2^\circ\text{C}$ e $55 \pm 2\%$ UR), localizado na fazenda.
- Monitorar a temperatura dos grãos armazenados no silo, observando a distribuição radial do esfriamento da massa de grãos e em camadas de diferentes alturas (níveis) no silo armazenador, analisando as temperaturas em nove locais do silo;
- Comparar a perda de peso do lote de feijão armazenado nas condições de temperatura de 15°C e $58 \pm 2\%$ UR, 30°C e $58 \pm 2\%$ UR e em ambiente natural e $58 \pm 2\%$ UR, aos 30, 60 e 90 dias de armazenamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é tradicionalmente muito consumido pelos brasileiros e representa uma das principais explorações agrícolas do país, desempenhando papel fundamental também na demanda por mão de obra durante o cultivo e beneficiamento. Os grãos representam importante fonte proteica na dieta humana dos países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais (DINIZ, 2006).

Conforme Oliveira et al. (2011), o feijão fornece nutrientes essenciais como proteínas, ferro, cálcio, vitaminas, carboidratos e fibras, e é cultivado em quase todos os países, assumindo enorme importância devido ao seu baixo custo e por ser um alimento de boa qualidade nutricional.

Silva et al. (2012) destacaram que a cultura apresenta uma ampla diversidade nos tipos de grãos, especialmente no que se refere à forma, ao tamanho e às cores. No mercado brasileiro, esta diversidade é bem evidente. Contudo, a preferência é predominante sobre o grão tipo Carioca, que possuem tegumento de coloração clara e cujo escurecimento e endurecimento dos grãos ocorrem durante o período de armazenamento, fenômeno que causa perda considerável no valor comercial do feijão.

Colhido e beneficiado, o feijão é ensacado e guardado em simples depósitos ou armazéns. Desta forma, e em prazo relativamente curto, ele sofre alterações das características físico-químicas, por transformações de seus componentes, resultando em feijões com elevada resistência à cocção e modificações nas propriedades sensoriais e nutricionais, tornando-se pouco atrativo ao consumidor (ROMANO, 2006).

Conforme Bragantini (2005), a temperatura é, talvez, um dos fatores físicos mais importantes na conservação dos grãos armazenados, pois a maioria das reações químicas é acelerada com o aumento da temperatura. Quando a temperatura de armazenamento é mais baixa, pode-se armazenar com segurança, mesmo quando o teor de água dos grãos estiver um pouco mais elevado, pois a baixa temperatura reduz a atividade de água e inibe o desenvolvimento de microrganismos e de insetos-praga.

O teor de água dos grãos é, juntamente com a temperatura, o fator primordial na conservação dos grãos e sementes. Quando o teor de água é baixo

[11 a 13% (b.u.)], a atividade vital (respiração) é diminuída e o metabolismo é reduzido. A combinação de baixa temperatura e baixo teor de água dos grãos é ideal para a armazenagem de sementes e grãos que necessitam da manutenção da sua qualidade (BRAGANTINI, 2005).

O processo de esfriamento da massa de grãos, durante o período de armazenagem, é uma técnica eficaz e econômica para a manutenção da qualidade do produto, pois diminui a atividade da água e reduz a taxa respiratória dos grãos, retarda o desenvolvimento dos insetos-praga e da microflora presente, independentemente das condições climáticas da região (RIGUEIRA et al., 2009).

Para Banks e Fields (1995), a redução da temperatura de 20 para 14°C, mediante a insuflação de ar frio, afeta o crescimento populacional da maioria das espécies de insetos, aumentando a mortalidade, especialmente dos estágios imaturos. É importante considerar que a tolerância e aclimação ao frio variam com a espécie, com a temperatura aplicada e o tempo de exposição.

No processo de resfriamento, o ar frio e, relativamente seco, tem sua passagem forçada pela massa de grãos armazenados em silos. Normalmente, uma vez que o grão tenha sido resfriado, ele assim permanece por vários meses. Além da redução de custos de secagem, de reduzir perdas fisiológicas pela respiração do grão e manter alta qualidade, o resfriamento do grão oferece excelente proteção contra insetos (SANTOS, 2002).

Conforme Lazzari et al. (2006), o resfriamento da massa de grãos, mediante a insuflação de ar condicionado frio, tem a vantagem de poder ser aplicado com maior eficiência em larga escala, pois não depende das condições ambientais externas.

O conhecimento das características físicas, químicas e biológicas dos grãos é de grande importância para o sucesso da aplicação dessa técnica. Dentre as variáveis influentes no processo destacam-se a temperatura e a umidade relativa do ar intergranular, e o teor de água dos grãos (LACERDA FILHO et al., 2007). A interação destes fatores pode propiciar o desenvolvimento de insetos-praga e de microrganismos, principalmente fungos, que poderão causar danos aos grãos, levando-os à perda total, do ponto de vista biológico e sanitário.

3.1. A importância do esfriamento artificial durante o armazenamento, considerando-se os aspectos fisiológicos dos grãos e sementes

A armazenagem de grãos compreende a guarda de elevados volumes de massa orgânica exposta a processos permanentes de atividade biológica viva. Da atividade biológica e da atividade respiratória, resultam reações químicas de oxidação, aumento de radicais livres, perda de matéria seca, aquecimento dos grãos, perda de nutrientes, aumento do teor de água e da temperatura dos grãos até tornar uma parte dos grãos bons em ardidos. Tudo isso favorece o surgimento e a expansão de colônias de insetos, bactérias e fungos motivo pelo qual o acompanhamento rigoroso da temperatura é indispensável e fundamental, pois o aquecimento da massa resultante das atividades mencionadas revela a existência de um ou mais dos males citados (WEBER, 2005).

Durante a pós-colheita, a maior parte dos grãos passa por uma série de etapas como secagem, armazenagem e, finalmente, processamento. Muitas destas operações podem reduzir a qualidade dos produtos e comprometer sua posterior conservação. O conhecimento das características físicas e químicas dos grãos pode auxiliar a minimizar esses problemas, através de manejo adequado (ELIAS, 2008).

De acordo com Elias (2008), diversas mudanças podem ocorrer na qualidade dos grãos a partir da colheita através do transporte, manejo, secagem e armazenagem. Mudanças químicas ocorrem especialmente no armazenagem e são grandemente influenciadas pelo teor de água, condições físicas dos grãos e pelas condições atmosféricas como a composição, temperatura, umidade relativa e presença de luz. Os grãos armazenados continuam o processo de respiração gerando calor, portanto, as condições de aeração devem ser observadas para evitar o aumento da temperatura.

Assim, em se tratando de armazenagem, é importante aliar conhecimentos sobre as condições do grão, especialmente o teor de água e a natureza, além das condições ambientais como a temperatura, a umidade relativa e a luminosidade, a fim de manter a qualidade do produto (POHNDORF, 2012).

De acordo com Abba e Lovato (1999), o armazenamento de grãos em ambiente natural em regiões tropicais apresenta maiores problemas em decorrência das condições de temperatura e umidade relativa, se comparado com as regiões de clima temperado ou frio. Destaca-se que esses dois parâmetros são determinantes no processo de perda de viabilidade de sementes durante o armazenamento e alterações na qualidade do produto e, conseqüentemente, dos subprodutos (LACERDA et al., 2003; KONG et al., 2008; MALAKER et al., 2008).

Jayas e White (2003) afirmaram que a qualidade dos grãos é um importante parâmetro para a comercialização e processamento, e influencia o valor do produto. Os autores descreveram que a massa de grãos armazenada constitui um sistema no qual a deterioração do produto estocado resulta de interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os fatores de importante conhecimento são: temperatura, umidade, CO₂, O₂, características dos grãos, micro-organismos, insetos, roedores, pássaros e localização geográfica. O período de armazenamento dos grãos depende principalmente da temperatura e do teor de água.

As propriedades físicas dos grãos e sementes também são de extrema importância para o dimensionamento e projeto de equipamentos transportadores, de limpeza e separação, no emprego de técnicas utilizadas no armazenamento e construção de silos e outros dispositivos de armazenagem. O conhecimento das relações entre as propriedades físicas e os fatores de deterioração, pode auxiliar na solução de problemas relacionados à transferência de calor e massa durante as etapas de secagem e na aeração e para um armazenamento correto do produto (GONELI et al., 2003).

Sousa (2003) afirmou que durante o armazenamento dos grãos de feijão, ocorrem algumas alterações químicas e estruturais que levam a depreciação da qualidade geral e do valor nutritivo do produto. Essa perda de qualidade caracteriza-se por mudanças na cor, no sabor e pelo aumento no grau de dureza dos grãos, resultando em acréscimos no tempo de cozimento.

Conforme Resende et al. (2008), a secagem de sementes de feijão é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, uma vez que as atividades biológicas e físico-químicas que ocorrem durante o armazenamento, diminuem com a redução do teor de água, inibindo também o

crescimento de microrganismos e a possibilidade de proliferação de insetos e pragas. Em adição, diminui o processo respiratório das sementes, mantendo as reservas durante a armazenagem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

De acordo com Brackmann et al. (2002), após a colheita, a respiração e outros processos metabólicos de grãos continuam ocasionando na maioria das vezes perdas significativas de qualidade. Além disso, um longo período de armazenamento pode ocasionar o escurecimento do tegumento do feijão tipo carioca, depreciando seu valor comercial.

Atribui-se o aumento do teor de água tanto pela atividade respiratória dos grãos como da microflora a eles associada, embora a taxa respiratória dos grãos seja, geralmente, menos intensa que a dos microrganismos (MUIR; WHITE, 2000). Ainda de acordo com esses autores, a respiração dos grãos é mais intensa a medida que se tem teores de água elevados, embora a temperatura, a umidade relativa e o estado de conservação, também influenciem o metabolismo dos grãos; eles ressaltam, também, que a água produzida durante o processo respiratório aumenta o teor de água do produto que, por sua vez, intensifica o desenvolvimento e a taxa respiratória da microflora.

Quando a atividade vital (respiração) dos grãos e das sementes é controlada pelo teor de água, a conservação durante o período de armazenagem é segura. Quando uma quantidade de grãos ou sementes armazenadas sofre aquecimento estes tornam-se mofados, apresentam grãos germinados na superfície e, finalmente, sobrevêm as podridões, conforme relataram Navarro e Noyes (2002).

O feijão passa por modificações fisiológicas e bioquímicas que alteram a sua qualidade durante o período de armazenamento tanto para o uso como semente quanto para consumo como alimento. Santos et al. (2005) estudaram essas alterações em sementes de feijoeiro armazenadas em condições ambientais não controladas de temperatura e umidade relativa do ar e concluiu que existem cultivares com diferentes aptidões para a manutenção da qualidade fisiológica durante o armazenamento.

Para Barreto e Demito (2009), a temperatura e teor de água são os dois fatores decisivos na manutenção da qualidade das sementes durante a armazenagem. O esfriamento artificial pode proporcionar condições adequadas para a armazenagem de sementes, pois permite insuflar ar frio através da massa

de sementes e manter a temperatura baixa de forma a impedir a infestação e desenvolvimento de fungos, independentemente da região geográfica.

O esfriamento da massa de grãos é um fenômeno de propagação de uma frente de esfriamento. A zona esfriada progride com a consequente diminuição da zona a esfriar. As trocas entre o ar e o grão se realizam numa camada de espessura limitada, chamada zona de esfriamento. A velocidade de propagação do esfriamento no grão, ou seja, a velocidade de avanço da zona de esfriamento é proporcional a velocidade aparente do ar (LASSERAN, 1981).

Portanto, conforme Silva et al. (2000), a aeração tem sido uma técnica muito utilizada para a prevenção de problemas associados à conservação dos grãos armazenados. Seus principais objetivos são: esfriar, uniformizar a temperatura, prevenir o aquecimento e o umedecimento e promover remoção de odores na massa de grãos.

Maier e Navarro (2002) citaram que o esfriamento artificial tem sido aplicado nos últimos 40 anos em mais de 50 países. Seu uso tem sido concentrado primeiramente em grãos sujeitos a desenvolverem bolsões de calor, por exemplo, grãos de soja e milho, e para manter a qualidade de produtos de alto valor agregado, como sementes em geral.

No Brasil, o esfriamento artificial a granel surgiu como resposta a uma demanda por soluções na armazenagem. Na década de 1980 e meados de 1990, surgiram vários esforços para o esfriamento artificial de sementes com equipamentos estáticos e móveis. No início deste século, surgiu uma nova proposta, buscando manter a germinação e o vigor das sementes durante a armazenagem, utilizando o esfriamento dinâmico das sementes (BARRETO; DEMITO, 2009).

Demito e Afonso (2009) frisaram que no armazenamento realizado em sacos, as sementes são resfriadas artificialmente em silos apropriados após o processo de beneficiamento, podendo ser feito por esfriamento dinâmico ou estático, sendo imediatamente ensacadas e empilhadas em blocos e mantidas em armazém convencional. No processo a granel, essas são resfriadas artificialmente em silos apropriados de forma estática, permanecendo, nesse caso, armazenadas no próprio silo.

De acordo com Baudet (2006), o armazenamento em condições de ambiente controlado, de temperatura e umidade relativa do ar, permite conservar

as sementes por longos períodos de tempo. O esfriamento artificial pode ser utilizado, em armazéns convencionais adequados para estocagem de sementes em sacos, para esfriar o ar ambiente em regiões de climas predominantemente quentes ou com temperaturas acima de 20°C. A utilização do ar frio para conservação de sementes possibilita a manutenção da qualidade fisiológica das sementes durante o período de armazenamento, diminuindo a infecção por fungos de armazenamento.

Segundo Bragantini (2005), o feijão armazenado em silos ou sacos apresenta-se como uma massa porosa, constituída por grãos e espaços intergranulares. O oxigênio existente nestes espaços é utilizado no processo respiratório dos grãos, acompanhado do desgaste das substâncias nutritivas. A velocidade de deterioração e o processo respiratório no armazenamento estão relacionados com a elevação da temperatura e com o teor de água nos grãos. Quando o teor de água dos grãos armazenados encontra-se entre 11 e 13% (b.u.), o processo respiratório se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade do produto armazenado. No entanto, ao aumentar o teor de água, o processo respiratório acelera, ocorrendo a deterioração dos grãos.

Navarro et al. (2002) destacaram que a aeração convencional de sementes, com ar ambiente frio, visa o esfriamento, a equalização da temperatura e a prevenção de aquecimento biológico da massa.

Rigueira et al. (2009) avaliaram a conservação da qualidade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio do esfriamento artificial da massa, durante a armazenagem em câmara fria a $15 \pm 5^\circ\text{C}$. Foram avaliados produtos com diferentes percentuais de teor de água, concluindo que o armazenamento refrigerado constituiu-se de um método eficaz na manutenção das características físico-químicas de feijão por um período de 120 dias.

Portanto, as medidas de temperatura e do teor de água em diferentes locais da massa de grãos, ao longo de um processo de aeração, podem ser uma ferramenta importante no desenvolvimento e na avaliação de estratégias de controle para manter os grãos sadios e reduzir o custo com tratamento químico, direcionado para insetos e fungos.

Ordóñez (2005) explicou que a velocidade das reações químicas e enzimáticas diminui em termos logarítmicos com a temperatura. Portanto, a refrigeração reduz a velocidade das reações químicas e enzimáticas, e permite

controlar a perda de qualidade dos alimentos decorrentes de atividade fisiológica e de outras reações químicas: oxidação de lipídeos, degradação de pigmentos e vitaminas, desnaturação de proteínas, entre outros.

Ribeiro et al. (2005) verificaram que o maior tempo de armazenamento provocou diminuição da umidade no grão, aumento de cinzas, manutenção nos teores proteicos, lipídicos e de carboidratos, além de mudanças no perfil eletroforético de proteínas, queda no potencial hidrogeniônico e na solubilidade em amostras do grão armazenadas por 30 e 60 dias.

Hellevang (2005) fez um levantamento nos Estados Unidos, revelando uma grande variedade de procedimentos pós-colheita utilizados pelos produtores de feijão e os comparou com a qualidade do produto. Essa pesquisa foi conduzida com o intuito de identificar os principais fatores que contribuem para a deterioração do feijão e quantificar os efeitos do teor de água de colheita, exposição à luz ultravioleta, temperatura e umidade de armazenamento. Grãos de feijão armazenados com 16% de umidade e expostos tanto à luz ultravioleta como a um espectro de luz similar à luz do dia, escureceram rapidamente poucas semanas após a colheita. O escurecimento é mais pronunciado no início do período de armazenamento. Isto indica a necessidade de se minimizar a exposição à luz durante ou até mesmo antes do período de armazenamento. As temperaturas de armazenamento mais elevadas causaram um escurecimento mais acelerado no feijão armazenado. O experimento ainda constatou mudanças de cor no tegumento, tendendo para o vermelho, principalmente quando o grão foi armazenado à temperatura mais alta e com umidade mais elevada. O tempo de cocção, outra característica de qualidade medida no experimento, aumentou significativamente nas amostras de feijão armazenadas com umidade mais alta e a temperaturas mais elevadas. Os resultados mostraram que é extremamente importante armazenar feijões a temperaturas mais baixas para manutenção tanto da qualidade de cozimento como da cor. O esfriamento deve acontecer o mais rapidamente possível após a colheita, utilizando-se a aeração.

Kaur e Singh (2007) verificaram que feijões que sofreram o efeito HTC apresentaram aumento dos parâmetros texturométricos de dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, comparados a feijões normais. Conforme os autores, a utilização de tecnologias de armazenagem como esfriamento artificial e atmosfera modificada são práticas promissoras, e têm

uma excelente relação custo e benefício nos períodos de maior oferta do produto, quando ocorrem preços baixos.

A resistência ao cozimento é causada por diferentes tipos de dureza dos grãos. Assim, o termo *hardshell* (HS, casca dura) é uma condição em que sementes maduras e secas não absorvem água dentro de um período razoavelmente longo quando umedecidas (LEMOS et al., 1996). O termo HTC é usado para descrever uma condição em que as sementes requerem um tempo de cozimento prolongado para amolecerem, mesmo depois de um cozimento prolongado em água fervente. O HS caracteriza a impermeabilidade do tegumento à água e HTC está associado ao não-amolecimento do cotilédone durante a cocção, mesmo que a semente absorva água (BOURNE, 1967; VINDIOLA et al., 1986).

