

AVALIAÇÃO DAS QUALIDADES
TECNOLÓGICAS DE FEIJÃO *Phaseolus vulgaris* L.
E DO CONTROLE DE *Zabrotes subfasciatus*
(Boh, 1833), COLEOPTERA: BRUCHIIDAE
DURANTE A EXPOSIÇÃO EM ATMOSFERA
CONTROLADA PELO CO₂ E N₂.

PEDRO HENRIQUE FERREIRA TOMÉ

1998

EMBRIST

1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

43038

MFN30163

PEDRO HENRIQUE FERREIRA TOMÉ

**AVALIAÇÃO DAS QUALIDADES TECNOLÓGICAS DE FEIJÃO *Phaseolus vulgaris* L. E DO CONTROLE DE *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1833),
COLEOPTERA: BRUCHIIDAE DURANTE A EXPOSIÇÃO
EM ATMOSFERA CONTROLADA PELO CO₂ E N₂**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Dr. Jamilton P. Santos

N.º CLAS. 725.052.73

MINAS GERAIS - BRASIL
1998

Ficha Catalográfica preparada pela seleção de Classificação e catalogação
da Biblioteca Central da UFLA

Tomé, Pedro Henrique Ferreira

Avaliação das Qualidades Tecnológicas de Feijão *Phaseolus vulgaris*
L. e do Controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833), Coleoptera:
Bruchiidae Durante a Exposição em Atmosfera Controlada pelo CO₂ e N₂/
Pedro Henrique Ferrreira Tomé. - Lavras: UFLA, 1998. 65 p.: il.

Orientador: Jamilton Pereira dos Santos.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão - Praga - Controle. 2. Inseto. 3. Atmosfera controlada. 4.
Armazenamento. 5. Qualidade tecnológica. 6. Coleóptero. 7. Arquivo. 8. Arquivo.
I Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 635.65276

PEDRO HENRIQUE FERREIRA TOMÉ

**AVALIAÇÃO DAS QUALIDADES TECNOLÓGICAS DE FEIJÃO *Phaseolus vulgaris* L. E DO CONTROLE DE *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1833),
COLEOPTERA: BRUCHIIDAE DURANTE A EXPOSIÇÃO
EM ATMOSFERA CONTROLADA PELO CO₂ E N₂**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

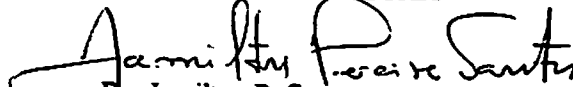
APROVADA em 04 de fevereiro de 1998

Dr. Prabir Kumar Chandra

UFLA

Dr. Lair Chaves Cabral

EMBRAPA\CTAA


Dr. Jamilton P. Santos
EMBRAPA\CNPMS
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais, José e Janete Tomé,
responsáveis
por
minha
formação...,

Aos meus Irmãos,

A Míriam

Dedico

AGRADECIMENTOS

- A CAPES, pelo auxílio financeiro;
- A Chefia da Embrapa Milho e Sorgo pela liberação das instalações e equipamento para execução da pesquisa;
- Ao Dr. Jamilton Pereira dos Santos, orientação e experiência profissional em pesquisa;
- Ao Dr. Lair Chaves Cabral pelas sugestões e participação na banca da tese;
- Ao Dr. Prabir Kumar Chandra pela co-orientação, convívio e ensinamentos;
- Aos Pesquisadores Waquil, Ivan Cruz e Nicésio pelas sugestões e amizade;
- Aos professores do D.C.A, pelos ensinamentos;
- Ao Laboratorista do L.P.G.A Frederico Avelar pelo convívio, sugestões e amizade e também ao Téc.Agrícola Mauro Paulinelli e sua equipe;
- Aos amigos do D. C. A. Anna Christina, Celso, Deise, Rogério Amaro, Roberta Jimenez, Geraldo, Simone (carioca), Jorge, Eleníce, Eduardo;
- Aos Prof. do D. E. A Giovani de Carvalho, Sebastião (Tiãozinho), Tarley;
- Ao Chefe do SPSB, Dr. Antônio Marcos pelo fornecimento do feijão para o experimento;
- À WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS, pelo fornecimento dos gases;
- Ao Dr. Antônio Carlos de Oliveira pela sugestões e orientação e equipe do CPD Wanderley, Rogério, Arnaldo Pontes (Bicho), e Edmilson pelo apoio na área computacional;
- Aos funcionários do CNPMS Amarílio, Edvaldo, turma da oficina, Cristeli, Beló, Léo, Doca, semente (Laércio, Adílson e José da Silva);
- Aos funcionários de serviço de segurança, Cláudio, Edson e Warlen, pela amizade;
- Aos colegas Denilson, Geraldo, Douglas, Anna Cláudia, Valéria, Janaína;
- A Darly, Carlos Alberto, Fabiana Mendes, José Antônio (A.E.E) pela amizade;
- Aos laboratoristas Osni (LASEM), Toninho Horta (solos), Marília (Bromatologia), Ronaldo Braga (Entomologia), Clóvis (Fitopatologia), Isaias, Geraldo (LACRI); Toniquinho e Thiago (Sementes);
- À querida Míriam A. Carvalho por estar sempre ao meu lado;
- A todas as pessoas que agiram de forma direta e indireta por este trabalho realizado....
- E a "DEUS", pela constante presença em minha vida ...obrigado.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	lx
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Características nutricionais do feijão.....	4
2.2 Armazenamento de feijão.....	6
2.3 Uso da atmosfera controlada no armazenamento.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Matéria prima.....	11
3.2 Câmara para o teste sob atmosfera controlada.....	12
3.3 Fumigação com dióxido de carbono (CO ₂) e nitrogênio (N ₂)...	12
3.4 Determinação do número de fases e duração do ciclo	15
3.5 Sistemática de criação de inseto.....	16
3.6 Análise tecnológica do feijão.....	17
3.6.1 Umidade.....	18
3.6.2 Capacidade de absorção de água.....	18
3.6.3 Tempo de cozimento.....	19
3.6.4 Índice de cor.....	21
3.7 Análise de semente.....	21
3.7.1 Teste umidade.....	22
3.7.2 Teste de germinação.....	22
3.7.3 Envelhecimento precoce.....	22
3.8 Delineamento experimental.....	23
3.8.1 Delineamento experimental para determinação dos estágios de desenvolvimento do inseto.....	23
3.8.2 Delineamento experimental para análise tecnológicas.....	24