Kigel (1999) descreveu que a ocorrência de HS é favorecida quando o armazenamento é realizado em temperaturas altas e em baixa umidade relativa do ar e HTC ocorre, especialmente, em condições de armazenamento em alta temperatura e alta umidade relativa do ar. Com isso, a perda de qualidade durante o armazenamento manifesta-se pelo aumento no grau de dureza do feijão, aumentando o tempo necessário para o cozimento, além de alterar o sabor e provocar o escurecimento do tegumento (RIOS et al., 2002).

Outro aspecto considerado crítico e determinante durante a comercialização dos grãos é a aparência. No que se refere à soja, alterações na coloração do produto podem ocorrer durante a etapa de armazenagem, segundo Sinclair (1995) devido, principalmente, a fatores biológicos, com destaque a presença de fungos. A descoloração de grãos de soja atribuída a fungos está relacionada à qualidade pelo U.S. Official Standards (WILSON et al., 1995) e este processo também é um indicativo de alterações físicas, químicas, presença de metabólitos ou outras características desfavoráveis (SINCLAIR, 1992).

3.2. A influência do esfriamento artificial na manutenção da qualidade de grãos e sementes durante a armazenagem, no controle de insetos-praga e fungos

A deterioração de sementes implica em perda progressiva de qualidade devido a processos fisiológicos e, ou, agentes patogênicos. Os insetos, os fungos e os ácaros são os principais agentes fitopatogênicos que atacam as

sementes armazenadas. Grandes perdas podem ser causadas ainda por ratos ou pássaros (LUCCA FILHO, 2006).

Uma massa de grãos, ao ser armazenada, fica sujeita à ação de diversos fatores como umidade, oxigênio, organismos associados, enzimas e outros. Estes fatores podem promover a degradação dos grãos, e são proporcionais às propriedades específicas e características dos grãos. As características abrangem o tipo de tegumento, a constituição química e o arranjo celular dos grãos (LORINI et al., 2002; ELIAS, 2008).

Segundo Fagundes et al. (2005), no armazenamento, além das alterações decorrentes do metabolismo do próprio grão, há o metabolismo de microrganismos associados, principalmente fungos, cujos principais danos causados são mudanças de coloração do grão, desgaste das reservas nutritivas, alterações na estrutura de carboidratos, lipídeos, proteínas e vitaminas, produção de toxinas, aquecimento da massa de grãos, exalação de odores desagradáveis e presença dos próprios microrganismos, com redução da capacidade germinativa e de vigor das sementes e aumento de defeitos nos grãos.

Ordóñez (2005) frisou que quanto mais elevado é o teor de água nos grãos, menor é a estabilidade do produto e mais propenso fica a deterioração por ação de micro-organismos (bactérias, leveduras e mofos), e reações químicas enzimáticas e não enzimáticas, principalmente se tratando de grãos oleaginosos, devido à oxidação lipídica.

Alguns fatores físicos (temperatura, umidade e danos mecânicos) e biológicos (insetos, ácaros e micro-organismos) afetam a conservação dos grãos armazenados. O teor de água influencia muito a qualidade do produto armazenado, sendo que grãos com alto teor de água constituem um meio ideal para o desenvolvimento de microrganismos, insetos e ácaros (PUZZI, 2000; LORINI et al., 2002; ELIAS, 2008).

Segundo Lazzari (1997) e Scussel (2002), os fungos de sementes e grãos armazenados têm faixas ótimas de temperaturas para seu desenvolvimento: *Aspergillus restrictus* e *Aspergillus glaucus* (30 a 35°C), *Aspergillus flavus* (40 a 45°C) e *Penicillium spp* (20 a 25°C). Quando recém-colhidos, grãos apresentam teor de água entre 14 a 20% e com temperaturas entre 22 a 35°C. Portanto, com condições favoráveis para que ocorra a infecção

e rápido crescimento de fungos em poucas horas. Considerável crescimento fúngico pode ocorrer sem que seja detectado visualmente.

O feijoeiro é suscetível ao ataque de inúmeras pragas, e, dentre elas, destacam-se as que atacam os grãos armazenados, conhecidas popularmente como carunchos (VIEIRA; YOKOYAMA, 2000). O caruncho-do-feijão, *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) é considerado a principal praga do feijão armazenado nas regiões tropicais, podendo também ser encontrado em regiões de clima temperado e frio, conforme Abreu (2005).

Os danos causados por *Zabrotes subfasciatus* no armazenamento são consideráveis e decorrentes da penetração e alimentação, somente das larvas no interior dos grãos, provocando perda de peso, redução do valor nutritivo e do grau de higiene do produto, depreciando a qualidade comercial, por presença de insetos, ovos e excrementos (QUINTELA, 2002). De acordo com o autor, graças à formação de galerias feitas pelas larvas de *Z. subfasciatus*, ocorre a destruição dos cotilédones, reduzindo o peso da semente e favorecendo a entrada de microorganismos e ácaros.

A ação dos insetos, ao alimentarem-se das sementes e grãos, facilita a penetração de fungos nos mesmos. A grande diferença entre o ataque de insetos e fungos é que os primeiros se desenvolvem em sementes com baixo teor de água e os adultos movimentam-se facilmente na massa de grãos (LUCCA FILHO, 2006).

Os fatores que determinam a colonização e a infecção por fungos de armazenamento nas sementes são, o teor de água das sementes, a temperatura e o tempo. O tempo, isto é, a demora em secá-las a um teor de água ou resfriá-las a uma temperatura que evite o desenvolvimento destes fungos. O teor de água individual das sementes, a umidade relativa e a temperatura do ambiente determinam a umidade de equilíbrio (MARCONDES et al., 2007).

Harrington (1959) propôs a regra prática segundo a qual, para cada 1% de aumento no teor de água da semente, a sua longevidade é reduzida à metade e, para cada 5°C de aumento na temperatura do ambiente, a vida da semente é reduzida, também, à metade. Essa regra é válida para os teores de água entre 5 e 14% e para as temperaturas de 0 a 50°C; abaixo de 5% de água, a taxa de deterioração pode aumentar devido à auto-oxidação de certas substâncias de reserva e, acima de 14%, devido ao desenvolvimento de fungos.

De acordo com Weber (1995), os efeitos do teor de água se revelam no aumento da intensidade da respiração, da atividade fúngica e, como consequência, no aumento da temperatura. O teor de água e a intensidade crescente do processo respiratório podem levar os grãos à morte, o que acontece quando eles atingem 60°C. Com a morte dos grãos e da maioria dos microrganismos e insetos, cessa o processo respiratório, porém continuam as reações químicas que se dão, igualmente com a liberação de umidade e calor, continuando o processo e que a massa pode chegar à temperatura de combustão.

Weber (2005) ainda ressaltou que o aumento da temperatura na massa de grãos indica atividade biológica intensa nos pontos em que se detecta a elevação da temperatura e conseqüentemente a massa precisa ser tratada. A aeração insuflando ar a temperaturas mais baixas terá o papel de remover focos de calor e diminuir a temperatura dos grãos, antes de afetá-los, impedindo a fermentação ou que se tornem ardidos.

Dentre os métodos para preservar a qualidade do produto armazenado, a utilização de baixa temperatura apresenta-se como uma promissora técnica de manejo de grãos armazenados. O esfriamento artificial de grãos surge como uma ferramenta que pode ser utilizada como opção para manutenção da qualidade dos grãos e no manejo de insetos, em regiões onde, devido ao clima, a aeração com ar natural fica com uso restrito. A baixa temperatura introduzida pelo equipamento se mantém na massa de grãos por um período prolongado, devido ao caráter isolante, ou a baixa difusividade térmica (LASSERAN, 1981).

A aeração da massa de sementes e grãos armazenados para reduzir a temperatura é importante para se manter sua qualidade e reduzir a deterioração (OLIVEIRA et al., 2007). O menor teor de água das sementes ou grãos e do ambiente paralisa a atividade de fungos durante o armazenamento, mas alguns podem se proliferar mesmo nessas condições. A redução da temperatura da massa de grãos, abaixo de 15°C pode reduzir a atividade de água e a de insetos-praga e de fungos (SUN; BYRNE, 1998). O esfriamento da massa de grãos por ar condicionado frio pode ser aplicado com eficiência em larga escala (LAZZARI et al., 2006). Conforme relataram esses autores, a insuflação de ar frio controlou insetos em arroz armazenado por 60 dias.

Ordóñez (2005) explicou que o efeito conservador do frio baseia-se na inibição total ou parcial dos principais agentes responsáveis pela alteração dos alimentos: o crescimento e a atividade dos microrganismos, as atividades metabólicas dos tecidos vegetais após a colheita, as enzimas e as reações químicas. A aplicação do frio permite prolongar a vida útil dos alimentos durante períodos de tempo relativamente longos, com repercussão mínima nas suas características organolépticas. Lazzari et al. (2006) confirmaram o acima citado, ao destacar que o esfriamento dos grãos reduz as perdas fisiológicas pela respiração intrínseca e mantém sua qualidade, oferecendo proteção contra desenvolvimento de insetos.

Barreto e Demito (2009) destacaram que o esfriamento tem grande importância para a preservação da qualidade de sementes, pois sementes frias e secas diminuem o desenvolvimento dos principais fungos, bactérias e insetos de armazenamento. Temperaturas mais baixas reduzem a taxa de metabolismo desses organismos evitando que causem danos à semente.

Isso também foi confirmado por Navarro e Noyes (2002) que ressaltaram que quando os grãos e sementes são armazenados em baixa temperatura, a possibilidade de deterioração é menor, e o frio pode compensar os efeitos do alto teor de água em relação ao desenvolvimento de microrganismos, insetos e ácaros, que atacam os grãos armazenados.

Conforme Elias (2008), o tipo de manutenção a aplicar, sua periodicidade e intensidade, ficam na dependência de resultados observados ao longo do período de armazenamento, das medidas de controle de qualidade obtidas em testes, onde fatores como variação de umidade relativa e temperatura do ar, umidade e temperatura do grão, bem como a avaliação do grau de desenvolvimento de microrganismos, de insetos e de ácaros, a presença de roedores e a variação de acidez do óleo, entre outros, devem ser considerados.

Noyes e Navarro (2002) afirmaram que, pelo fato de os insetos não se desenvolverem satisfatoriamente em temperaturas abaixo de 20°C, eles não causam grandes problemas nas regiões de clima frio. Informaram que na faixa tropical do globo terrestre a temperatura ambiente se mantém acima de 20°C durante 12 meses do ano, e nas regiões de clima subtropical a temperatura ambiente varia entre 10 e 20°C durante 4 a 12 meses. Já nas regiões frias a

amplitude térmica se dá entre 10 e 20°C, durante períodos que variam entre 1 e 4 meses.

Conforme Navarro et al. (2002), a maioria dos insetos que infestam os grãos armazenados é de origem tropical e subtropical e se espalharam em função da dinâmica de comercialização dos produtos agrícolas. Por não controlarem a temperatura do corpo, a sua reprodução e o seu desenvolvimento aumentam conforme aumenta a temperatura, considerando-se certos limites. Consequentemente a maioria deles torna-se inativa em temperaturas baixas (10 a 15°C) e morrem em temperaturas mais baixas (0 a 5°C). A sobrevivência do *Tribolium castaneum*, do ovo ao adulto, é alta em temperaturas entre 25 e 27,5°C, e reduz muito em temperaturas inferiores a esta. Os autores ainda citam que a produção dos ovos varia com a espécie de insetos, com a temperatura, com o teor de água dos grãos e com a disponibilidade e qualidade do alimento.

Alencar et al. (2009) observaram que, independentemente do teor de água analisados, a massa específica aparente dos grãos de soja permaneceu praticamente constante na temperatura de 20°C. Para a temperatura de 40°C observaram redução na massa específica aparente dos grãos de soja armazenados com teor de água de 14,8%, a partir de 45 dias de armazenamento, cujo resultado confirma o incremento da atividade metabólica dos grãos devido ao elevado teor de água, na temperatura de 40°C, motivo pelo qual se verificaram desenvolvimento acelerado de fungos e, após 180 dias, detectaram alta incidência de *Aspergillus glaucus* (87%), resultando no maior percentual de grãos ardidos, o que pode ter contribuído, segundo os autores, para a redução da massa específica aparente. Muir e White (2000) afirmaram que a faixa ótima de temperatura para o desenvolvimento da maioria dos microrganismos está compreendida entre 20 e 40°C.

Conforme Caneppele (2003), o manejo da temperatura da massa de grãos também é uma medida física de controle dos insetos, convencionalmente feito por aeração com ar frio natural. Contudo, em muitas regiões do Brasil, o ar atmosférico não é frio o suficiente, nem mesmo à noite, para favorecer o esfriamento dos silos por aeração quando necessário. Segundo o mesmo autor o esfriamento artificial da massa de grãos tem sido aplicado com sucesso, geralmente combinado com a limpeza adequada da estrutura armazenadora.

Ainda segundo Caneppele (2003), o esfriamento pela insuflação forçada de ar frio representa uma tecnologia eficiente para reduzir a temperatura da massa de grãos a uma faixa segura de aproximadamente 15°C que impede o desenvolvimento das populações de insetos, suprimindo-as por um longo período e mantendo a qualidade físico-sanitária do produto.

3.3. Importância da avaliação da qualidade fisiológica dos grãos

A qualidade fisiológica de grãos e sementes é máxima por ocasião da maturidade fisiológica. A partir deste momento processos degenerativos, de natureza física, fisiológica ou bioquímica começam a ocorrer, caracterizando a deterioração.

Conforme Santos et al. (2004), a deterioração é considerada toda e qualquer mudança degenerativa, após a semente ter atingido sua máxima qualidade, os mecanismos responsáveis por essas modificações ainda não foram totalmente elucidados. A sensibilidade das sementes ao processo de deterioração, em determinado ambiente, tem sido atribuída à constituição genética. Além disso, as condições de temperatura e umidade relativa do ar, durante o armazenamento, são de grande importância na evolução da deterioração, a qual não pode ser evitada, mas pode ser minimizada no armazenamento sob condições adequadas.

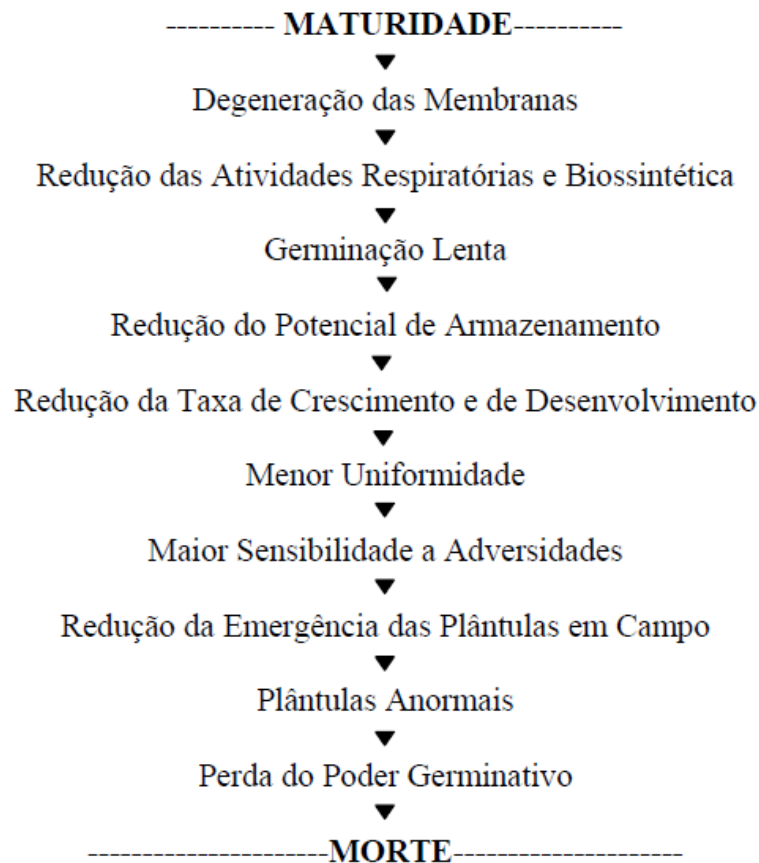
Os mesmos autores ressaltaram que a deterioração das sementes, diminui o vigor das mesmas e, portanto, resulta em sementes de menor qualidade fisiológica. No entanto, a deterioração ocorre de forma gradativa, manifestando nas sementes uma sequência de eventos de origem bioquímica ou fisiológica, tais como danificação aos sistemas de permeabilidade das membranas, o que figura entre os primeiros eventos da deterioração e tem fortes relações com o aumento na taxa respiratória dos tecidos, mudanças na atividade enzimática, redução de tecidos de reserva, queda na velocidade e na capacidade de germinação e diminuição no crescimento de plântulas normais.

A qualidade dos grãos é importante parâmetro para a comercialização e o processamento, podendo afetar o valor do produto. Apesar de toda a tecnologia disponível à agricultura brasileira, as perdas qualitativas e quantitativas, originadas durante o processo de pós-colheita dos grãos, ainda

não são bem controladas, e, durante o armazenamento, a massa de grãos é constantemente submetida a fatores externos (FARONI et al., 2009)

Conforme relatado por Tillmann (2006), o potencial de armazenamento é dependente da qualidade inicial da semente e do ambiente em que o lote foi armazenado. Sementes mais vigorosas comparadas às menos vigorosas, em condições idênticas e moderadamente desfavoráveis de armazenamento, deverão, no final do período, apresentar melhor qualidade.

Ainda, segundo a autora, o teste de germinação não é sensível para detectar a perda de qualidades das sementes ao longo do período de armazenamento. Por meio da Figura 1, observa-se que a perda de poder germinativo é consequência final do processo de deterioração.



Fonte: Tillmann (2006).

Figura 1 - Manifestações fisiológicas do processo de deterioração das sementes.

Conforme Tillmann (2006), quando o ambiente em campo ou no armazenamento é favorável, geralmente não há preocupações mais sérias quanto à fidelidade dos resultados obtidos em laboratório. No entanto, quando as condições de ambiente se desviam das mais adequadas, cresce a importância da consistência da metodologia utilizada para identificação do potencial fisiológico. O vigor se expressa em condições subótimas, e é variável de acordo com a espécie e a cultivar, temperatura, teor de água, característica do solo e sanidade, além de práticas de manejo. Não há dúvida de que lotes vigorosos têm maior probabilidade de sucesso quando expostos a ampla variação das condições ambientais.