3.8.3	Delineamento experimental para o controle de todas as fases de desenvolvimento do inseto.....	25
3.8.4	Delineamento experimental para análises de sementes.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	Efeitos da atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO ₂) e nitrogênio (N ₂) nas qualidades tecnológicas do grão de feijão.....	27
4.1.1	Umidade.....	27
4.1.2	Capacidade de absorção de água.....	27
4.1.3	Tempo de cozimento.....	31
4.1.4	Índice de cor.....	31
4.2	Número de fases de desenvolvimento de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	34
4.3	Efeito da atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO ₂) e nitrogênio (N ₂) no controle de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	36
4.3.1	Efeito do CO ₂ e N ₂ sobre os insetos adultos.....	37
4.3.2	Efeito do CO ₂ e N ₂ sobre o estágio de ovo.....	38
4.3.3	Efeito do CO ₂ e N ₂ sobre larvas do primeiro estágio (L ₁).....	40
4.3.4	Efeito do CO ₂ e N ₂ sobre larvas do segundo estágio (L ₂).....	41
4.3.5	Efeito do CO ₂ e N ₂ sobre larvas do terceiro estágio (L ₃).....	42
4.3.6	Efeito do CO ₂ e N ₂ sobre larvas do quarto estágio (L ₄).....	43
4.3.7	Efeito do CO ₂ e N ₂ sobre o estágio de pupa.....	45
4.4	Efeito da atmosfera controlada com CO ₂ e N ₂ sobre a semente do feijão.....	48
4.4.1	Teor de umidade.....	48
4.4.2	Poder germinativo.....	48
4.4.3	Envelhecimento precoce (Vigor).....	49
5	CONCLUSÕES.....	50
	ANEXOS.....	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

RESUMO

TOMÉ, Pedro Henrique Ferreira. Avaliação das Qualidades Tecnológicas de Feijão *Phaseolus vulgaris* L. e do Controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833), Coleoptera: Bruchiidae Durante a Exposição em Atmosfera Controlada pelo CO₂ e N₂. Lavras: UFLA, 1998. 65p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos)*.

O feijão é a leguminosas mais consumidas pelo brasileiro e possui grandes quantidades de constituintes essenciais à alimentação. Devido ao seu alto consumo o feijão necessita de cuidados durante o armazenamento para preservar sua qualidade. O objetivo do trabalho foi avaliar possíveis alterações da qualidade tecnológica do feijão (*Phaseolus vulgaris*) cultivar "Pérola", submetido ao expurgo com atmosfera controlada por CO₂ e N₂, em relação a fosfina, visando o controle de todos os estágios de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833). Para avaliação da qualidade tecnológica de feijão os tratamentos foram uma testemunha utilizando atmosfera natural, três misturas gasosas, sendo 40%, 50% e 60% de CO₂ e nitrogênio de 60%, 50% e 40%, respectivamente, e períodos de 5, 10, 15 e 20 dias de exposição, com 3 repetições. Utilizaram-se amostras com 500g de grãos e 500g sementes acondicionadas em sacos de algodão e colocadas no interior de recipientes herméticos exposto a diferentes concentrações de misturas e períodos de exposição. Nos grãos foram determinados o teor de umidade, capacidade de absorção de água, tempo de cozimento e índice de cor e nas sementes avaliou-se o teor de umidade, o poder germinativo (Padrão) e envelhecimento precoce (vigor). As diferentes concentrações de CO₂ e N₂, não comprometeram as qualidades tecnológicas de grãos e sementes. Nos testes visando o controle do inseto utilizou-se os mesmos tratamentos anteriores e mais a fosfina, 7 estágios de desenvolvimentos do inseto (ovos, larvas 1º, 2º, 3º, e 4º instares, pupa e adulto). Os diferentes estágios de vida do inseto foram acondicionados em tecidos de organza e levadas para câmaras de expurgo. Estas câmaras foram vedados com borracha de silicone garantindo a hermeticidade. Após a vedação das câmaras injetavam-se os gases nas diferentes concentrações permanecendo fechado pelo período de tempo estabelecidos. Somente o tratamento com fosfina permaneceu por 5 dias de exposição. Os resultados

*Comitê Orientador: Dr. Jamilton P. Santos - EMBRAPA/Cnpms (orientador), Dr. Prabir K. Chandra - UFLA e Dr. Lair Chaves Cabral - EMBRAPA/CTAA

mostraram que a fosfina promoveu 100% de mortalidade em todos os estágios do inseto. Para os estágios de adultos, ovos e larva do 1º instar a mistura de CO₂ e N₂ mostrou um controle igual a da fosfina. O controle de larva de 2º instar foi igual ao da fosfina em período acima de 10 dias com mistura de 50% e 60% de CO₂. Em larvas do 3º instar a eficiência de mortalidade foi de 100% no período de 20 dias em todas as concentrações da mistura de CO₂ e N₂. Para larvas de 4º instar o controle foi igual ao da fosfina para o período de 15 dias de exposição e na mistura de 60% de CO₂ e 40% de N₂. Porém no período de 20 dias todas as concentrações de CO₂ foram iguais a fosfina. No estágio de pupa somente o período de 20 dias de exposição mostrou uma eficiência de 100% de mortalidade nas misturas de 50 e 60% de CO₂. Uma conclusão que se pode tirar deste trabalho é que o expurgo com mistura de até 60% de CO₂ e N₂ e período de exposição de até 20 dias não comprometeu as qualidades tecnológicas dos grãos ou sementes de feijão. Com este trabalho também se pode concluir que as fases de inseto adulto, ovo e larva de 1º instar são controladas com 40% de CO₂ e 60% de N₂ com 5 dias de exposição. Porém os outros períodos de larvas e o estágio de pupa requerem pelo menos 15 dias de exposição a um teor mínimo de 50% de CO₂.

ABSTRACT

EVALUATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF DRIED BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.) AND CONTROL OF *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833), COLEOPTERA:BRUCHIIDAE DURING EXPOSURE IN CONTROLLED ATMOSPHERE BY CO₂ AND N₂

Dried beans are parts of the daily diet of the Brazilian population mainly because of their outstanding nutritional qualities. During storage dried beans require special care in order to preserve their qualities. The objective of this research was to evaluate possible alterations on the technological qualities of dried beans c.v. "Perola", submitted to fumigation under controlled atmosphere by mixing of CO₂ and N₂, in relation to the use of phosphine, to control all life stages of *Zabrotes subfasciatus* (Both., 1833). The technological qualities of dried beans were evaluated under the following treatments: one control with the natural atmosphere, three gas mixtures of 40, 50 and 60% CO₂, complemented with 100% with N₂, and fumigation periods of 5, 10, 15 and 20 days, and three replications. The phosphine treatment was run for 5 days. Samples of 500g of grains and 500g of certified seeds were put in small cotton bags, and placed inside the fumigation chamber. In the grains were determined the moisture content, water absorption capacity, cooking time and color index. In the seeds were determined moisture content, germination and vigor. The developmental stages of the insects were prepared, placed in organza cloth bags and brought to the fumigation chamber sealed with silicone rubber, then the gas mixtures were introduced. To control the insects by the same above treatments, phosphine and all the life stages (egg, larva at 1st, 2nd, 3rd and 4th stages, pupa and adult) were tested. The results showed that different concentrations of CO₂ and N₂ did not cause any quality degradation in the grains and seeds. Also it was observed that the phosphine treatment controlled 100% of all life stages, but the mixture of CO₂ and N₂ showed similar efficiency only against the adult, egg and 1st stage larva, independent of the concentration an fumigation period. Also the mixture of 50 and 60% CO₂ and 10-day fumigation period was 100% efficient to control 2nd stage larva, but it required 20 days to kill all 3rd stage larva. The 4th stage larva was more tolerant to the mixture because only at 15 days of fumigation time for 60% CO₂ and 20 days of fumigation for all other concentrations it was possible to get

*Guidance Committee: Dr. Jamilton P. Santos - EMBRAPA/Cnpms (Major Professor), Dr. Prabir K. Chandra - UFLA e Dr. Lair Chaves Cabral - EMBRAPA/CTAA

the total control. The pupa was the most tolerant stage and it was controlled only at 50 or 60% CO₂ and 20 days of fumigation period. From this research it was concluded that fumigation with mixture up to 60% CO₂ and 40% N₂, and 20 days exposition did not affect any of the technological qualities of grain and seeds evaluated. As far as the insect control was concerned, it was concluded that the adult, egg and 1st stage larva could be controlled with 40% CO₂ and 5 - day fumigation time. However, all the other stages required at least 50% CO₂ in the mixture and 15 days of fumigation.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o principal produtor mundial de feijão, com um alto índice de consumo per-capita. Atualmente sua importância pode ser medida tanto pelo valor econômico de sua exploração quanto pela constante presença no hábito alimentar. O feijão utilizado como grão constitui um ingrediente essencial à alimentação, pois fornece quantidades significativas de proteínas, calorias e outros nutrientes para a dieta, podendo ser uma ajuda no combate à subnutrição e à desnutrição do brasileiro.

Devido à esta importância, cerca de 5 milhões de hectares são plantados anualmente, distribuídos em todos os estados da federação. A produção média na última década foi de 2,5 milhões de toneladas, com rendimento médio de 600 Kg/ha, nas safras “das águas” e “das secas”. Nos plantios irrigados denominados de 3º safra ou safra “de inverno”, a média nacional está em torno de 1400 Kg/ha, podendo chegar a 2500 Kg/ha com uso de tecnologia adequada (EMBRAPA, 1994a).

Durante o armazenamento as cultivares de feijão se comportam de modo diferente na preservação de suas qualidades nutricionais e aspectos físicos. A aceitação ou rejeição de uma cultivar pelos agricultores e consumidores está relacionada à essas características. Conseqüentemente, os problemas no armazenamento vão se tornando cada vez mais importantes, merecendo especial atenção. Existem várias maneiras de armazenar grãos, mas a forma mais adequada consiste no uso de silo hermético. Neste tipo de armazenamento a atividade metabólica de grãos

e sementes consome o oxigênio e produz o dióxido de carbono que atua sobre os organismos nocivos, eliminando-os.

As maiores perdas de grãos e sementes, durante a fase de armazenamento são, devidas principalmente ao ataque de insetos. Esses, se não forem combatidos, proliferam e através de sua atividade fisiológica aumentam o teor de umidade e temperatura dos grãos, favorecendo o desenvolvimento de fungos. Dentre as pragas que atacam os grãos de feijão, durante o armazenamento, as mais importantes são *Acanthocelides obtectus* (Say) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833), conhecidos como carunchos do feijão. Os danos causados pelos carunchos do feijão são grandes, depreciando-os qualitativa e quantitativamente. Os prejuízos são avaliados pela redução no peso, na qualidade do produto, na queda do poder germinativo das sementes, além da depreciação comercial devido à presença dos insetos adultos, larvas, pupas, fragmentos, ovos e excrementos. À medida que aumenta a infestação de insetos, aumenta também a percentagem de grãos contaminados por fungos. A fumigação controla praticamente todas as formas e tipos de insetos presentes na massa de grãos e sementes, mas tem pouco ou nenhum efeito sobre os fungos de armazenamento. Estimativas de perdas em relação à produção total de feijão no Brasil, por causa do ataque de insetos nos grãos armazenados, giram em torno de 20 a 30% (EMBRAPA 1994a). Para o controle de insetos em feijão armazenado, utilizam-se, na maioria das vezes, os produtos químicos inseticidas os quais, devido ao uso inadequado e abusivo, podem trazer conseqüências, como o surgimento de resistências por parte dos insetos e aumento de resíduos tóxicos nos alimentos. Os inseticidas são aplicados diretamente sobre os grãos (pulverização), nebulização (forma de fumaça) e expurgo ou

fumigação (gases). O gás (PH_3), que deve ser usado em ambiente fechado, penetra nos corpos dos insetos através dos espiráculos, durante a respiração.