Segundo Alves et al. (2004), o vigor é o reflexo de um conjunto de fatores que determina o potencial fisiológico das sementes, sendo que a deterioração, processo que o influencia diretamente, tem início imediatamente após a maturidade fisiológica e prossegue enquanto as sementes permanecem no campo, durante a colheita, beneficiamento e armazenamento.

Ribeiro et al. (2007) afirmaram que durante a estocagem dos grãos, ocorre a deterioração do produto em si, a qual é gradativa, irreversível e cumulativa. A velocidade de deterioração depende do ambiente, dos seus próprios componentes químicos e da condição física dos grãos no início do armazenamento.

Dentre estas características, Ribeiro et al. (2005) verificaram que o maior tempo de armazenamento provocou diminuição do teor de água no grão de feijão, aumento de cinzas, manutenção nos teores proteicos, lipídicos e de carboidratos, além de mudanças no perfil eletroforético de proteínas, queda no pH e na solubilidade em amostras do grão armazenadas por 30 e 60 dias.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado utilizando-se feijões da variedade Pérola, oriundos de um mesmo lote, colhidos na fazenda Vale Verde, localizada no município de Unaí, Minas Gerais.

Conforme Yokoyama et al. (1999), o feijão da variedade Pérola, classificado no grupo comercial carioca, tem cor bege-clara, com rajas marrom-claras, brilho opaco e a massa de 100 sementes é de 27 g.

Os resultados obtidos referentes às análises: teor de água, germinação, condutividade elétrica, teor de cinzas, massa específica aparente, potencial hidrogeniônico, tempo de cocção, cor e perda de matéria seca, foram analisados no Laboratório de Qualidade de Grãos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Para armazenagem foram utilizados dois silos de iguais características, tendo diâmetro de 6,0 m e altura de 6,0 m, e capacidade de armazenamento de aproximadamente de 112 toneladas e volume de 169,64 m³. Os silos possuíam paredes perfuradas e eram equipados com um duto vertical, posicionado no centro dos mesmos e distribuição radial de ar no seu interior. As características dos silos eram:

- Duto central perfurado, vertical, para distribuição radial de ar, equipado com válvula de controle de vazão de ar.
- Paredes laterais construídas de painéis de madeira e treliças metálicas perfuradas.
- Registro de descarga acionado por meio de cremalheiras.
- Fundo inclinado, recoberto por concreto.
- Capacidade de armazenamento aproximadamente 1.866 sacos de 60 kg ou 112 toneladas.

No interior dos silos foram instalados termopares de cobre-constantan (Tipo T), de especificação AW 2-22 para que pudesse ser realizado o monitoramento da temperatura da massa de grãos. Os sensores de temperatura foram instalados a uma distância de 1,0 m do fundo, a 3,0 m do fundo e a 1,0 m da superfície dos silos. Em cada um desses níveis de altura foram instalados três sensores, nas seguintes posições:

- a 0,10 m do duto central de distribuição do ar;
- a 1,5 m do duto central de distribuição do ar; e
- a 0,10 m da parede dos silos.

Por meio da Figura 2, é possível observar o posicionamento dos termopares instalados em cada silo onde o produto foi armazenado. A camada de grãos submetida ao esfriamento foi de aproximadamente 3 m (raio do silo).

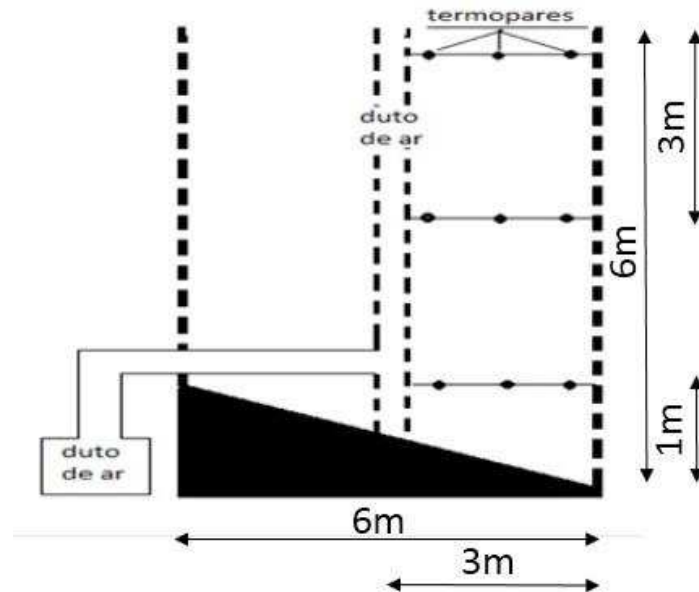


Figura 2 - Representação do silo, com identificação dos pontos onde foram realizadas as medições da temperatura na massa de grãos, com termopares.

Para a realização das leituras da temperatura da massa de grãos armazenada, foi acoplado um termômetro digital aos termopares, como pode ser observado pela Figura 3.

Os termopares foram instalados medindo-se o tamanho necessário do fio do termopar, considerando-se o ponto de monitoramento da temperatura da massa de grãos, no interior do silo, até o ponto da leitura no termômetro digital, na parte externa do silo. Cada termopar tinha comprimento diferente, em virtude da sua posição no interior do silo. Na extremidade do termopar que ficou na parte interna do silo, foi removida aproximadamente 1 cm do isolamento do termopar, e foi realizada uma solda, conforme ilustra a Figura 4, para se obter a junção de temperatura.



Figura 3 - Termômetro digital com um termopar acoplado, indicando a temperatura no interior do silo.

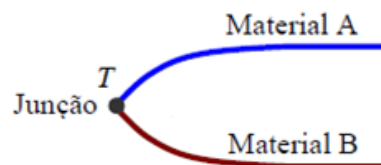
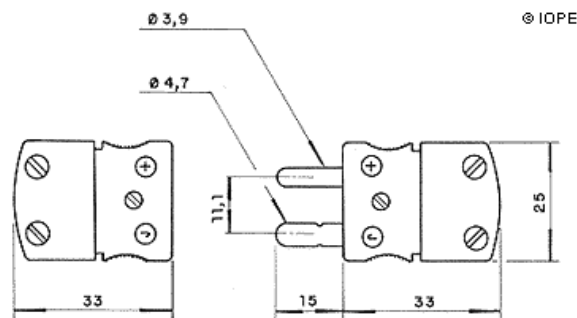


Figura 4 - Representação de um termopar utilizado para medição da temperatura, constituído por dois materiais (cobre e constantan).

Na extremidade do termopar que ficou na parte externa do silo, foi acoplado um conector para termopar do tipo T, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6. Esse conector facilitou a conexão do termopar ao termômetro digital utilizado para a medição da temperatura.



Fonte: IOPE.

Figura 5 - Vistas frontal e lateral do conector de termopar, com suas dimensões.

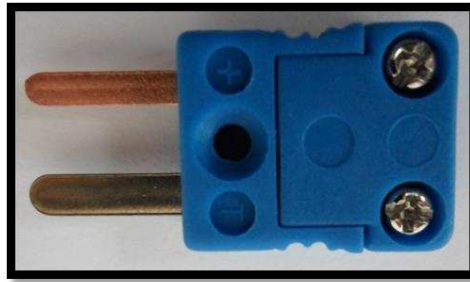


Figura 6 - Conector polarizado dos termopares.

Esse conector é uma forma prática e eficiente de conectar o fio ao instrumento de medição, no caso o termômetro digital. Ele é construído com a mesma liga do termopar, para compensar gradientes de temperatura que poderiam causar erro na medição. Além disso, ele é polarizado, ou seja, o pino negativo é um pouco mais longo do que o positivo, evitando inversões de polaridade.

Conforme descrito, cada silo foi equipado com 9 termopares instalados no seu interior. Eles foram identificados com as letras A, B, C, D, E, F, G, H e I, acompanhadas pelo número de cada silo, variando de 1 até 2, como pode ser observado na Figura 7. As anotações dos resultados observados foram feitas em uma planilha, na qual constou a data e a hora em que foi realizada a leitura, a umidade relativa do ar e a temperatura da massa de grãos, observada em cada um dos termopares.

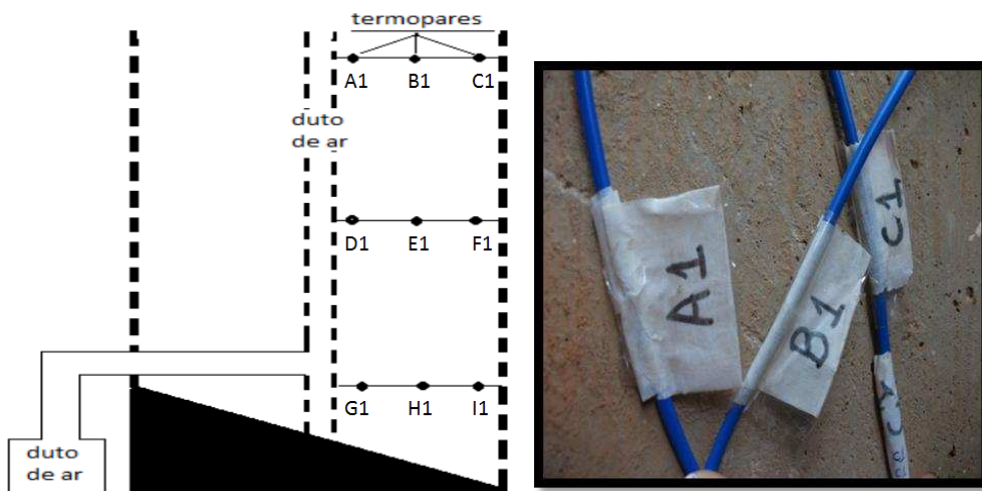


Figura 7 - Localização e identificação dos termopares no silo armazenador.

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente, durante a fase experimental, foi feito por meio de um termo higrógrafo instalado em abrigo meteorológico, localizado na área experimental, conforme as normas estabelecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

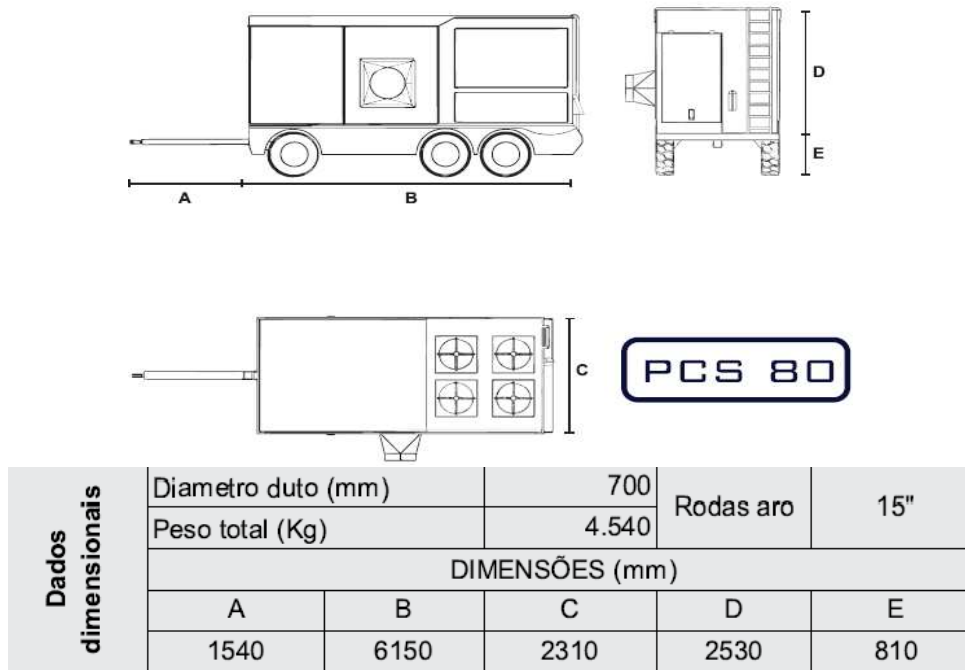
Para o esfriamento da massa dos grãos foi utilizado um equipamento para a refrigeração artificial do ar ambiente, desenvolvido pela Cool Seed Ind. e Com. de Equipamentos de Refrigeração Ltda., modelo PCS 80, com potência frigorífica de 111 kW distribuídos em 6 silos simultaneamente. O modelo pode ser observado na Figura 8. Esse equipamento foi conectado a um duto de alvenaria, o qual faz a distribuição do ar nos silos, simultaneamente conectados a linha de alimentação. O ar proveniente do equipamento foi insuflado nos silos a uma temperatura média de 15°C.



Figura 8 - Equipamento resfriador modelo PCS 80, de fabricação da Cool Seed.

Por meio da Figura 9, observam-se as vistas ortogonais do equipamento utilizado para o esfriamento da massa de grãos, bem como a especificação de suas dimensões, conforme descrição do fabricante.

Na etapa de conservação do produto, foram avaliadas as variações das temperaturas internas na massa de grãos ao longo dos 90 dias de armazenamento (por meio das leituras nos termopares). Durante esse tempo, os grãos foram avaliados qualitativamente, por meio de testes laboratoriais.



Fonte: Cool Seed.

Figura 9 - Vistas lateral, frontal e superior do PCS 80 e dados dimensionais do equipamento.

A partir dos dados obtidos por meio das leituras nos termopares, foi desenvolvido um modelo matemático (equação) a fim de descrever as temperaturas da massa de grãos nos diferentes locais do silo de armazenamento. As leituras nos termopares permitiram medir as temperaturas da massa de grãos na direção radial e em diferentes alturas (níveis) do silo, o que possibilitou verificar o comportamento da distribuição do ar e a manutenção da temperatura da massa de grãos. Foi utilizado o teste estatístico Levene para verificar a homogeneidade das variâncias desses resultados. Após, foi aplicado o teste estatístico Games-Howell que é um teste utilizado quando não se assume que as variâncias entre os grupos são iguais.

Para as análises da qualidade dos grãos de feijão armazenados, foi considerado um esquema fatorial 4x4, tendo nas parcelas diferentes condições de armazenamento (15°C, 30°C, temperatura ambiente e em fazenda) e nas subparcelas tempo de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias) no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6. Os tratamentos foram:

- Temp - 15: armazenamento em BOD a 15°C e 58 ± 2% UR;

- Temp - 30: armazenamento em BOD a 30°C e 58 ± 2% UR;
- Temp - amb: armazenamento em temperatura ambiente e 58 ± 2% UR;
- Temp - faz: armazenamento nos silos da fazenda com 19 ± 2°C e 55 ± 2% UR.

A análise de variância (ANOVA) foi aplicada e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

As coletas das amostras nos silos foram realizadas em quatro ocasiões: com 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento, e seguiram a Instrução Normativa nº 13, de 10 de fevereiro de 2004, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Devido à capacidade do silo armazenador ser de 112 toneladas, foram coletadas 30 amostras simples (subamostras) de 0,5 kg cada, constituindo uma amostra composta de 15 kg.

Foi utilizado um divisor de amostras modelo “Boener”. Esse divisor foi utilizado pois o mesmo movimentava os grãos por gravidade e é composto por uma moega cônica, onde os grãos foram depositados. Essa moega possui uma válvula, por meio da qual foi possível controlar o fluxo de grãos, que foram uniformemente distribuídos e a amostra foi homogeneizada e dividida em partes iguais.

O produto foi embalado em sacos de papel Kraft, com capacidade de 5 kg, envolto em saco plástico, de 0,05 µ, devidamente lacrado e identificado.

As amostras foram homogeneizadas e reduzidas à amostra de trabalho de 1 kg, onde realizaram-se as análises laboratoriais, nos tempos de armazenamento 0, 30, 60 e 90 dias.

4.1. Teor de água

Foi utilizado o método oficial de estufa, com circulação forçada de ar, à temperatura de 105 ± 2°C, durante 24 h, com três repetições, de acordo com a rotina descrita em Regras para Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

A percentagem de teor de água foi calculada aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Teor de água} = \frac{100 (M - m)}{M - t}$$

em que:

M = massa inicial das sementes úmidas e do recipiente que as contêm;

m = massa final, do recipiente e das sementes secas;

t = tara, massa do recipiente.

As pesagens foram feitas em balança digital, com resolução em miligramas. Os resultados foram expressos em porcentagem de base úmida.

4.2. Germinação

Foi realizada conforme as recomendações contidas em Regras para Análise de Sementes RAS (BRASIL, 2009), sendo a germinação conduzida em rolos de papel, com quatro subamostras de 50 sementes. As sementes foram distribuídas em papel toalha tipo germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e foram colocadas para germinar a temperatura de 25°C, com avaliação no oitavo dia após a semeadura. Na Figura 10, ilustram-se os resultados, os quais foram expressos em porcentagem de plântulas normais.



Figura 10 - Ilustração dos resultados dos testes de germinação do feijão no oitavo dia após semeadura.

4.3. Massa específica aparente

A massa específica aparente foi determinada por leitura direta utilizando balança de peso hectolitro com capacidade de 250 mL (BRASIL, 2009). Foram realizadas três repetições para cada amostra.

4.4. Potencial hidrogeniônico (pH)

Foram pesados 10 g da amostra triturada em liquidificador da marca Oster, utilizado para grãos, durante 1 minuto e posteriormente transferida para um erlenmeyer de 250 mL, seco, com auxílio de água destilada a 25°C. A amostra foi agitada até a formação de uma suspensão uniforme. Continuou-se agitando, ocasionalmente, por mais 30 minutos. O material ficou em repouso por 10 minutos e o líquido sobrenadante foi decantado para um béquer seco e lido o pH em potenciômetro, imediatamente, conforme recomendações de Gomes et al. (2003).

4.5. Condutividade elétrica (CE)

Três amostras de 50 grãos de cada parcela foram pesadas e imersas em 75 mL de água deionizada (no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade) e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, a 25°C.

Após o período de embebição de 24 h, as soluções sem os grãos de feijão foram vertidas para outro recipiente, onde se realizou leitura da condutividade elétrica em condutivímetro (MARCOS FILHO, 2005).

Por meio da Figura 11, observa-se o condutivímetro, balança digital e amostras utilizados na execução dos testes de condutividade elétrica, juntamente com a solução padrão que é utilizada antes das medições, para calibração do equipamento.