Existe no momento uma tendência em desenvolver produtos que ofereçam menos riscos ao meio ambiente e que sejam seletivos, biodegradáveis e de efeito prejudicial mínimo sobre grãos e sementes armazenados, preservando suas qualidades tecnológicas e nutricionais. Atmosfera controlada por gases como dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N_2) ou em misturas gasosas associadas aos inseticidas está sendo utilizada nos países da Europa, Austrália e EUA com o intuito de substituir e/ou diminuir as doses dos inseticidas no controle de pragas e agentes nocivos em grãos e sementes.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos nas qualidades tecnológicas do feijão ao dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2) utilizados por períodos de 5, 10, 15, e 20 dias de visando o combate do inseto *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833).

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar as possíveis alterações ocorridas nas qualidade tecnológicas e alimenticias do feijão exposto à atmosfera controlada por vários teores de dióxido de carbono (CO_2) em mistura com nitrogênio (N_2) nos períodos de 5, 10, 15 e 20 dias;

- Verificar o efeito dos teores de 40, 50 e 60% de dióxido de carbono (CO_2) em mistura com nitrogênio (N_2) nos período de exposição de 5, 10, 15 e 20 dias sobre as diversas fases de vida do inseto *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833);

- Avaliar o efeito da atmosfera controlada sobre o poder germinativo de sementes de feijão;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características nutricionais do feijão

O feijão pertence à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. O consumo médio diário de feijão é cerca de 50 - 60g per-capita, sendo uma das principais fontes de proteína da população Brasileira (Sgarbieri e Garruti, 1986). Esta leguminosa apresenta um conteúdo de proteína no grão na faixa de 18 a 30%, lipídios 1 a 3% e carboidratos 50 a 60% (base seca), além de grande quantidade de minerais, vitaminas (Carpenter, 1981). Alguns, fatores como a deficiência de aminoácidos sulfurados (metionina, cisteína e cistina), a baixa digestibilidade das proteínas, presença de proteínas tóxicas e outros fatores antinutricionais podem limitar de certa forma seu valor nutritivo (Sgarbieri, 1989).

O processamento de feijão para consumo é muito importante e o modo mais comum de preparação é o cozimento. Geralmente o uso de embebição em água, por um período de aproximadamente 10 a 12 horas, reduz o tempo de cozimento (Junek, Sistrunk, e Neely, 1980). Segundo Jackson e Varriano-Marston (1981), o aumento no teor de umidade contida após a embebição, diminui o tempo de cozimento.

Segundo Sgarbieri (1989) o grão de feijão ainda quando cru apresenta efeitos tóxicos devidos à presença de inibidores de tripsina e hemaglutinina. A aplicação de tratamento térmico é eficaz para melhorar a qualidade nutricional. O calor melhora o valor nutricional pela destruição de fatores

antinutricionais e por aumentar a digestibilidade. Por outro lado o calor excessivo pode destruir alguns aminoácidos essenciais (Kinsela, 1978; Antunes e Sgarbieri, 1980).

A proteína do feijão pode deteriorar-se durante o armazenamento, o tegumento pode endurecer-se requerendo maior tempo para a cocção dos grãos. O feijão é rico em lisina, aminoácido essencial para o metabolismo (Sgarbieri, 1989) e merece cuidados durante o armazenamento.

Os efeitos negativos do armazenamento sob diversas condições de temperatura e umidade relativa, afetam a capacidade de absorção de água, tempo cozimento, textura, cor e sabor dos alimentos (Burr, Kon e Morris, 1968; Burr, 1973; Hinchcliff et al., 1977 e Antunes e Sgarbieri, 1979). Segundo Gutierrez (1986), feijão mal armazenado perde suas características sensoriais, requerendo um período mais prolongado para sua cocção e muitas vezes nem apresentar uma textura aceitável.

A resistência ao cozimento, apresentada por grãos de leguminosas, possui duas causas principais, a primeira são os grãos 'hardshell', que possuem o tegumento impermeável à água. A outra é o 'hard-to-cook' (duro de cozinhar), em que os cotilédones não se tornam macios quando cozidos, mesmo que as semente absorvam água. Segundo Delvalle (1992) o fenômeno 'hard-to-cook' reduz a taxa de absorção de água e causa perda de sais durante a embebição. O aparecimento de grãos 'hardshell' ocorre quando o armazenamento é feito em ambiente de baixa umidade relativa e temperatura elevada e é um fenômeno reversível. Por outro lado, a condição de 'hard-to-cook' é irreversível e é acelerada por temperatura e umidade relativa elevada. Com o melhoramento genético de cultivares, tem-se eliminado a maior parte das variedades de feijão que apresentam grãos 'hardshell', mas a maioria das outras leguminosas ainda permanece susceptível ao efeito (Jones e Burr,

1983a; 1983b; Vindiola, Seib e Hoseney,1986). Pesquisa realizada por Castellanos e Maldonado (1995), mostraram que o efeito 'hardshell' vem de uma característica genética, por outro lado os genes que causam o fenômeno 'hardshell' tem sido encontrado mesmo após o melhoramento de cultivares Michaelis (1991).

2.2 O Armazenamento de feijão

Os grãos, cereais e leguminosas, depois de colhidos, são trilhados secos, armazenados e finalmente processados. Muitas destas práticas influenciaram a qualidade dos alimentos. Por exemplo, as condições climáticas predominantes durante a colheita, podem afetar significativamente o conteúdo de umidade e o estado sanitário do grão e mesmo sua susceptibilidade ao ataque de insetos e fungos. Os danos mecânicos causados aos grãos durante a colheita e a trilhagem, podem torná-los, também, mais susceptíveis a infestações. A eliminação incompleta de matérias estranhas pode causar um crescimento excessivo de mofo antes da secagem e durante o armazenamento (Faroni, 1992).

A perda da qualidade tecnológica do grão de feijão durante a estocagem é caracterizada por aumento do tempo de cozimento, do grau de dureza, mudança no sabor e escurecimento do tegumento. Estas mudanças são aceleradas pelo armazenamento em alta temperatura e umidade relativa.

Os principais agentes que causam perda de produtos armazenados são os microorganismos, insetos, ácaros, roedores, pássaro e a própria atividade metabólica do grão, representada pela respiração (FAO,1985). Em condições tropicais os insetos assumem particular importância como pragas de grãos

armazenados pelo fato da massa de grãos constituir-se um ambiente ideal para o seu desenvolvimento (Faroni,1988).