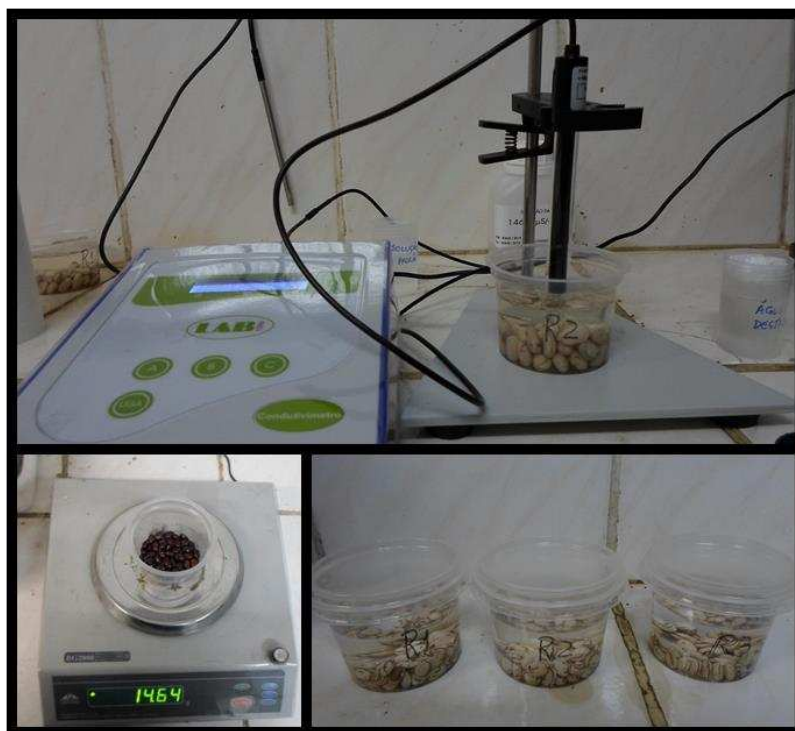


Figura 11 - Ilustração do condutímetro, balança e amostras utilizadas no teste de condutividade elétrica para o feijão.

O resultado obtido no condutímetro foi dividido pelo peso da amostra, de modo que o resultado final foi expresso em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Hampton e Tekrony (1995) recomendam que a variação da condutividade entre repetições não seja superior a $\pm 5 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Em sendo superior, o teste deverá ser repetido para a amostra em questão.

4.6. Teor de cinzas

Para a avaliação do teor de cinzas foi utilizada mufla a 550°C , estufa a 105°C , balança analítica, cadinhos de porcelana e dessecador. Foram pesadas amostras de 10 g e colocadas nos cadinhos de porcelana. As amostras foram previamente aquecidas em estufa a $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e esfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, para a posterior pesagem. A seguir, as amostras foram carbonizadas em baixa temperatura e calcinadas em mufla à temperatura de 550°C . Após, foram esfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, antes da pesagem final e o teor de cinzas foi expresso em porcentagem. Na Figura 12,

observa-se a mufla utilizada e os cadinhos de porcelana, já com as cinzas após a realização do teste.

O cálculo do percentual de cinzas foi efetuado por meio da seguinte equação:

$$\% \text{ Cinzas a } 550 \text{ } ^\circ\text{C p/p} = \frac{100 * S}{P}$$

em que:

S = massa de cinzas, g;

P = massa da amostra, g (SILVA, 2002).



Figura 12 - Mufla e cadinhos de porcelana com as cinzas, após a execução do teste de teor de cinzas para o feijão.

4.7. Tempo de cocção

Os procedimentos para a realização do teste basearam-se no método proposto por Sartori (1982) e adaptado por Proctor & Watts (PROCTOR; WATTS, 1997). O tempo de cocção foi avaliado utilizando-se 25 grãos uniformes e inteiros, previamente selecionados em peneira 16, embebidos em 80 mL de água destilada, durante 16 h, a 25°C, e colocados no equipamento 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 possui uma ponta afunilada com 0,2 mm de diâmetro e 0,9 mm de comprimento, que fica apoiada, perpendicularmente, sobre o grão (RESENDE, 2006), como pode ser observado na Figura 13.



Figura 13 - Cozedor Mattson com os grãos de feijão posicionados sob as hastes, durante a execução do teste de tempo de cocção.

O equipamento com os grãos foi colocado em recipiente de alumínio, com capacidade de 2.000 mL, contendo 1.000 mL de água destilada em estado de ebulição em chapa com aquecimento por meio de resistência elétrica. Os grãos foram considerados cozidos quando eram perfurados e totalmente atravessados pela haste. O tempo de cocção era considerado finalizado quando se observava a perfuração da 13ª vareta, considerando-se que mais de 50% dos grãos estavam perfurados.

A classificação usada no tempo de cocção em cozedor de Mattson, que está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de referência para o tempo de cozimento no feijão

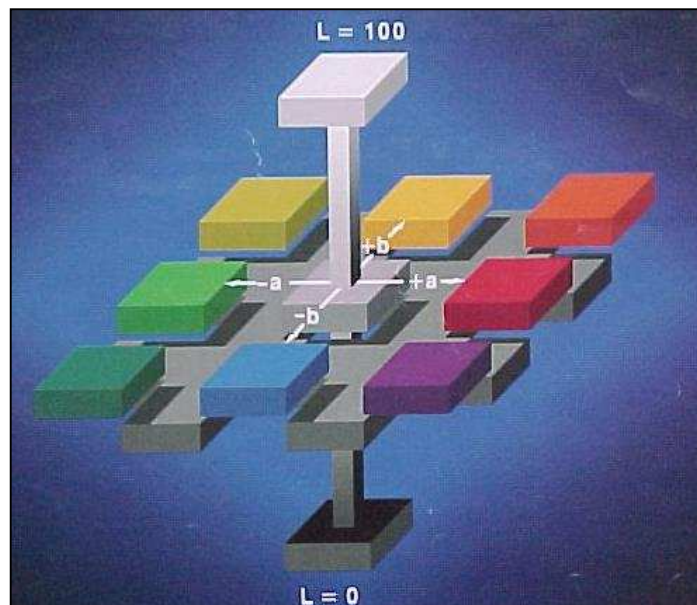
Tempo para cozimento (minutos)	Nível de resistência ao cozimento
>16	muito suscetível
16 – 20	suscetibilidade média
21 – 28	resistência normal
29 – 32	resistência média
33 – 36	resistente
36 <	muito resistente

Fonte: Proctor e Watts (1987).

O cozedor de Mattson de 25 pinos tem sido utilizado, pois corresponde à pressão exercida pela dona de casa entre os dedos para verificar se os grãos estão cozidos (COSTA et al., 2001).

4.8. Cor

Hunter desenvolveu um colorímetro fotoelétrico tri estímulo muito utilizado na indústria de alimentos. O equipamento consiste basicamente de três circuitos separados, filtros cuidadosamente selecionados e fotocélulas que fornecem estreitas aproximações de X, Y e Z. Os valores X, Y e Z foram calculados a partir das curvas-padrão observadas do espectro visível. A coordenada “L” (luminosidade) de Hunter está correlacionada à grandeza Y. A coordenada “a” é mensurável em termos de intensidade de vermelho e verde, e a coordenada “b” está relacionada com a intensidade de amarelo e azul. Por meio da Figura 14, pode-se observar um sólido de Hunter. A coordenada “a” é função de X e Y, e a coordenada “b”, de Z e Y. Juntas, as coordenadas “a” e “b” podem gerar parâmetros relacionados à tonalidade e saturação (croma), conforme Gomes (2003).



Fonte: Gomes (2003).

Figura 14 - Sólido de Hunter.

Durante o armazenamento dos grãos de feijão, ocorrem algumas alterações químicas e estruturais que levam à depreciação da qualidade geral e do valor nutritivo do produto. Essa perda de qualidade caracteriza-se por mudanças na cor, no sabor e pelo aumento no grau de dureza dos grãos, resultando em acréscimos no tempo de cozimento (SOUSA, 2003).

A quantificação da cor dos grãos de feijão foi efetuada pela leitura direta de reflectância das coordenadas **L**, **a** e **b**, utilizando o espectrofotômetro de bancada, modelo ColorFlex 45/0, geometria 45/0, com área de leitura de 25 mm. Para cada repetição, de todos os tratamentos estudados, foi utilizada a média de três determinações. Considerando **a** e **b** como variáveis dependentes, os resultados foram analisados de acordo com funções trigonométricas, equações 1 e 2 (LITTLE, 1975).

$$\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad (1)$$

$$\text{croma} = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (2)$$

em que:

θ = ângulo de matiz,

a, b = coordenadas obtidas pela leitura direta de refletância.

A leitura foi feita diretamente, conforme pode ser observado na Figura 15. Os grãos de feijão eram posicionados de maneira que cobria totalmente a placa de quartzo.



Figura 15 - Espectrofotômetro de bancada durante a realização da determinação da cor para o feijão.

4.9. Perda de peso

Foi avaliada a perda de peso durante o tempo de armazenamento. Foram pesados 100 g de feijão e colocados em organza (40x40 cm), devidamente fechado, e mantido nos diferentes tratamentos analisados. Ao final de cada tempo de armazenamento, foi pesado o material e comparado ao peso inicial, verificando-se a perda de matéria seca da massa. Por meio da Figura 16, observa-se a disposição dos grãos e a maneira com que foi armazenado o feijão na organza. Os resultados obtidos foram expressos em percentagem (%).

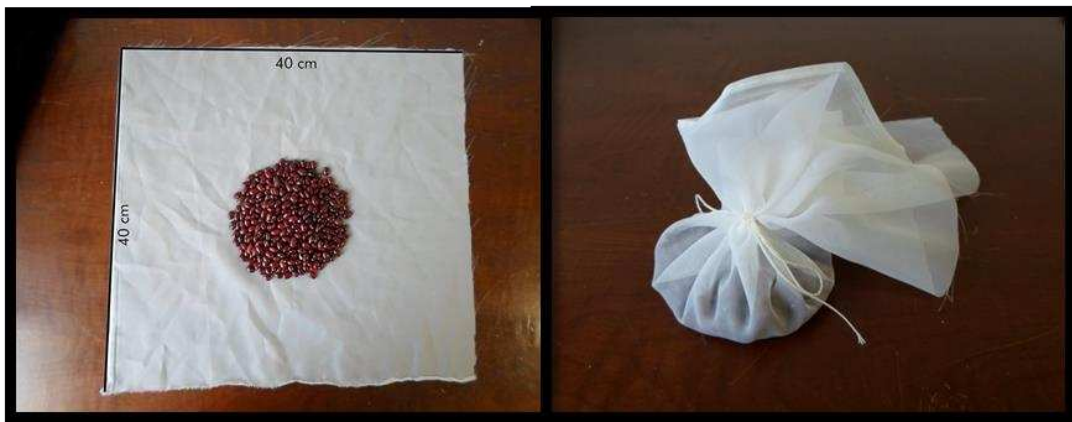


Figura 16 - Armazenamento dos grãos de feijão na organza, utilizada para o teste de determinação da perda de matéria seca do feijão.

4.10. Contaminação por micro-organismos

As amostras constituídas de 300 g, foram submetidas à análise no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, para a detecção e identificação de fungos de acordo as técnicas descritas por Dhingra e Sinclair (1996).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização inicial dos grãos de feijão armazenados

Foi realizada uma caracterização inicial do lote, através de testes de vigor realizados em laboratório. Na Tabela 2, são apresentados os resultados dos valores médios de teor de água, germinação, cor, tempo de cocção, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, teor de cinzas, potencial hidrogeniônico e massa específica aparente. Essa caracterização inicial é necessária para acompanhar a qualidade do lote e validar as comparações decorrentes do armazenamento.

Tabela 2 - Caracterização inicial do lote, com valores observados para teor de água, germinação, cor, tempo de cocção, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, teor de cinzas, potencial hidrogeniônico e massa específica aparente

Teste	Valores médios
Teor de água	11,74 % (b.u.)
Germinação	99 %
Cor (L)	59,86
Tempo de Cocção	21 minutos e 15 segundos
Condutividade Elétrica	71,88 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$
Teor de Cinzas	3,98 %
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6,65
Massa Específica Aparente	772,29 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Ainda na caracterização inicial, foi enviada uma amostra de 300 g de feijão ao Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, para que fosse possível a detecção e identificação de fungos de acordo as técnicas descritas por Dhingra e Sinclair (1996). A partir dos resultados fornecidos na análise, o lote foi caracterizado como extremamente sadio em termos fitossanitários, com os seguintes resultados, que podem ser observados pela Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização fitossanitária inicial do lote de feijão (resultados expressos em %)

Fungo	Percentagem de infecção
Aspergillus terréus	0,25%
Penicillium chrysogenum	0,25%
Cladosporium cladosporioides	0,50%

A análise fitossanitária inicial é importante, pois conforme relatos de Resende et al. (2008), em estudo com feijão armazenado em presença de inseto-praga, o tempo de cozimento dos grãos aumentou linearmente durante o período de armazenamento dos grãos.

5.2. Análise dos resultados do teor de água para os grãos armazenados

O alto teor de água é um dos fatores que influenciam a deterioração dos grãos armazenados, sendo de primordial importância a condução de teste, durante o armazenamento para estabelecer ou adotar procedimentos a fim de minimizar danos que possam ocorrer na massa de grãos.

Conforme Baudet e Villela (2012), há uma estreita relação entre o teor de água e o potencial de armazenamento, sendo que cada diminuição de 1% no teor de água implica na duplicação do potencial de armazenamento. Por isso, é importante reduzir o teor de água de grãos e sementes, para minimizar a atividade respiratória, reduzir o consumo das reservas e consequentemente conservá-las por mais tempo, principalmente, se mantidas em ambiente com controle de temperatura e umidade relativa do ar (MENEZES; VILLELA, 2009).

Em teores de água de 15% (b.u.) ou mais, é possível o desenvolvimento de fungos na massa de grãos armazenados, prejudicando sua qualidade. Teor de água inferiores a essa referência são considerados adequados para a manutenção da viabilidade. O fato de o grão ser higroscópico implica na necessidade do monitoramento do teor de água durante o armazenamento, considerando-se que incrementos no teor de água podem intensificar as

atividades fisiológicas dos grãos, proporcionando a sua degradação, além de favorecer a ação de microrganismos, especialmente os fungos.

Elias (2008) afirmou que os grãos são higroscópicos, ou seja, o seu teor de água está sempre em equilíbrio com a umidade relativa do ar, em determinada temperatura. O alto teor de água dos grãos, combinado com altas temperaturas, acelera os processos de degeneração dos sistemas biológicos, ocorrendo respiração intensa e consumo do seu material de reserva.

Por meio da Figura 17, observam-se as variações nos teores de água (%) b.u. dos tratamentos na fase inicial (0 dias) e aos 30, 60 e 90 dias, nas diferentes temperaturas de armazenamento.

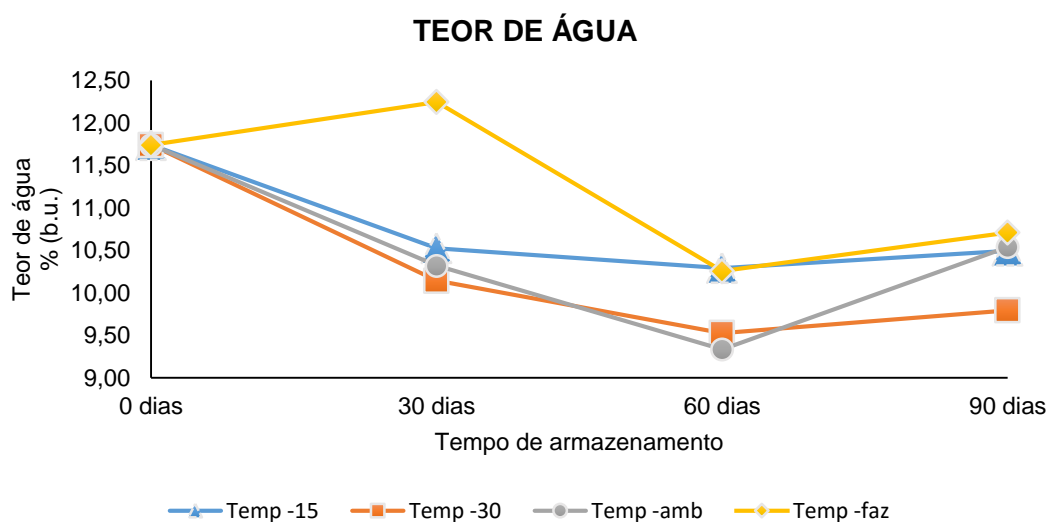


Figura 17 - Variações nos teores de água do feijão, observados durante a fase de armazenagem, para os quatro tratamentos realizados (resultados expressos em % (b.u.)).

O valor médio para o teor inicial de água do lote estudado foi de 11,74% (b.u.), e pode ser observado que, em valores médios, o teor de água dos grãos variou entre 9,5 e 10,7% (b.u.) durante o armazenamento, com exceção do armazenamento na fazenda aos 30 dias, onde obteve-se um valor de 12,24% (b.u.). Acompanhar o teor de água durante o armazenamento é importante. Conforme Vieira e Krzyzanowski (1999), em estudos sobre o teste de condutividade elétrica a uniformização do teor de água é fundamental para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes.

Bragantini (2005) afirmou que a velocidade de deterioração e o processo respiratório no armazenamento estão relacionados com a elevação da temperatura e com o maior teor de água dos grãos. Quando o teor de água dos grãos armazenados encontra-se entre 11 e 13% (b.u.), o processo respiratório se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade do produto armazenado. No entanto, ao aumentar o teor de água, o processo respiratório acelera, ocorrendo a deterioração dos grãos.

Barbosa (2010) relatou que a absorção de água é definida como processo físico que pode variar de acordo com a permeabilidade do tegumento (espessura e composição do tegumento), temperatura (dentro de determinados limites, a absorção aumenta com a temperatura), composição química (sementes ricas em proteínas, geralmente absorvem água mais rapidamente que sementes ricas em amido) e por suas condições fisiológicas (as sementes imaturas e mais deterioradas absorvem água com maior velocidade, devido a maior desestruturação das membranas), além de fatores genéticos.

Resende (2008) afirmou que o teor de água superior ao recomendado para o armazenamento seguro é uma das principais causas de perda das características tecnológicas dos grãos. Portanto a avaliação do teor de água durante a realização do experimento foi de fundamental importância para a confirmação dos resultados.

5.3. Análise dos resultados do teste de germinação para os grãos armazenados

Conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), o objetivo do teste de germinação é determinar o potencial máximo de germinação de um lote, o qual pode ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes.

Para as condições de armazenagem, o teste de germinação em grãos tem por finalidade avaliar o potencial fisiológico dos grãos.

Observam-se por meio da Figura 18, os resultados do teste de germinação para os tratamentos realizados, durante a fase de armazenagem.

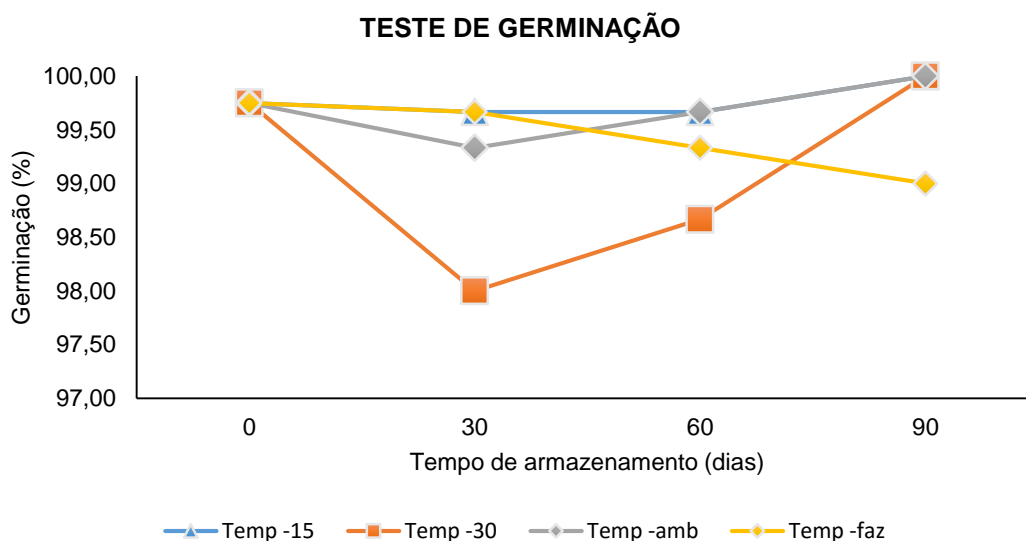


Figura 18 - Variações no teste de germinação do feijão, observados durante a fase de armazenagem, para os quatro tratamentos realizados (resultados expressos em % de plântulas normais).

Estatisticamente os valores não diferiram entre si, mas pode-se perceber que houve variação entre os tratamentos, nos tempos. A armazenagem em mesma temperatura proporcionou a manutenção do índice de germinação. Conforme visto, esse teste não é considerado um teste que avalia o potencial fisiológico das sementes e grãos, pois a perda do poder germinativo é a última manifestação fisiológica no processo de deterioração dos grãos e sementes. Por isso a necessidade de se realizar outros testes de vigor, para que se possa ranquear diferenças entre os tratamentos analisados.

Ao mesmo tempo, o teste de germinação é importante para que se acompanhe e verifique a viabilidade do lote que está sendo analisado.

A viabilidade é medida principalmente pelo teste de germinação e procura determinar a máxima germinabilidade de uma semente, sendo oferecidas, para isso, condições extremamente favoráveis. Por outro lado, o vigor detecta atributos mais sutis da qualidade fisiológica, não revelados pelo teste de germinação.

Conforme Krzyzanowski e Vieira, (1999), lotes de sementes com percentuais de germinação semelhantes poderão apresentar diferentes níveis de deterioração.

5.4. Análise dos resultados do tempo de cocção para os grãos armazenados

O cozimento é indispensável para o consumo dos grãos de feijão devido à inativação de fatores antinutricionais e por conferir maciez e textura adequada à preferência dos consumidores (YOKOYAMA; STONE, 2000).

Condições controladas de armazenamento são essenciais para a preservação da qualidade do grão. Assim, grãos armazenados em condições de alta temperatura e umidade relativa tornam-se endurecidos e resistentes ao cozimento, ocasionando aumento do tempo de cozimento, menor aceitação pelo consumidor, diminuição do valor nutritivo pela perda de vitaminas, alterações de sabor, perda da consistência do caldo e modificações da cor dos grãos (BRAGANTINI, 2005; LIU, 1995; REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993).

O acima relatado é conhecido por efeito hard-to-cook (HTC) e é uma das principais características a ser observada ao se avaliar a qualidade de um lote de feijão, pois está diretamente relacionado a aceitabilidade do consumidor sobre o produto.

Por meio da Figura 19, observam-se os resultados do tempo de cocção para as diferentes temperaturas no armazenamento.

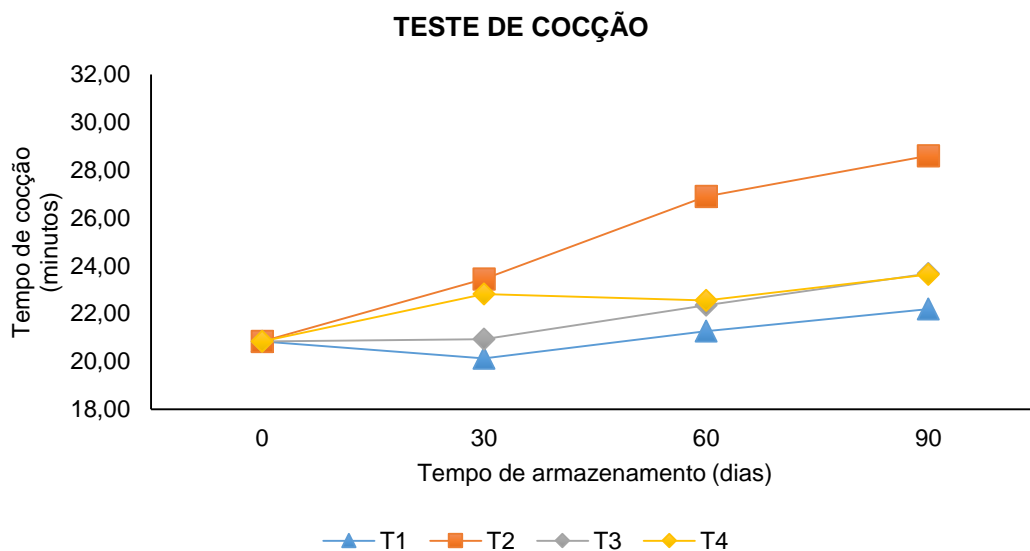


Figura 19 - Tempo de cocção do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em minutos).

Observou-se, a partir dos 30 dias de armazenagem que há uma tendência do feijão armazenado na temperatura de 30°C resultar em tempos maiores para a cocção do que os demais. Isso observa-se logo aos 30 dias de armazenamento e confirma-se ao longo do tempo analisado. Observou-se, também, que os grãos que estavam sob condições de armazenamento de 15°C resultaram em tempos menores de cozimento.

Na Tabela 4 apresentam-se as médias dos tempos de cocção para o feijão durante o armazenamento, para os tratamentos considerados.

Tabela 4 - Tempo de cocção do feijão para os tratamentos aos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento

Tempo de cocção	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
Temp-15	20 min 50 s A	20 min 8 s A	21 min 16 s A	22 min 11 s A
Temp-30	20 min 50 s A	23 min 27 s AB	26 min 54 s B	28 min 36 s B
Temp-amb	20 min 50 s A	20 min 56 s AB	22 min 21 s AB	23 min 40 s B
Temp-faz	20 min 50 s A	22 min 49 s B	22 min 33 s AB	23 min 38 s B

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste estatístico de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que o tempo inicial para a cocção dos grãos foi de 20 minutos e 50 segundos. Segundo a classificação de Proctor e Watts (1987), feijões com tempo de cozimento de 16 a 20 minutos são considerados de “susceptibilidade média”, considerando o nível de resistência ao cozimento. Com 21 minutos de cozimento, a classificação muda, sendo então considerados feijões com “resistência normal” ao cozimento.

Ao analisar os resultados, observou-se que passados 30 dias de armazenamento, apenas os feijões armazenados em temperatura ambiente e armazenados com 15°C permaneceram com a classificação inicial, de “susceptibilidade média”. Nesse tempo, os feijões armazenados com 30°C e no ambiente da fazenda obtiveram maior resistência ao cozimento, alcançando tempos de 23 minutos e 27 segundos e 22 minutos e 49 segundos, respectivamente, sendo considerados feijões com “resistência normal” ao cozimento.

Aos 60 dias de armazenamento, a massa de feijões armazenada na maior temperatura (30°C) teve aumento significativo, chegando a quase 27 minutos para o cozimento do feijão, diferindo estatisticamente do armazenamento a 15°C.

Estudos feitos por Maurer et al. (2004), estudando o efeito HTC em feijão comum, observaram que o tempo de cozimento sofreu um acréscimo de 2,41 e 2,5 vezes, em relação ao feijão controle nas variedades preto e vermelho, estocados a 65% de UR e 29°C durante 3,5 meses. Em outros estudos, Rios et al. (2003) analisaram os efeitos da estocagem sobre a capacidade de hidratação, em temperatura ambiente (20°C e 71,9% UR), durante oito meses, e encontraram diminuição na capacidade de absorção de água em função das condições do armazenamento em tempo mais prolongado.

Aos 90 dias de armazenamento, observou-se, claramente, que o armazenamento a 15°C foi o que resultou em tempo menor para o cozimento do feijão, chegando a 22 minutos e 11 segundos, sendo diferente estatisticamente das demais condições de armazenamento. Na amostra armazenada à temperatura de 30°C, o tempo de cozimento chegou a 28 minutos e 36 segundos, chegando muito próximo a classificação “resistência média” ao cozimento.

Em estudos semelhantes, Coelho et al. (2009) observaram aumento da dureza em grãos de feijão com o tempo de armazenamento em condições ambientais a 25°C. Plhak et al. (1989), utilizando temperatura de 15°C e umidade relativa do ar de 35% no armazenamento, conseguiram prevenir a dureza dos grãos de feijão.

Atenta-se ao fato de que a utilização de tecnologias de armazenagem, como o esfriamento artificial da massa de grãos auxiliam o produtor na tomada de decisões, uma vez que se o armazenamento for seguro e garantir a manutenção da qualidade do lote, há a possibilidade de guardar o produto nos períodos de maior oferta, quando os preços estão mais baixos.

5.5. Análise dos resultados da cor para os grãos armazenados

A cor é um aspecto da percepção visual, cuja definição e quantificação são difíceis. Fisicamente, cor é uma característica da luz, mensurável em termos

de intensidade (energia radiante) e comprimento de onda. Fisiologicamente, é limitada a banda do espectro no intervalo de 380 a 770 nanômetros (KRAMER; TWIGG, 1962; FERGUS, 1993).

Lopes (2011) relatou que com o passar do período de armazenamento, normalmente observa-se uma redução dos valores da variável L, ou seja, há ocorrência de escurecimento dos tegumentos, cuja diferença é significativa em relação a temperatura e ao período de estocagem.

Na Figura 20, apresentam-se os resultados referentes a análise da cor, nas diferentes temperaturas durante o período de armazenamento. Observou-se que na temperatura de 15°C, há uma tendência da cor se manter com valores próximos ao valor inicial, ao contrário do armazenamento na fazenda e com 30°C, onde pode-se observar que há uma tendência do valor da cor diminuir devido as condições de armazenagem que proporcionam alteração.

Observou-se que a luminosidade que incidiu sobre os grãos armazenados a 15°C apresentou menor variação quando comparada aos demais tratamentos. Isso ocorreu em virtude de os grãos estarem acondicionados em local em que a incidência de luz não sofria interferência fotoperíodo diário.

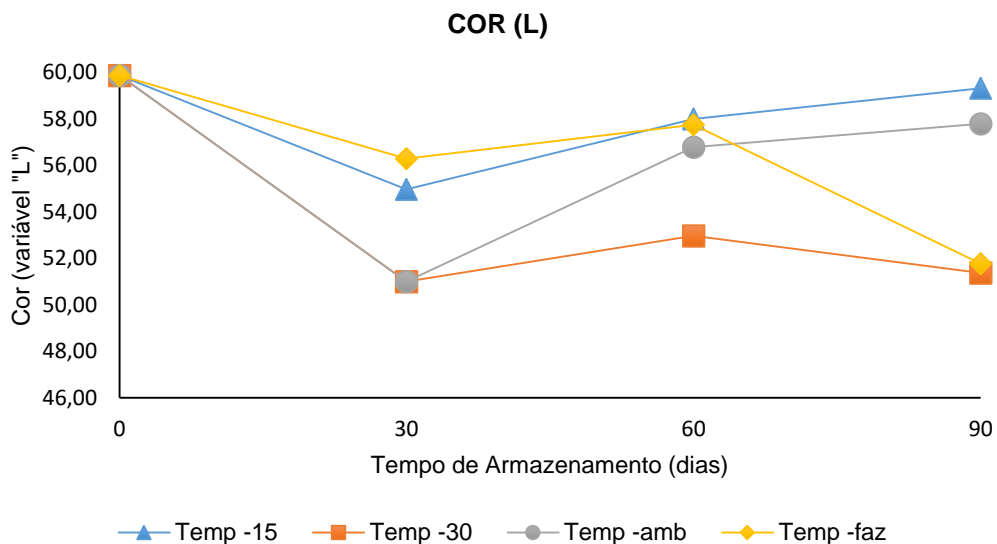


Figura 20 - Representação gráfica para cor do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (valores observados da variável "L").

Conforme Lopes (2011), um fator importante na determinação da qualidade do feijão é o prazo decorrido após a colheita. A preferência do consumidor brasileiro é pelo produto de colheita mais recente, já que a qualidade do feijão pode ser afetada no decorrer do tempo de armazenamento, dependendo das condições de armazenagem. Portanto, devido ao escurecimento do tegumento ao longo do armazenamento, a aparência e a cor do grão passam a ser atributos de grande influência na aceitabilidade do produto, principalmente, para os feijões tipo carioca. O consumidor associa o fenômeno do escurecimento, ao seu envelhecimento e, conseqüentemente, ao efeito HTC.

Portanto, a manutenção da cor inicial, obtida com o armazenamento a 15°C favorece a aceitabilidade do produto pelo consumidor, o que é diretamente relacionado com a qualidade do feijão.

Na Tabela 5, apresentam-se as médias dos valores da luminosidade “L” para os tratamentos considerados, nos tempos de armazenagem.

Tabela 5 - Resultados observados na variação de cor “L” para o feijão durante o armazenamento, para todos os tratamentos

	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
Temp-15	59,86 A	54,95 B	57,99 AB	59,31 AB
Temp-30	59,86 A	51,00 C	52,97 C	51,37 C
Temp-amb	59,86 A	51,00 C	56,77 B	57,77 AB
Temp-faz	59,86 A	56,28 B	57,74 AB	51,76 C

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste estatístico de Tukey, a 5% de probabilidade.

Entende-se que o menor valor de “L” implica em menor reflectância da luz e, portanto, é um indicador de escurecimento do tegumento. O valor inicial da luminosidade “L” do lote de feijão analisado era de 59,86. Aos 90 dias, observa-se que o lote armazenado com 15°C obteve valor “L” igual a 59,31, e não diferiu estatisticamente do inicial. Já no armazenamento em nível de fazenda e com 30°C, os valores foram de 51,76 e 51,37, respectivamente. Esses valores são considerados baixos, conforme relatos de Ribeiro et al. (2003), que mencionaram que cultivares com “L” superior a 55 têm maior cotação no

mercado, pois para grãos do tipo carioca, a maior claridade do tegumento dos grãos é associada com grãos recém-colhidos e de rápido cozimento.

No armazenamento a 30°C, os grãos estiveram acondicionados em ambiente que propiciou o escurecimento dos grãos.

Quando considerado o armazenamento com temperatura da massa de grãos de 30°C, observa-se que ao se passar 30 dias, a qualidade do feijão teve grande diferença, pois o valor da variável "L" diminuiu consideravelmente, demonstrando o escurecimento do tegumento.

Ainda conforme Lopes (2011), o escurecimento do tegumento tem sido atribuído a presença de compostos fenólicos e nos últimos anos pesquisas intensificaram-se a respeito da influência que esses compostos podem ter em leguminosas, especialmente no feijão. Esses compostos ocorrem naturalmente nas sementes de cereais e leguminosas e, se presentes em grandes quantidades, podem diminuir a biodisponibilidade de proteínas e minerais.

Portanto, constatou-se que no armazenamento a nível de fazenda e com temperatura da massa de grãos de 30°C o produto está mudando a coloração do tegumento e, conseqüentemente, perdendo qualidade e seu valor comercial ao longo do tempo de armazenagem.

Resultados semelhantes foram observados por Rios et al. (2002), que constataram o escurecimento do tegumento dos grãos de feijão após seis meses de armazenamento. Os autores relataram que a cor mais escura do tegumento pode ser conseqüência do aumento da atividade da enzima polifenoloxidase associada à atividade da enzima peroxidase e aumento do conteúdo de compostos fenólicos. Por isso, para os feijões de cor clara existe séria restrição ao armazenamento durante intervalos prolongados de tempo, em ambiente natural e, normalmente, são consumidos logo após a colheita.

Em estudos semelhantes, Hou e Chang (2004) relataram que a cor de grãos de soja armazenados a 57% de umidade relativa e temperatura de 20°C exibiram insignificantes diferenças no incremento da cor com o tempo de armazenamento, e que em condições refrigeradas, umidade relativa de 86% e temperatura de 4°C, não houve diferenças substanciais, durante nove meses de armazenamento.

5.6. Análise dos resultados do teste de condutividade elétrica para os grãos armazenados

Conforme Steere et al. (1981), a predição do vigor das sementes pode ser realizada medindo-se a intensidade de corrente elétrica que circula entre dois pontos, como consequência da maior ou menor dificuldade que encontra a corrente elétrica para deslocar-se de um ponto a outro da solução, quando entre ambos existe determinada diferença de potencial.

Carvalho et al. (2002) afirmaram que a perda da integridade das membranas celulares é a primeira manifestação de redução ou perda da qualidade de sementes e, segundo Marcos Filho (2005), a partir da perda de integridade do sistema de membranas ocorre uma série de eventos, como a desnaturação de proteínas, queda dos teores de carboidratos totais, açúcares, proteínas solúveis e de fosfatos, o aumento de ácidos graxos livres, a desestabilização da atividade de enzimas e da síntese de Rna e de proteínas.