A integridade massa de grãos é influenciada por fatores que compõem o ambiente de armazenamento. Esses fatores foram divididos por Hall (1975) em fatores físicos, como temperatura e umidade; fatores químicos, como fornecimento de oxigênio; fatores biológicos, como bactéria, fungos, ácaros, insetos e roedores; e aqueles relacionados ao homem, através de seus métodos de manuseio, armazenamento, transporte e desinfestação dos produtos.

A temperatura é um dos fatores climáticos de maior efeito sobre a população de insetos. Temperaturas baixas, inferiores a 17°C, em geral limitam o desenvolvimento da maioria das pragas de grãos armazenados. Temperaturas superiores a 37°C, geralmente são letais para a maioria dos insetos de grãos armazenados (Lasseran,1981). As variações de temperaturas em diferentes locais na massa de grãos influenciam a distribuição espacial dos insetos e criam bolsões de alta umidade. O teor de umidade do grão e a umidade relativa do ar também afetam o comportamento das pragas. Na maioria das vezes, umidade dos grãos, quando inferior a 11%, impede o desenvolvimento normal da maioria dos insetos. O interesse econômico em manter a umidade do grão em 13-14%, comparando a perda de peso com uma secagem até 11% de umidade é o fator de risco ou benefício que determina a adoção desta prática (Gassem,1993).

Insetos de grãos armazenados são geralmente divididos em dois grupos: as espécies que se desenvolvem dentro dos grãos são as primárias e aquelas que se desenvolvem na parte exterior dos grãos, por alimentar-se de grãos quebrados, detritos, poeiras dos grãos ou outros produtos de cereais são as secundárias (Storey,1987). Pelos estudos de Puzzi (1980), os prejuízos causados pelos insetos que atacam os grãos armazenados podem ser

resumidos da seguinte maneira: perda de peso e do poder germinativo; desvalorização do produto e poluição da massa do grão.

Várias pragas de grãos armazenados vivem dentro do grão, ocultos em seu estado larval ou de pupa, onde se alimentam do endosperma e deixam seus excrementos. Esta infestação interna ou contaminação não pode ser completamente removida através de processos de limpeza comum, de modo que, quando o grão infestado é moído, os insetos e seus excrementos são triturados junto com os grãos, incorporando muitas impurezas (Cotton, 1963).

O armazenamento, seja ele de grãos ou de outros produtos, é um processo dinâmico e exige cuidados constantes, conhecimento e tecnologia. A mercadoria armazenada tem valor comercial, é fruto de trabalho árduo e as perdas que possam ocorrer representam, em última análise, prejuízos para toda a sociedade. Deve-se, portanto, dar a devida atenção a esta importante fase do processo produtivo, de maneira a garantir a qualidade e minimizar as perdas dos produtos (Pereira, 1993).

2.3 Uso da atmosfera controlada no armazenamento

As propriedades inseticidas do dióxido de carbono (CO₂), em uma situação de armazenamento, em atmosfera controlada, tem sido muito bem estudada na Austrália. Atualmente 2,5 milhões de toneladas do sistema de armazenamento na Austrália, requerem pequenos esforços para se manterem num padrão que permita tratamento econômico de grãos com CO₂ (Wilson, Buchanan e Sharp 1984).

Na fumigação ou expurgo dos grãos armazenados se utiliza um inseticida fumigante, isto é, aquele que pouco depois de aplicado passa à forma gasosa, sendo letal para os insetos em ambientes confinados, sob

condições de temperatura e pressão determinadas. Segundo Mabbett (1986), Bond e Miller(1988), o produto mais usado no controle de pragas de grãos armazenados é a fosfina mas o uso de outros inseticidas de contato como piretróides sintéticos e pirimifós metílicos, tem crescido. O amplo desenvolvimento de resistência a inseticidas, os riscos para o homem e ambiente, o problema de resíduo nos grãos, advindos da utilização desses produtos, levaram ao emprego de armazéns com atmosfera controlada, visando o controle de pragas (White, Jays e Sinha, 1990).

Lazzari (1993) verificou que pode se controlar o desenvolvimento dos fungos de armazenamento em sementes, grãos e rações controlando as condições que favorecem o seu desenvolvimento. O armazenamento de mercadoria em atmosferas controladas, contendo altos (maiores que 60%) níveis de dióxido de carbono (CO_2), para prevenir infestações de insetos pode também inibir o crescimento de mofo e produção de micotoxinas, ao passo que atmosferas modificadas de nitrogênio (N_2) necessitam conter menos que 1% de oxigênio (O_2) para retardar o crescimento de fungos (Hocking,1990). Entretanto Ellis (1994) observou que, na atmosfera modificada, o crescimento de fungos em temperaturas menores que 25°C diminuiu quando armazenados em ambientes herméticos.

Segundo Graver (1990) para assegurar o uso da fumigação nos trópicos, é essencial estabelecer um alvo ou padrão, para efetivas fumigações, que são aquelas em que existe uma total mortandade de insetos, sem nenhum sobrevivente da infestação original. Para propósitos práticos, tais fumigações podem ser definidas em termos da concentração de gás atingida ao fim do período de exposição.

O propósito de uma fumigação com dióxido de carbono (CO_2) é expor população de insetos presentes a uma concentração acima de 35%, por um

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas instalações da EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, localizado na cidade de Sete Lagoas - MG. O CNPMS possui as coordenadas geográficas de 19°28'(latitude sul) e 44°15'08" (longitude) WGrW, a uma altitude de 732m em sua estação climática. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Koeppen (clima de savana com inverno seco e temperatura média do ar no mês mais frio acima de 18°C (EMBRAPA, 1994b). A temperatura média durante o período de execução do experimento foi de 19,1°C e uma umidade relativa de 62,5%, dados fornecidos pela estação climatológica principal de Sete Lagoas.