É importante relatar que o aumento no valor da condutividade elétrica, em função da diminuição do teor de água das sementes está relacionado com o processo de reorganização das membranas celulares, em função da reidratação da semente. Quanto menor o teor de água da semente, maior o estado de desorganização da membrana celular, logo, maior o tempo necessário para que ocorra a reorganização desta e, conseqüentemente, redução da lixiviação, quando comparada a sementes com maior teor de água (BEWLEY; BLACK, 1985; BARBOSA et al., 2012).

Estudando o efeito do período de envelhecimento acelerado na condutividade elétrica e na qualidade de sementes de feijão, Binotti et al. (2008) verificaram que o aumento de lixiviados está relacionado com a redução da germinação e do vigor.

Na Figura 21, observam-se os resultados do teste de condutividade elétrica para o feijão armazenado nos diferentes tratamentos.

Observa-se que a condutividade elétrica inicial para o lote de feijões era de $71,88 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

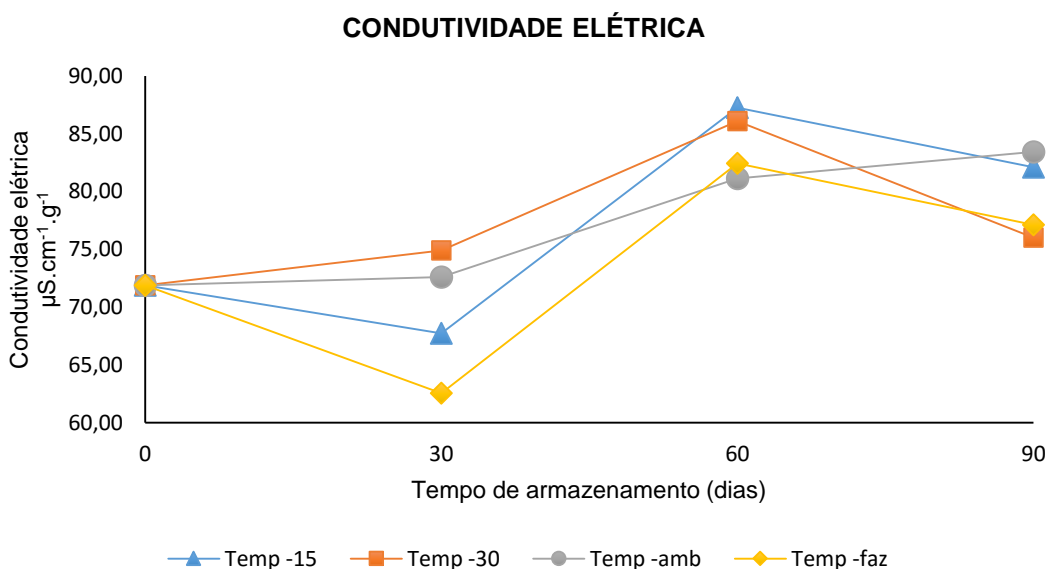


Figura 21 - Teste de condutividade elétrica para o feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$).

Com o tempo de armazenagem, os valores da condutividade elétrica foram aumentando, e a partir dos 60 dias, pode-se notar que houve aumento maior no valor da condutividade elétrica para todas as temperaturas de armazenagem.

Têm sido estudados fatores que podem interferir nos resultados do teste de condutividade elétrica, a exemplo do teor de água das sementes, que, por ocasião da realização do teste, é de extrema importância na padronização do método, bem como na obtenção de resultados consistentes e reproduzíveis entre e dentro de um mesmo laboratório.

Alguns estudos verificaram que os resultados dessa técnica podem ser influenciados pela temperatura de armazenagem, sugerindo que a deterioração das sementes em temperaturas mais baixas parece não se relacionar diretamente com a perda da integridade das membranas celulares devido ao seu reparo ou reorganização durante o armazenagem a baixas temperaturas.

Estudos mostram que a deterioração da semente à temperatura de 10°C parece não estar diretamente relacionada à perda da integridade das membranas, sugerindo tal fato ao seu reparo ou reorganização durante o

armazenamento a baixas temperaturas (FESSEL et al., 2006; PANOBIANCO et al., 2007).

Assim, sementes de soja armazenadas a 10°C, quando avaliadas pelos testes de germinação e de envelhecimento acelerado, mostraram redução no potencial fisiológico; porém, este declínio na qualidade não foi revelado pelo teste de condutividade elétrica (VIEIRA et al., 2001; PANOBIANCO; VIEIRA, 2007).

Em geral, tem-se verificado que teores de água muito baixos (10% b.u.) ou muito altos (17% b.u.) influenciam significativamente nos resultados no teste de condutividade elétrica, de modo que, para sementes de soja e ervilha, tem-se recomendado teor de água variando entre 10 e 15% b.u. para a obtenção de resultados comparáveis (HAMPTON et al., 1995).

5.7. Análise dos resultados do teor de cinzas para os grãos armazenados

Silva (2002) informou que o processo de determinação do conteúdo de cinzas é de grande valor em alimentos, por várias razões. Por exemplo, a presença de grande quantidade de cinzas em produtos como açúcar, amido, gelatina, ácidos de origem vegetal, pectinas etc. não é desejável. Outro exemplo é que devem ser feitas determinações de cinzas durante o processamento de cana para a produção de açúcar, devido a problemas causados por alta concentração de minerais no caldo, que causam interferência durante os e clareamento e cristalização.

Por meio da Figura 22, observam-se os valores de teor de cinzas do feijão armazenado nos diferentes tratamentos, ao longo do tempo.

Observou-se que os valores dos teores de cinzas variaram entre 3,99 (valor inicial) e 5% no armazenamento a temperatura ambiente, aos 90 dias. Conforme relatado por Barampama e Simard (1993), os teores de cinzas no feijão variam de 3,8 a 4,5%.

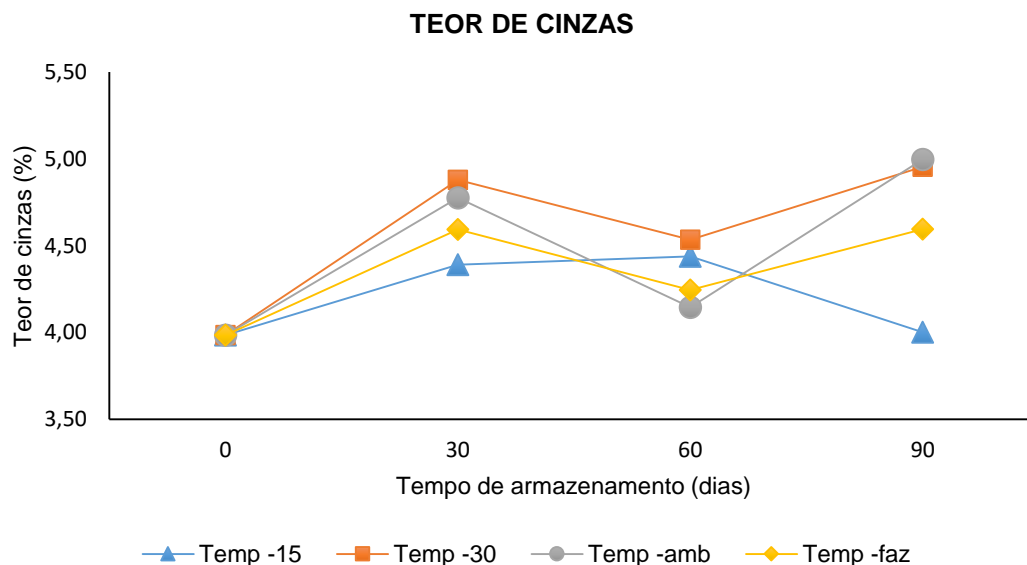


Figura 22 - Teor de cinzas para o feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em %).

Os menores valores de teor de cinzas foram encontrados no lote de grãos armazenados a temperatura de 15°C, em todos os tempos analisados. Nota-se que há uma tendência da preservação dos minerais ao passar o tempo de armazenagem. Resultados semelhantes foram observados por Rigueira et al. (2009), que encontraram valores do teor de cinzas entre 3,8 e 4,0% para grãos de feijão armazenados em ambiente refrigerado, observando a preservação dos minerais no decorrer do período de armazenagem.

Aos 90 dias, observou-se que o teor de cinzas do lote armazenado com 15°C foi de 4%, valor bastante inferior quando comparado ao lote armazenado a 30°C, que aos 90 dias obteve um valor de 4,95%. Verifica-se, por meio da Figura 22, que há uma tendência dessa diferença aumentar com o aumento do tempo de armazenagem, exceto para a armazenagem em baixa temperatura.

O armazenagem na fazenda também teve os valores do teor de cinzas aumentando, em função das variações médias de temperatura, de umidade relativa e teor de água, durante o período de armazenagem, chegando aos 90 dias ao valor de 4,6% no teor de cinzas.

Conforme relatos de Bhattacharya e Raha (2002), o aumento do teor de cinzas durante o armazenagem implica em degradação da fração orgânica. A atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome

materiais orgânicos, produzindo gás carbônico, água, calor e outros produtos, podendo alterar a quantidade de cinzas presentes no grão. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores, proporcionalmente, maiores na medida em que a matéria orgânica é consumida.

No armazenamento à temperatura de 15°C houve uma tendência à manutenção do valor no teor de cinzas, enquanto que nas outras temperaturas, esse valor foi aumentando com o tempo de armazenamento, considerando-se as diferentes condições de armazenagem.

5.8. Análise dos resultados do potencial hidrogeniônico (pH) para os grãos armazenados

A análise do potencial hidrogeniônico é de grande importância, pois se trata de um teste que pode indicar o nível de deterioração dos grãos analisados. Conforme relatado por Tillmann (2006), quando a semente ou grão embebe água, ocorre a liberação de açúcares, ácidos orgânicos e íons (inclusive H⁺) que contribuem para a acidificação do meio, provocando diminuição do pH, sendo que os produtos mais deteriorados possuirão maior lixiviação; os menos deteriorados, por sua vez, terão menor lixiviação.

De acordo com Liu et al. (1992), o armazenamento, em condições adversas de alta temperatura e umidade relativa, de feijões com conteúdo de lipídios mais elevado resulta na rancificação do lipídio e redução do pH do tecido do feijão e conseqüente alteração na estrutura molecular/desnaturação da proteína.

Por meio da Figura 23, observam-se os valores de potencial hidrogeniônico (pH) dos tratamentos nos diferentes tempos de armazenagem.

O valor inicial do pH para o lote analisado foi de 6,65. Pode-se notar que aos 30 dias de armazenagem, o lote armazenado na temperatura de 15°C manteve-se com maiores valores de pH, sendo que aos 90 dias de armazenagem, o valor observado do pH para essa temperatura foi de 6,56.

A massa de grãos armazenada na temperatura de 30°C foi a que teve menores valores de pH. Aos 30 dias observou-se que o pH medido foi de 6,44, passando para 6,43 aos 60 dias e 6,32 aos 90 dias de armazenagem.

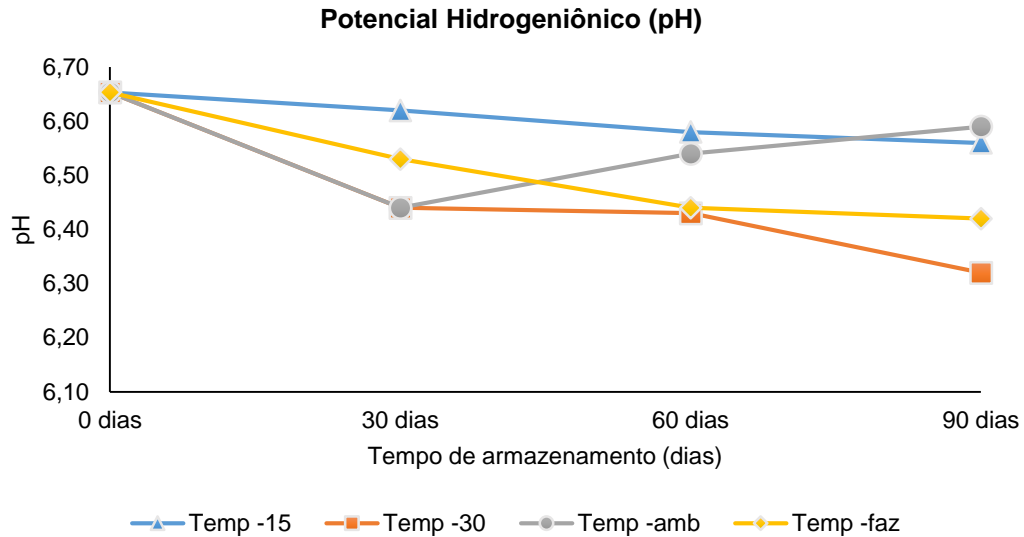


Figura 23 - Variações nos teores de potencial hidrogeniônico para o feijão, observados durante a fase de armazenagem, para os quatro tratamentos realizados (resultados expressos em Ph).

Observou-se na Figura 23 que há uma tendência dos grãos armazenados na temperatura de 30°C e na fazenda apresentarem valores de pH menores em todos os tempos de armazenagem analisados, em comparação aos outros tratamentos.

Resultados semelhantes foram relatados por Ribeiro et al. (2005), em estudos com feijões controle e armazenados a 41°C e 75% de UR. Eles observaram que houve diminuição do pH dos grãos após o armazenamento durante 30 e 60 dias. No entanto, os valores não atingiram a faixa ácida. Liu et al. (1992) relataram que o aumento de acidez no tecido do grão é uma alteração associada ao envelhecimento, sendo uma causa intermediária do efeito HTC.

Estudos relatados por Martín-Cabrejas et al. (1997), no armazenamento de feijão-fradinho a 30°C e 64% de UR, e de cinco variedades de feijão comum do Quênia a 30-40°C e 75% de UR mostraram diminuição do pH do tecido dos grãos ao longo do tempo.

Mori (2001) também encontrou diminuição no valor do pH de feijões carioca (de 6,73 para 6,41) e preto (de 6,6 para 6,35), armazenados a 40°C e 75% de UR por um tempo de 40 dias.

Ainda analisando a Figura 23, observa-se que a massa de grãos armazenada a nível de fazenda obteve diminuição no valor do pH durante a

armazenagem. Aos 30 dias, foi observado um valor de 6,53 para o pH, valor esse menor do que o que foi observado na massa de grãos armazenada a 15°C aos 90 dias de armazenamento, demonstrando que na temperatura menor, houve uma tendência da manutenção do valor do pH dos grãos armazenados.

Em estudos com diversos tipos de grãos de feijão, Batista (2010) mostrou que a manutenção e as condições de alta temperatura e umidade relativa podem provocar o desenvolvimento do fenômeno HTC, acarretando aumento do tempo de cozimento, alterações na composição química, diminuição do pH dos grãos, menor solubilidade e mudanças no perfil eletroforético das proteínas.

Rigueira et al. (2009), no armazenamento a frio de feijão com diferentes teores de água e com pH inicial de 6,36, observaram aumento de 0,20, 0,16 e 0,13 no pH, para os teores de água a 12, 15 e 18% (b.u.), respectivamente. Os autores observaram ainda que a análise de variância indicou haver interação entre teor de água e tempo de armazenamento para a variável pH.

5.9. Análise dos resultados da massa específica aparente para os grãos armazenados

A aplicação do conceito de massa específica granular se dá em comercialização, dimensionamento de silos, secadores, depósitos e sistemas de transportes, podendo também ser utilizado para determinar teores de água e danos causados por insetos e pragas nos grãos armazenados (CORRÊA et al., 2008).

Segundo Baudet (2006), sementes de baixa massa específica, consideradas individualmente dentro de um lote de sementes parcialmente deterioradas, perdem sua viabilidade mais rapidamente durante o armazenamento. Estudos realizados em sementes de ervilha mostraram que as grandes e de maior densidade deterioraram-se mais lentamente do que as pequenas e mais leves, sendo essa observação extensiva a sementes de feijão.

Por meio da Figura 24, observam-se os valores encontrados para massa específica aparente para os tratamentos analisados, durante o tempo de armazenamento.

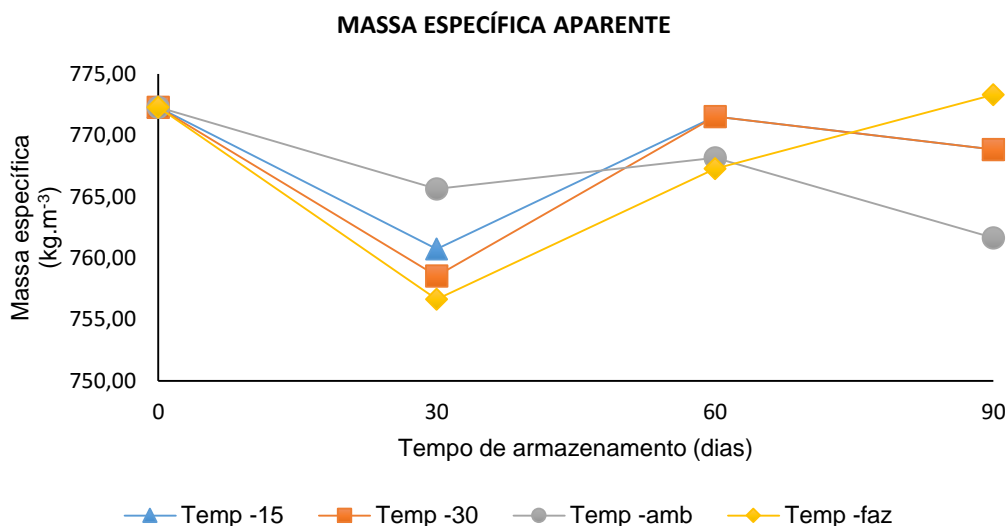


Figura 24 - Massa específica aparente do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Observa-se que a massa específica aparente inicial do lote era de $772,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Aos 30 dias, todos os tratamentos tiveram redução nos valores da massa específica aparente. Aos 90 dias de armazenagem, os valores observados não diferiram estatisticamente entre si, nas condições de armazenagem, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey, conforme observa-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Massa específica aparente do feijão para os tratamentos, aos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenagem (resultados expressos em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

Massa Específica Aparente	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
Temp-15	772,29 A	760,75 B	771,54 AB	768,86 A
Temp-30	772,29 A	758,54 B	771,54 A	768,86 A
Temp-amb	772,29 A	765,65 A	768,18 A	761,65 A
Temp-faz	772,29 A	756,65 B	767,29 AB	773,32 A

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste estatístico de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com a influência das condições durante o armazenamento, os valores da massa específica aparente tendem a diminuir devido à quebra técnica e ao consumo de matéria seca por fungos (LAZZARI, 1997), ocorrendo perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração dos grãos. No presente estudo, não houve alteração significativa desse atributo entre os tempos de armazenamento. Um dos motivos pode ser o fato do lote analisado ser considerado sadio, na análise fitossanitária inicial.

Alencar et al. (2009) observaram que a massa específica aparente de grãos de soja permaneceu praticamente constante na temperatura de 20°C, independentemente do teor de água. Para a temperatura de 40°C observaram redução na massa específica aparente dos grãos armazenados com teor de água de 14,8% (b.u.), a partir de 45 dias de armazenamento, cujo resultado confirma o incremento da atividade metabólica dos grãos devido ao elevado teor de água, na temperatura de 40°C, motivo pelo qual se verificaram desenvolvimento acelerado de fungos e, após 180 dias, detectaram alta incidência de *Aspergillus glaucus* (87%), resultando no maior percentual de grãos ardidos, o que pode ter contribuído, segundo os autores, para a redução da massa específica aparente.

No presente estudo, os teores de água foram reduzidos para valores abaixo dos considerados por Alencar et al. (2009), fator que inibiu a atividade metabólica dos grãos.

O fato de os teores de água terem permanecidos praticamente constantes durante o armazenamento também influenciou os resultados, pois conforme Brooker et al. (1992) e Couto et al. (1999), a massa específica de grãos cresce, geralmente, com a diminuição do teor de água para produtos com as características do feijão. Ainda segundo os mesmos autores, esse crescimento depende da percentagem de grãos danificados, do teor inicial de água, da temperatura alcançada durante a secagem, do teor final de água e da variedade do grão.

5.10. Análise dos resultados da perda de peso para os grãos armazenados

A meta maior da armazenagem é a manutenção da matéria seca, que é formada por carboidratos, lipídios, proteínas e sais minerais.

Conforme relatos de Muir e White (2001), o processo de respiração dos grãos e da microflora durante o armazenamento é fator determinante para a deterioração do produto armazenado, pois parte da matéria seca é consumida durante este processo.

Por meio da Figura 25, apresentam-se os resultados da perda de peso para os tratamentos, nos tempos considerados. Observam-se diferenças nas linhas da figura. Para o feijão armazenado a 15°C, observou-se a tendência de preservação da matéria seca. Na temperatura de 30°C, observou-se que a tendência é o seu aumento da perda de peso com o aumento do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de armazenagem.

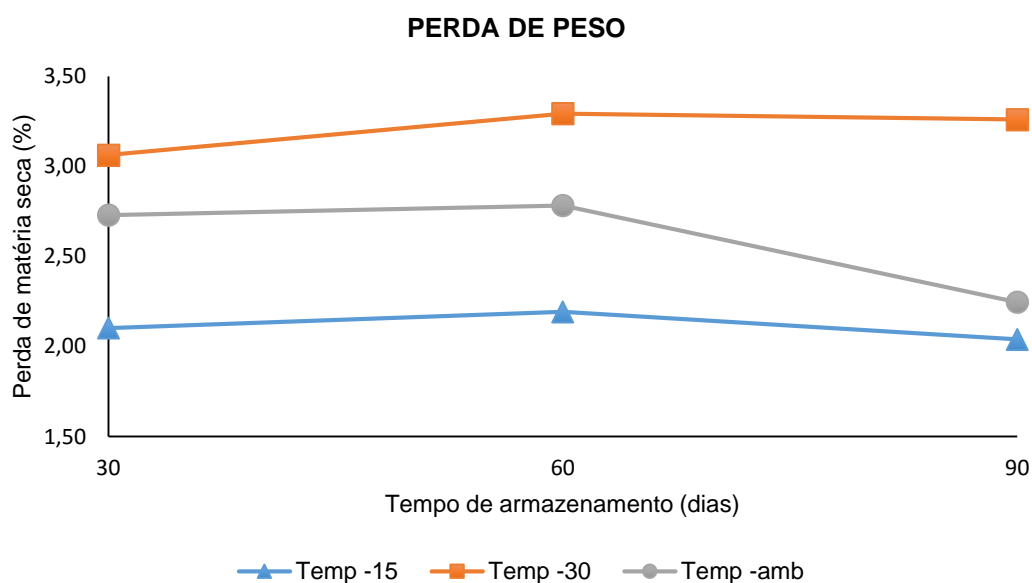


Figura 25 - Perda de matéria seca do feijão em função das condições e tempo de armazenagem (resultados expressos em %).

Conforme Park et al. (2007), quanto mais elevado o teor de água e temperatura, mais intenso é o processo respiratório, o qual provoca o consumo de substâncias orgânicas, sendo mais rápida a deterioração do produto e,

consequentemente, a perda de peso devido a redução da massa de matéria seca.

Por meio da Figura 25, observa-se que, na temperatura de 15°C, houve a menor perda de peso para a massa de grãos, com valores próximos a 2%. Já na temperatura de armazenamento de 30°C a perda chegou a quase 3,3% aos 90 dias de armazenagem.

Adhikarinayake, Palipane e Muller (2006), estudando a perda de matéria seca em arroz em casca com temperatura variando de 27 a 32°C, verificaram a perda de 2,1% da matéria seca em sistemas de armazenamento aberto.

Ao considerar-se os silos utilizados na fazenda, com capacidade de armazenamento de aproximadamente 112 toneladas, observou-se uma diferença que pode ser observada na Tabela 7, aos 90 dias de armazenamento.

Tabela 7 - Perda de peso aos 90 dias de armazenamento, para os tratamentos (resultados expressos em % e em toneladas)

Condições de armazenamento	Perda de peso (%)	Perda de peso (toneladas)
Temperatura de 15°C	2,04	2,28
Temperatura de 30°C	3,26	3,65
Temperatura ambiente	2,25	2,52

Observando-se a perda de peso em toneladas, a diferença do armazenamento com 15°C e com 30°C chega a 1,34 toneladas aos 90 dias de armazenamento. Como o feijão é comercializado em sacos de 60 kg, essa diferença reflete pouco mais do que 22 sacos de feijão, isso em apenas um silo de armazenamento. Considerando-se que o local possui 20 silos iguais, e que todos são destinados para o armazenamento, essa diferença pode chegar a mais de 440 sacos de feijão.

Ao analisar o fato de que a fazenda onde foi realizado o experimento possui o equipamento para esfriar o ar insuflado nos silos, ou seja, o investimento necessário para que se atinja a temperatura mais baixa e desejada na massa de grãos de feijão armazenada já foi realizado, percebe-se que há a necessidade de uma melhor gestão e utilização do equipamento que está

disponível, para que seja possível diminuir a perda de peso no armazenamento em nível de fazenda.

Ainda sobre os valores observados na Tabela 8, apresentam-se os resultados estimados para a perda de peso que pode ter diferença considerável entre os tratamentos analisados, aos 30 dias de armazenamento. A perda de peso em toneladas é analisada considerando um dos silos da fazenda, com capacidade de armazenamento de aproximadamente 112 toneladas.

Tabela 8 - Perda de peso aos 30 dias de armazenamento, para os tratamentos (resultados expressos em % e em toneladas)

Condições de armazenamento	Perda de peso (%)	Perda de peso (toneladas)
Temperatura de 15°C	2,10	2,35
Temperatura de 30°C	3,06	3,42
Temperatura ambiente	2,73	3,06

Com os resultados apresentados na Tabela 8, pode-se observar que o teste para analisar a perda de peso demonstra, aos 30 dias armazenamento, a diferença entre os tratamentos analisados, evidenciando a importância de uma boa gestão na armazenagem, visto que a deterioração dos grãos é irreversível e cumulativa.

5.11. Análise das variações de temperaturas da massa de grãos armazenada considerando os diferentes locais no interior do silo

Durante o tempo de armazenamento, foram monitoradas as temperaturas da massa de grãos em nove diferentes locais do silo, por meio de leituras nos termopares instalados no seu interior. Essas leituras permitiram medir a temperatura da massa de grãos na direção radial e em camadas de diferentes alturas (níveis) do silo, possibilitando a verificação da distribuição do ar e a manutenção da temperatura na massa de grãos.

Na Tabela 9, observam-se os valores das médias da temperatura dos grãos no interior do silo, bem como os valores máximos e mínimos atingidos em cada um dos locais analisados, durante o tempo da armazenagem.

Tabela 9 - Médias, valores máximos e mínimos das temperaturas da massa de grãos nos diferentes locais analisados no silo (resultados expressos em °C)

Local	Média temperatura	Máxima temperatura	Mínima temperatura
A	21,07 a	24,80	18,40
G	20,50 ab	31,35	17,15
D	19,77 bc	25,30	16,30
B	19,44 bcd	31,95	14,95
E	19,32 bcd	26,10	14,85
F	18,81 cd	31,40	14,60
H	18,80 cd	32,30	15,50
C	18,47 cd	30,25	12,85
I	17,85 d	25,75	13,85

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Games-Howell, a 5% de probabilidade.

Observa-se que as temperaturas médias da massa de grãos durante o armazenamento no silo foram acima de 17°C chegando a um valor superior a 21°C na posição "A". Com esses valores de temperatura para a massa de grãos, o armazenamento é considerado não seguro, pois essas condições favorecem o desenvolvimento de micro-organismos, insetos-praga e ácaros que atacam os grãos armazenados, segundo Navarro e Noyes (2002).

Conforme Navarro et al. (2002), os insetos não têm controle sobre a temperatura do corpo, portanto sua reprodução e o seu desenvolvimento aumentam conforme aumenta a temperatura, considerando certos limites. Conseqüentemente, a maioria deles torna-se inativa em temperaturas baixas (10 a 15°C). Ao analisarmos os valores encontrados no silo, todos os locais onde a temperatura da massa de grãos foi medida ficaram com valores médios de temperatura acima da faixa citada pelos autores.

Caneppele (2003) afirmou que o esfriamento pela insuflação forçada de ar frio representa uma tecnologia eficiente para reduzir a temperatura da massa

de grãos a uma faixa segura de aproximadamente 15°C, que impede o desenvolvimento das populações de insetos-praga, suprimindo-as por um longo período e mantendo a qualidade físico-sanitária do produto.

Outro fator interessante a ser observado, é o fato do armazenamento a nível de fazenda ter maiores tempos de cocção, quando comparados aos valores observados no armazenamento a 15°C, realizado em laboratório. Esses resultados podem ser consequência dessas temperaturas alcançadas pela massa de grãos armazenada nos silos, onde observou-se valores maiores do que 15°C. Ribeiro et al. (2007 e 2008) observaram que durante o armazenamento, as condições de temperatura e de umidade relativa do ar podem alterar a qualidade para o cozimento e Resende (2008) destacou que baixas temperaturas resultam em menores tempos de cocção para os grãos de feijão. Coelho et al. (2008) observaram que tais fatores também têm influência na qualidade nutricional dos grãos de feijão.

Conforme visto, a temperatura e o tempo de armazenamento influenciam também nos valores da variável "L" para cor do feijão. No presente estudo observou-se que no armazenamento a nível de fazenda houve uma redução dos valores dessa variável ao longo do tempo, ou seja, houve ocorrência de escurecimento do tegumento dos grãos, fato que não ocorreu quando o armazenamento foi feito na temperatura de 15°C, para a qual os valores da variável "L" não diferiram estatisticamente do valor da caracterização inicial do lote de feijões.

Na Figura 26, observa-se uma ilustração do perfil da distribuição das temperaturas da massa de grãos no silo armazenador, considerando-se os locais onde foram medidas as temperaturas com os termopares. Observa-se que a diferenciação de cores foi feita por meio da análise estatística dos dados da Tabela 9.

Pode-se observar por meio da Figura 26 que os pontos mais próximos ao duto central de distribuição de ar do silo (locais A, D e G), foram os locais onde as médias das temperaturas da massa de grãos tiveram valores mais elevados, sendo que no ponto "A", a temperatura média da massa de grãos durante o armazenamento foi de 21,07°C, não diferindo estatisticamente da temperatura da massa de grãos no local "G", onde observaram-se valores de 20,5°C.

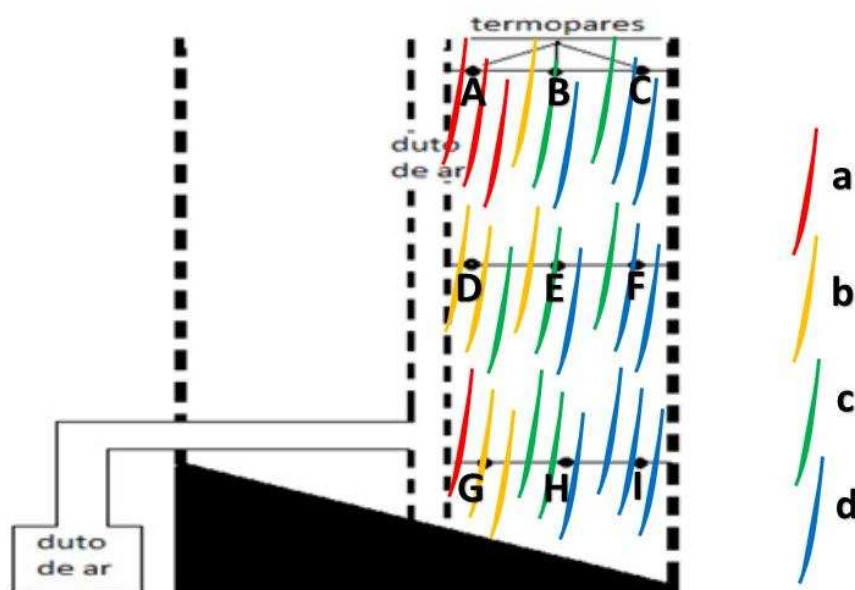


Figura 26 - Perfil da distribuição da temperatura da massa de grãos no interior do silo armazenador (os locais com a mesma cor não diferem entre si pelo teste de Games-Howell, a 5% de probabilidade).

Conforme mencionado, o silo utilizado para o armazenamento é composto por paredes laterais constituídas de painéis de madeira e treliças metálicas perfuradas, o que pode ser observado na Figura 27. Nos locais mais próximos às paredes do silo e na camada do meio, pode-se notar que os valores observados para as médias das temperaturas da massa de grãos foram os menores, não diferindo estatisticamente entre si pelo teste de Games-Howell a um nível de 5% de significância. Esses resultados podem ser devido ao fato da perfuração das paredes e do material do silo, características construtivas que favorecem a troca de calor com o ambiente externo, e não permitem a retenção do ar frio insuflado. A temperatura média para o município onde foi realizado o experimento foi de 24°C durante o tempo de armazenamento.

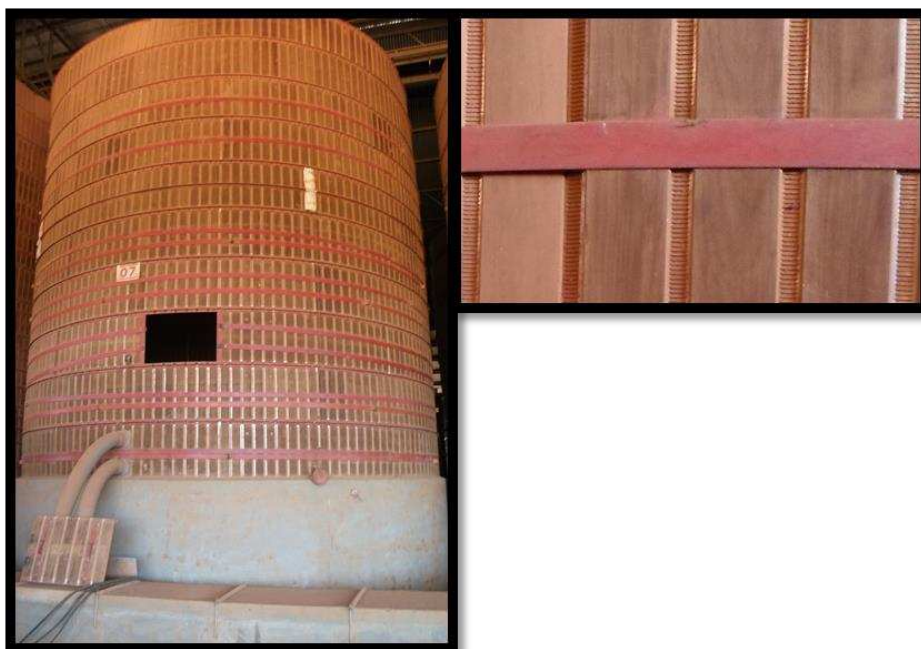


Figura 27 - Silo de armazenamento dos grãos de feijão, localizado na fazenda e detalhes construtivos da parede do silo.

Conforme decisões da gestão da fazenda onde o experimento foi realizado, o equipamento utilizado para o esfriamento da massa de grãos no interior do silo foi acionado apenas quando a massa de grãos atingiu a temperatura de 23°C , registrada no termômetro acoplado aos termopares. Nessas condições, o equipamento era acionado e permanecia ligado por um período de 48 h. Após isso, o equipamento só era acionado novamente quando a temperatura de 23°C na massa de grãos era alcançada outra vez .

Analisando-se os valores das médias das temperaturas da massa de grãos, apesar de os locais A, D e G estarem mais próximos ao duto central de distribuição do ar no silo, sendo assim os primeiros a receber o ar resfriado injetado no interior do silo, não houve uma homogeneização da manutenção da temperatura na massa de grãos nesses locais, sendo que médias de maiores valores de temperatura para a massa de grãos foram observadas nesses mesmos três pontos.

Observou-se também que, quanto mais próximos os locais analisados estavam da parede do silo, menores os valores observados para as médias de temperatura da massa de grãos, aumentando os valores conforme as medições se aproximavam radialmente ao centro do silo. Esse fato confirma-se pelos

valores da temperatura da massa de grãos observados nos pontos B, E, D e G que não diferiram estatisticamente entre si. Porém, atenta-se ao fato de todos os valores das médias das temperaturas serem superiores aos de armazenamento considerado seguro para grãos.