3.1 Matéria prima

O material utilizado, no desenvolvimento do experimento, foi o feijão *Phaseolus vulgaris* variedade "Pérola", cultivar desenvolvido pela EMBRAPA/Centro Nacional Pesquisa de Arroz e Feijão, localizado na cidade de Goiânia - GO. Esta cultivar é caracterizada por apresentar uma boa qualidade de grãos, equiparando às cultivares Aporé e Carioca. Os procedimentos de plantio, colheita e beneficiamento foram realizados nos campos experimentais do próprio CNPMS. Os grãos apresentaram um teor de umidade em torno de 13%, e foram necessários 3,0 toneladas de feijão. Os gases utilizados para compor a atmosfera controlada foram fornecidos pela empresa WHITE MARTINS, setor de gases especiais.

período nunca inferior que 15 dias (Hocking, 1990). Pelo estudo apresentado por Ripp (1984), a atenção nos detalhes estruturais e controle preciso do uso do dióxido de carbono (CO_2) é, acima de tudo, importante para assegurar um retorno econômico dos grãos, especialmente quando recebidos a um teor de umidade de 12% ou próximo deste.

Desde que a adição do dióxido de carbono (CO_2), em atmosferas de armazenamento, envolve o esgotamento do oxigênio (O_2), a toxicidade do dióxido de carbono (CO_2) para controle de insetos é freqüentemente estudada em associações com alguns graus de deficiência de oxigênio (O_2). Conseqüentemente, a resposta dos insetos pode ser tanto por anoxia quanto pela toxicidade do dióxido de carbono (CO_2). A deficiência de oxigênio pode levar a um efeito acentuado, mas a completa anoxia pode reduzir ou anular o efeito do dióxido de carbono (Bond e Miller, 1988).

3.2 Câmara para o teste sob atmosfera controlada

Os recipientes utilizados nos testes constituíram-se de 12 câmaras de capacidade para 200 litros, adaptadas com registros de entrada e saída de gases e com boa vedação. Seguiu-se a metodologia descrita por (Santos,1995) no processo de injeção e reinjeção de gases e hermétização das câmaras, requisitos básicos para a qualidade dos resultados.

Os equipamentos utilizados no experimento, tais como o cilindro de dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2), medidores de fluxo de gases, manômetro e orientação complementar foram fornecidos pela empresa White Martins Gases Industriais, que colaborou com o presente projeto de pesquisa.

3.3 Fumigação com dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2)

A maior parte da massa atmosférica é constituída de um reduzido número de elementos gasosos ocupando relativamente um menor volume. Existe na atmosfera um grupo de gases com concentrações aproximadamente constantes, são chamados gases permanentes ou seja não variáveis por exemplo nitrogênio, oxigênio e outros. Os demais, que não apresentam concentrações fixa, são denominados de gases variáveis, como dióxido de carbono, dióxido de enxofre e outros. Segundo Miller e Anthes (1980) a atmosfera natural é composta por 78,08% de N_2 e 0,03% de CO_2 e 20,95% de O_2 . Para o controle de insetos foram testadas as concentrações de CO_2 e N_2 , e os intervalos de tempo relacionados na Tabela 1. As amostras destinadas às análises tecnológicas de grãos e semente, e, aquelas contendo as respectivas fases de desenvolvimento do inseto foram colocadas na parte mediana de cada câmara de fumigação, sendo logo completado o seu volume

com feijão. A concentração de dióxido de carbono foi estabelecida com base nas pesquisas de Santos (1995) que trabalhou com atmosfera controlada em milho e de Gonçalves (1997), em trigo.

Para quantificar o efeito do dióxido de carbono em relação a um produto comercial utilizado para eliminar inseto de grãos armazenados, utilizou-se a fosfina, na dosagem recomendada pelo fabricante para um volume de 200 litros (1 comprimido contendo 0,6 g de fosfina) permanecendo durante um período de carência de 5 dias..

TABELA 1. Concentrações de dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂) e período de exposição em atmosfera controlada.

CONCENTRAÇÕES (T)			PERÍODO DE EXPOSIÇÃO (P)			
CO ₂		N ₂	(em dias)			
TESTEMUNHA			5	10	15	20
40%	+	60%	5	10	15	20
50%	+	50%	5	10	15	20
60%	+	40%	5	10	15	20
Fosfina			5	5	5	5

Cada câmara de fumigação recebeu 7 amostras sendo: ovos com idades de 2 a 3 dias; larvas do 1º estágio; larvas do 2º instar, larvas do 3º instar, larvas do 4º instar/pré-pupa, pupas, e insetos adultos retirados da criação em estoque.

Os insetos submetidos ao tratamento foram previamente quantificados e levados para recipientes com os gases. Para avaliação do efeito da atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) sobre as fases de insetos adultos, contou-se o número de insetos sobreviventes aos tratamentos. Nas fases imaturas, as amostras foram acondicionadas na

incubadora, durante o tempo necessário para que os insetos sobreviventes completassem o ciclo biológico, procedendo à contagem do número de insetos emergidos. O número de insetos mortos, durante a exposição, à atmosfera controlada, foi corrigido para descontar a mortalidade natural, e calculou-se a eficiência dos tratamentos usando a fórmula de Abbott (1945), sendo:

$$E = \left(\frac{V_{TE} - V_{TR}}{V_{TE}} \right) X 100$$

onde E = eficiência dos tratamentos em provocar a morte (%);

V_{TE} = insetos sobreviventes na testemunha (%);

V_{TR} = insetos sobreviventes no tratamento (%);

Os dados de eficiência foram, previamente transformados em arco-seno $\sqrt{(X/100)}$ e submetidos à análise de variância.

A concentração de dióxido de carbono (CO_2) foi monitorada, quantificada através do aparelho Analisador TESTORYT- Kit-10-08 que mede a concentração de 0 a 60% deste gás. O princípio de funcionamento do aparelho baseia-se na expansão do líquido em função da concentração de dióxido de carbono (CO_2). Durante a fumigação, o gás ($CO_2 + N_2$) foi injetado na parte inferior da câmara, a uma pressão constante de 3,0 kg/cm², através de um fluxo de 15,0 l/min. Durante o período de 10 minutos toda atmosfera natural no interior da câmara foi substituída pela atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2). Durante a injeção a concentração de dióxido de carbono (CO_2) foi monitorada até o teor desejado. A cada dois dias foram feitas novas injeções de gases, a fim de manter constante a concentração dessa atmosfera, compensando eventual absorção dos grãos e algum vazamento de gás.

3.4 Determinação do número de fases de desenvolvimento e duração do ciclo biológico

Foi realizada uma criação da espécie *Zabrotes subfasciatus* (Boh,1833), originado da região de Sete Lagoas - MG, objetivando conhecer a duração da fases de ovo, larvas (número de estágios), pupa e adulto.

Primeiramente iniciou-se uma criação com 2000 insetos, coletados ao acaso com auxílio de uma bomba de vácuo. Os insetos foram transferidos para um frasco de 1,5 litros de volume contendo 1,0 Kg de feijão "Pérola". Em seguida estes frascos foram acondicionados numa incubadora ($28,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $70,0 \pm 0,5\%$ de UR) por 20 dias para postura de ovos, após o qual os adultos foram descartados. Aos 26 dias do inicio da criação iniciou-se a emergência de insetos adultos. Em seguida foram separados machos e fêmeas com idades de 0 - 1 dia. Os insetos machos são de tamanhos menores e apresentam coloração acinzentada enquanto que as fêmeas são de tamanhos maiores de coloração escura e apresentando 4 manchas brancas nos élitros, ou seja, na parte dorsal (Gallo, et all.,1978). Vinte e seis tubos de ensaios, contendo cada um 10 grãos, foram infestados com 40 insetos (10 machos e 30 fêmeas). Os tubos ficaram na incubadora por 12 horas, tempo para postura dos ovos. Após o período de postura, os tubos foram abertos, retirados os insetos e os tubo retornados para a incubadora. Diariamente retirou-se um tubos contendo 10 grãos de feijão os quais foram abertos para verificar o estágio de desenvolvimento do inseto. Com o auxílio de uma lupa marca Zeiss-Stemi-SV6 mediu-se a dimensão das cápsulas cefálicas das larvas.

3.5 Sistemática de criação de inseto

Para se obter o inseto na fase de ovo, larva, pupa e adulto de modo que pudessem ser expostos ao CO₂ e N₂ em uma mesma data, adotou-se o seguinte procedimento: coletaram-se os insetos adultos com 1 dia de idade, provenientes dos frascos de criação. Separaram-se (500 machos e 1500 fêmeas) que foram colocados em frascos contendo 600g de grãos e levados à incubadora por 2 dias para oviposição e logo após descartavam-se os insetos adultos. Os grãos contendo ovos em número conhecido (cerca de 250), em 3 repetições, foram colocados em recipientes de plástico de 120 cc de volume e mantidos em incubadora.

Repetiu-se o mesmo procedimento aos 6, 9, 12, 15 e 18 dias contados a partir do dia de infestação com base na duração do ciclo biológico do inseto, determinado no item 3.3, aos 20 dias do início dessa operação, para que fossem obtidos os insetos nas seis primeiras fases de desenvolvimento. À fase adulta, 250 insetos foram colocados em saquinhos de organza, contendo 50 g de feijão provenientes da própria criação de estoque. A Figura 2 mostra o esquema adotado para estabelecer os estágios de desenvolvimento do inseto.

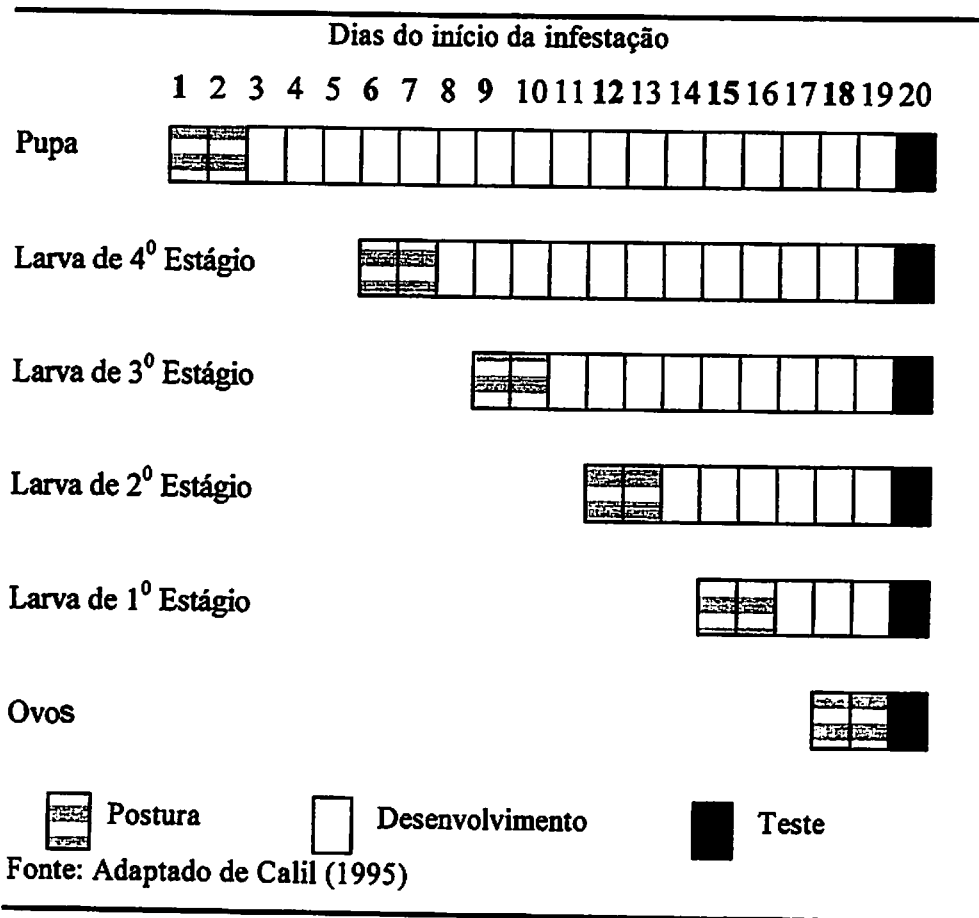


FIGURA 2. Cronograma para obtenção de todas as fases de vida do inseto *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1833), em feijão “Pérola”.