Conforme Hellemar (1993) o grão é um bom isolante térmico e uma vez que a baixa temperatura seja alcançada, esta será mantida por longos períodos. Observou-se na análise dos resultados que, apesar de a massa de grãos ter sido esfriada, ela não manteve a sua temperatura constante durante o armazenamento. Esse fato deve-se especialmente pelas características construtivas do silo, pois as paredes de madeira e perfuradas favoreceram as trocas com o meio externo.

A partir dos dados observados, desenvolveu-se uma equação para que fosse possível descrever a temperatura da massa de grãos em cada local analisado no interior do silo armazenador, tal que:

$$\text{Temperatura} = 21,073 + 0,0 A^* - 1,630 B^* - 2,601 C^* - 1,301 D^* - 1,756 E^* - 2,261 F^* - 0,569 G - 2,273 H^* - 3,219 I^*$$

*significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste "t".

Na equação apresentada, as variáveis são dicotômicas, ou seja, elas assumem os valores de 0 e 1. Logo, para obter o valor da temperatura da massa de grãos em um dos locais analisados, os demais assumem o valor de 0.

Por exemplo, para a temperatura da massa de grãos no local "A", os outros locais assumirão valores 0, e assim obtém-se a temperatura de 21,073 °C, valor que pode ser observado na Tabela 9.

Observa-se que os valores dos coeficientes, todos negativos, demonstram o quanto a temperatura da massa de grãos diminui para cada local observado no interior do silo, sendo que o maior valor (em absoluto) de todos é o local "I", onde a temperatura média observada da massa de grãos foi a de menor valor.

6. CONCLUSÕES

- Em temperaturas menores, é possível preservar a qualidade dos grãos durante maior intervalo de tempo de armazenagem.
- É possível armazenar feijão em temperaturas igual ou inferiores a 15°C e UR de $58 \pm 2\%$, com teor de água de 11% (b.u.), sem que se observem variações na cor e no tempo de cocção.
- No armazenamento a 15°C e UR de $58 \pm 2\%$ não houve mudança de cor ao longo do tempo de armazenamento, o que favorece a aceitabilidade do produto pelo consumidor, que relaciona esse atributo, diretamente, com a qualidade do feijão.
- Em temperaturas maiores que 15°C é possível observar escurecimento e endurecimento do feijão armazenado, indiferente das condições, após 30 dias de armazenagem.
- As qualidades cor e o tempo de cozimento do feijão podem ser degradadas em função das características e do sistema de armazenagem.
- O armazenamento a 15°C e UR de $58 \pm 2\%$ proporciona condições favoráveis à manutenção do teor de cinzas do feijão armazenado por 90 dias.
- A armazenagem em temperatura igual ou inferior a 15°C, pode proporcionar estabilidade no teor de água do feijão armazenado com 12% (b.u.), durante períodos de até 90 dias.
- É possível observar diferenças na perda de matéria seca em feijão armazenado com 15°C e UR de $58 \pm 2\%$ e 30°C e UR de $58 \pm 2\%$ já aos 30 dias de armazenamento.
- Apesar de se observar uniformidade na temperatura da massa de feijão durante o esfriamento na armazenagem, não é possível manter a estabilidade térmica dos grãos em silos que possuem as paredes perfuradas, por não permitirem a retenção do ar frio.
- A utilização de tecnologias de armazenagem, como o esfriamento artificial da massa de grãos pode auxiliar o produtor na tomada de decisões, uma vez que se o armazenamento for seguro e garantir a manutenção da qualidade do lote, há a possibilidade de armazenar o produto nos períodos de maior oferta, quando os preços estão mais baixos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.F.B. **Pragas e métodos de controle**: cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Sistemas de Produção, 6).

ADHIKARINAYAKE, B.T.; PALIPANE, B.; MULLER, J. Quality change and mass loss of paddy during airtight storage in a ferro-cement bin in Sri Lanka. **Journal of Stored Products Research**, v. 42, n. 3, p. 337-390, 2006.

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D.; LACERDA FILHO, A.F.; PETERNELLI, L.A.; COSTA, A.R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORREA, M.R.; SOUZA, F.G.; CORREA, T.M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 2002. 103 p.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Oxford, v. 47, n. 2, p. 15-67, 1993.

BARBOSA, D.R.S. **Efeitos da radiação microondas nas diferentes fases do ciclo evolutivo de *Callosobruchus maculatus* (fabr. 1775) (coleóptera: bruchidae) visando seu controle em feijão-caupi**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

BARBOSA, R.M.; SILVA, C.B.; MEDEIROS, M.A.; CENTURION, M.A.P.C.; VIEIRA, R.D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 45-51, 2012.

BARRETO, F.A.; DEMITO, A. **Processo de resfriamento de sementes**. Pelotas, 2009. (SEED News, 3).

BATISTA, K.A. **Extrusão de farinha de feijão “hard-to-cook”**: características bioquímicas e propriedades funcionais. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BAUDET, L.M.L.; VILLELA, F.A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas: Gráfica Sem Rival, 2006.

BAUDET, L.; VILLELA, F.A. Armazenamento de semente. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 3.ed. Pelotas: UFPEL, 2012. cap. 7, p. 482-527.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum, 1985. 367 p.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 155, n. 3, p. 135-141, 2002.

BINOTTI, F.F.S.; HAGA, K.Y.; CARDOSO, E.D.; ALVES, C.H.; SA, M.E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Act. Scientia Agronômica**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BOURNE, M.C. Size density and hardshell in dry beans. **Journal of Food Technology**, Chicago, v. 21, p. 17A-20A, 1967.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D.A.; RIBEIRO, N.D.; FREITAS, S.T. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 911-915, 2002.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antonio do Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28 p. (Documento, 187).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

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

CANEPPELE, C. **Qualidade do grão de milho (*Zea mays* L.) da pré-colheita ao armazenamento, métodos de monitoramento e controle de insetos**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CARVALHO, J.A.; VON PINHO, E.V.R.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R.M.; BONOME, L.T. Testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Citromelo swingle. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 263-270, 2002.

CARVALHO, N.M.; NACAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

COELHO, C.M.M. et al. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1080-1086, 2008.

COELHO, C.M.M.; BELLATO, C.M.; SANTOS, J.C.P.; ORTEGA, E.M.M.; TSAI, S.M. Effect of phytate and storage conditions on the development of the “hard-to-cook” phenomenon in common beans. **J. Sci. Food Agric.**, v. 87, p. 1237-1243, 2007.

COELHO, S.R.M.; PRUDENCIO, S.H.; NÓBREGA, L.H.P.; LEITE, C.F.R. Alterações no tempo de cozimento e textura de grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.

COOL SEED. **Tecnologias de pós-colheita**. Disponível em: <www.coolseed.com.br/index.php>. Acesso em: 12 maio 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

CORREA, P.C.; SILVA, J.S. Estrutura, composição e qualidade dos grãos. In: SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. p. 19-36.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 1017-1021, 2001.

COUTO, S.M.; MAGALHÃES, A.C.; QUEIROZ, D.M.; BASTOS, I.T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 61-68, 1999.

DEMITO, A.; AFONSO, A.D.L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 1, p. 7-14, 2009.

DHINGRA, O.; SINCLAIR, J.B. **Basic plant pathology methods**. 2.ed. CRC Press, 1996.

DINIZ, B.L.M.T. **Cultura do feijão comum**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAvDsAF/cultura-feijao>>. Acesso em: 17 set. 2012.

ELIAS, M.C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Santa Cruz, 2008. 362 p.

FAGUNDES, C.A.A.; ELIAS, M.C.; BARBOSA, F.F. Desempenho industrial de arroz secado com ar aquecido por queima de lenha e glp. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 30, p. 8-15, 2005.

FARONI, L.R.A.; ALENCAR, E.R. de; PAES, J.L.; COSTA, A.R. da; ROMA, R.C.C. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

FERGUS, M.C. Color as a factor in a food choice. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 1, p. 83-101, 1993.

FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P.; PAULA, R.C.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, 2006.

GOMES, J.C.; SILVA, M.H.L. **Análise de alimentos**. Viçosa: FUNARBE, 2003.

GONELI, A.L.D.; CORRÊA, P.C.; SILVA, F.S.; MIRANDA, G.V. Efeito do teor de impurezas nas propriedades físicas de sementes de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. **Resumos...** Goiânia, 2003. p. 77.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, B.M. Conductivity teste. In: HAMPTON, J.G.; TEKRONY, B.M. **Handbook of vigour methods**. 3.ed. Zurich: ISTA, 1995. p. 22-34.

HARRINGTON, J.F. Drying, storing and packaging seeds to maintain germination and vigor. **Proc. Short Course for Seedsmen**, 1959.

HELLEMAR, J. **Chilling**: a quality control alternative. *World Grain*, 1993.

HELLEVANG, K.J. **Post harvest management to maintain bean quality**. Disponível em: <<http://www.northarvestbean.org/html/details.cfm?ID=43>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

HOU, H.J.; CHANG, K.C. Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 28, n. 6, p. 473-488, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3.ed. Sao Paulo: IMESP, 1985. v. 1, p. 27.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 30 nov. 2014.

JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.G. Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches. **Food Control**, v. 14, p. 255-261, 2003.

JIA, C.; SUN, D.W.; CAO, C. Computer simulation of temperature changes in a wheat storage bin. **Journal of Stored Products Research**, London, v. 37, p. 65-177, 2001.

KAUR, M.; SINGH, N.A. Comparison between the properties of seed, starch, flour and protein separated from chemically hardened and conventional kidney beans. **Journal Science Food Agriculture**, v. 87, p. 729-737, 2007.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Society et Environment**, Jerusalém, v. 3, n. 4, p. 205-209, 1999.

KONG, F.; CHANG, S.K.C.; LIU, Z.; WILSON, L.A. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 3, p. 134-144, 2008.

KRAMER, A.; TWIGG, B.A. **Quality control for the food industry**. Washington: The Avi, 1962. 512 p.

KRZYŻANOWSKI, F.C.H.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.H.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LACERDA, A.D.S.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E.; VALÉRIO FILHO, W.V. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 97-105, 2003.

LASSERAN, J.C. **Aeração de grãos**. Viçosa: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 1981. 128 p.

LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2.ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148 p.

LAZZARI, S.M.N.; KARKLE, A.F.; LAZZARI, F.A. Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico. **Rev. Bras. Entomol.**, v. 50, n. 2, p. 293-296, 2006.

LEMOS, L.B.; DURIGAN, J.F.; FORNASIERI FILHO, D.; GOMEZ, A.M.; FULANETI, J.F.N. Absorção de água e teor protéico em sementes de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DO FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1996.

LITTLE, A.C. Off on a tangent. **Journal of Food Science**, v.40, p. 410-411, 1975.

LIU, K. Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard-to-cook defect in legume seeds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, n. 4, p. 263-298, 1995.

LIU, K.; McWATTERS, K.H.; PHILLIPS, R.D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 12, p. 2483-2487, 1992.

LOPES, D.C.; MARTINS, J.H.; LACERDA FILHO, A.F.; MELO, E.C.; MONTEIRO, P.M.B.; QUEIROZ, D.M. Aeration strategy for controlling grain storage based on simulation and real data acquisition. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 63, n. 2, p. 140-146, 2008.

LOPES, R.L.T. **Características tecnológicas de genótipos de feijoeiro em razão de épocas de cultivo e tempos de armazenamento**. 2011. 64 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2011.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Informativo Abrates**, v. 19, p. 21-28, 2009.

LUCCA FILHO, O.A. Patologia de sementes. In: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas, 2006. p. 259-329.

MAIER, D.E. **Grãos armazenados a granel é um sistema ecológico produzido pela ação do homem no qual a deterioração é um processo contínuo resultante de interações de variáveis físicas, químicas e biológicas**. [s.l.]: [s.ed.], 1994.

MAIER, D.E.; NAVARRO, S. Chilling of grain by refrigerated air. In: NAVARRO, S.; ROYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 489-560.

MALAKER, P.K.; MIAN, I.H.; BHUIYAN, K.A.; AKANDA, A.M.; REZA, M.M.A. Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. **Journal of Agricultural Research**, Bangladesh, v. 33, n. 3, p. 469-477, 2008.

MARCONDES, M.C.; ANDREOLI, C.; MIGLIORANZA, E.M. Equação de viabilidade para determinar a longevidade de sementes de trigo sob condições diferenciadas em armazenamento convencional. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 202-207, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005.

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

MAURER, G.M.; OZEN, B.F.; MAUER, L.J.; NIELSEN, S.S. Analysis of hard-to-cook red and black common beans using fourier transform infrared spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, p. 1470-1477, 2004.

MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. O potencial de armazenamento de cada semente. **SEED News**, Pelotas, v. 1, n. 4, p. 22-25, 2009.

MORI, A.L.B. **Solubilidade das proteínas de feijão comum envelhecido**. Londrina, 2001. 78 p. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2001.

MUIR, W.E.; WHITE, N.D.G. Microorganisms in stored grain. In: MUIR, W.E. **Manitoba: grain preservation Biosystems**. 2000. p. 1-17.

MUIR, W.E.; WHITE, N.D.G. Microorganisms in stored grain. In: MUIR, W.E. **Manitoba: grain preservation Biosystems**. 2000. p. 28-42.

NAVARRO, S.; NOMES, R.; JAYAS, D.S. Stored grain ecosystem a heat, and moisture transfer in grain bulks. In: NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. New York: CRC Press, 2002. p. 35-78.

NAVARRO, S.; NOYES, R.; ARMITAGE, D.; MAIER, D.E. Objectives of aeration. In: NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 1-34.

NOYES, R.; NAVARRO, S. Operating aeration systems. In: NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. New York: CRC Press, 2002. p. 315-412.

OLIVEIRA, F.A.; KHATCHATOURIAN, O.A.; BIHAIN, A. Estado térmico de produtos armazenados em silos com sistema de aeração: estudo teórico e experimental. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 247-258, 2007.

OLIVEIRA, Viviani Ruffo de et al. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, 2011.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2002. 294 p.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 97-105, 2007.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 119-124, 2007.

PARK J.K.; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R.A.; PARK, K.J.B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas, 2007. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>>.

PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 2.ed. Pelotas: UFPEL, 2006.

PLHAK, L.C. et al. Comparision of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, v. 54, p. 326-336, 1989.

POHNDORF, R.S. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2012.

PROCTOR, J.R.; WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of food Science and Technology**, Ottawa, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1997.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.

QUINTELA, E.D. **Manual de identificação dos insetos e outros invertebrados pragas do feijoeiro**. Santo Antônio do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 51 p.

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

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RIBEIRO, D.M. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (Phaseolus vulgaris L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 15-24, 2005.

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.

REYES-MORENO, C.; PAREDES-LOPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.

RIBEIRO, N.D. et al. Progresso genético em caracteres agronômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 33, p. 629-633, 2003.

RIBEIRO, N.D. et al. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, v. 66, p.157-163, 2007.

RIBEIRO, N.D. et al. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. **Ciência Rural**, v. 38, p. 936-941, 2008.

RIBEIRO, H.J.S.S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar IAPAR 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p.165-169, 2005.

RIGUEIRA, R.J.A; LACERDA FILHO, A.F.; VOLK, M.B.S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 649-655, 2009.

RIGUEIRA, R.J.A.; LACERDA FILHO, A.F.; VOLK, M.B.S.; CECON, P.R. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 4, p. 323-333, 2009.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORREA, A.D. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 550-558, 2002.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORREA, 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**, v. 23, p. 39-45, 2003.

SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 110-119, 2004.

SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 104-114, 2005.

SANTOS, J.P. **Armazenagem de grãos**: métodos preventivos de controle de pragas. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002.

SARTORI, M.R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) stored under nitrogen**. 1982. Dissertation (PhD in Grain Science and Industry) - Kansas State University, Manhattan, 1982.

SCUSSEL, V.M. Fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos e produção de toxinas. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. 1000 p.

SINCLAIR, J.B. Discoloration of soybean seeds – an indicator of quality. **Plant Disease**, v. 76, n. 11, p. 1087-1090, 1992.

SINCLAIR, J.B. Reevaluation of grading standards and discounts for fungus-damaged soybean seeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 72, n. 12, p. 1415-1419, 1995.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, V.N. **Condutividade elétrica em diferentes estruturas de sementes de feijão**. 2009. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2009.

SILVA, D.V.F.; SANTOS, J.B. Controle genético da capacidade de cozimento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e identificação de marcadores RAPD e SSR. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiás. **Anais...** Goiânia, 2005. p. 389-392.

SILVA, J.S.; LACERDA FILHO, A.F.; DEVILLA, I.A. Aeração de grãos armazenados. In: SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p. 261-277.

SILVA, J.S.; BERBERT, P.A.; RUFATO, S.; AFONSO, A.D.L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. p. 63-107.

SILVA, C.A. et al. Chemical composition as related to seed color of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. 2, p. 132-137, 2012.

STEERE, W.C.; LEVENGOOD, W.C.; BONDIE, J.M. An electronic analyser for evaluating seed germination and vigor. **Seed Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 567-576, 1981.

SUN, D.W.; BYRNE, C. Selection of EMC/ERH isotherm equations for rapeseed. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 69, p. 307-315, 1998.

TILLMANN, M.A.A.; MIRANDA, D.M. Análise de sementes. In: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas: Gráfica Sem Rival, 2006. p. 157-255.

VIEIRA, E.H.N.; YOKOYAMA, M. Colheita, processamento e armazenamento. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 233-247.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANCA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p. 1-26.

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

VIEIRA, R.D.; NETO, A.S.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 2, p. 164-168, 2004.

VINDIOLA, O.L.; SEIB, P.A.; HOSENEY, R.C. Accelerate development of the hard-to-cook state in beans. **Cereal Foods Word**, v. 31, p. 538, 1986.

WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995.

WEBER, E.A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. [s.l.]: [s.ed.], 2005. 586 p.

WILSON, R.F.; NOVITZKY, W.P.; FENNER, G.P. Effect of fungal damage on seed composition and quality of soybeans. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 72, n. 12, p. 1425-1429, 1995.

YOKOYAMA, L.P.; DEL PELOSO, M.J.; DI STEFANO, J.G.; YOKOYAMA, M. **Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão "Pérola": avaliação preliminar**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 20 p. (Documentos, 98).

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75 p.

YOUSIF, A.M.; DEETH, H.C.; CAFFIN, N.A. Effect of storage time and conditions on the hardness and cooking quality of adzuki (*Vigna angularis*). **LWT – Food Science and Technology**, v. 35, n. 4, p. 338-343, 2002.