3.6 Análises tecnológicas do feijão

Visando a determinar possíveis alterações tecnológicas do feijão “Pérola”, durante a condução do experimento, retiraram-se amostras de 500 gramas grãos os quais foram acondicionados em sacolas de algodão e foram

submetidos à atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) em diferentes concentrações e por vários períodos de exposição ao gás. Foram realizadas análises de umidade, capacidade de absorção de água, tempo de cozimento e índice de cor.

3.6.1 Umidade

Após cada período de exposição à atmosfera controlada por CO₂ e N₂, foram determinados os teores de umidade das amostras, que foram submetidas a uma pré-secagem com temperatura de 75°C, durante 75 horas, tempo suficiente para que o material apresentasse consistência quebradiça, permitindo uma moagem perfeita, sendo logo após transferidas para o laboratório de Bromatologia. Pesaram-se 3g das amostras trituradas e procedeu-se à secagem em estufa a 105°C, até que toda a umidade fosse removida, com verificações esporádicas da constância do peso segundo a metodologia da AOAC (1992).

3.6.2 Capacidade de absorção de água

As amostras de feijão foram submetidas ao teste de absorção de água, durante um período de 20 horas e, a cada intervalo de uma hora, as amostras foram pesadas. A relação água destilada e peso amostra foi de (4/1), ou seja 80g de água destilada para cada 20g da amostra de feijão. Inicialmente foi colocado em cada becker de 100 ml uma cesta de arame de mesma forma e tamanho; logo em seguida adicionaram-se 80g de água destilada. Feito isto retirou-se a cesta de cada becker e quantificou-se o peso (cesta + água destilada) após um período de 2 minutos de descanso correspondendo um

fator de correção. Após, pesaram-se 20g da amostra de feijão que foram adicionados em cada becker contendo água destilada e cesta. Iniciou-se, portanto, à contagem do tempo de absorção de água. Após cada intervalo de uma hora, retirou-se cada cesta, deixando descansar durante um período de 2 minutos e, em seguida, as amostras foram pesadas (cesta + água destilada + amostra). Após o período de 20 horas foi calculada a absorção de maceração, sendo logo submetida à análise estatística e ao Teste de Tukey a 5%. Obteve-se a o tempo de maceração necessário para atingir a absorção máxima e a absorção no tempo mínimo necessário de maceração, a qual foi definida no momento em que não havia mais diferença significativa entre a quantidade de água absorvida, numa determinada hora e as quantidades seguintes. A absorção máxima é aparente, pois a quantidade de água foi calculada na base de ganho de peso. As absorções foram calculadas em 100g de amostra úmida (Dovlo, 1977).

3.6.3 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi determinado utilizando-se um aparelho próprio para avaliar o cozimento de feijão. Foram introduzidas pequenas modificações à metodologia descrita em relação a Mattson (Mattson, 1946). O aparelho é constituído de 25 estiletes com 21,5 cm de comprimento, pesando cada um 82.0g, terminando por uma ponta de diâmetro de 2,0 mm e comprimento de 9,0mm, o qual fica em contato com a superfície do grão. Os estiletes são colocados em um suporte como mostra a Figura 1.

Para se avaliar o efeito do dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) sobre o tempo de cozimento, 20 g da amostra foram imersos em 80 ml de água destilada, durante 12 horas a uma temperatura média de 25 ± °C. Após

o período de imersão, a amostra foi levada para o aparelho cozedor. Posicionou-se cada grão de feijão, embebido em água nos 25 furos de formato cilíndrico localizados na base do aparelho. Cada um dos 25 estiletos mantidos na posição vertical foram postos em contato com a superfície dos grãos. O aparelho cozedor foi colocado dentro de um becker de volume 2 litros, contendo 400 ml de água fervendo, mantido em volume constante. O feijão foi considerado cozido quando cada haste penetrava nos grãos. O tempo de cozimento foi avaliado anotando-se o tempo (min) decorrido entre o início da fervura da água do banho maria até a penetração do 13º haste no grão.

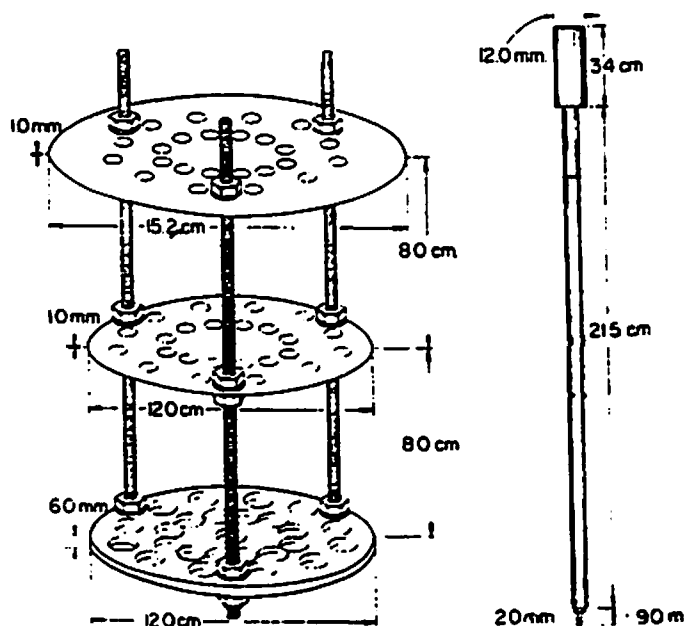


FIGURA 1 Aparelho para determinação de tempo de cozimento de feijão Jakson and Varriano-Marston, (1981)

3.6.4 Índice de cor

A análise instrumental de cor foi realizada por reflectância no aparelho S&M Colour Computer Mod. SM-4-CH da Suga, no sistema Hunter com abertura de 30mm de diâmetro.

Os parâmetros de cor medidos em relação à placa branca ($L=90,20$; $a=-2,32$; $b=1,37$) foram:

L = luminosidade (0= preto e 100= branco);

a = (-80 até 0 = verde, de 0 ao +70,0 = vermelho);

b = (-100 até 0 = azul, de 0 ao +70,0 = amarelo);


E (diferença total da cor); $E = \sqrt{(L)^2 + (a)^2 + (b)^2}$;

Foram realizadas 3 repetições para cada amostra disposta em placa de Petri com 0,5 cm de diâmetro e 0,2 cm de altura, de modo que não passasse luz entre as amostras.

3.7 Análise de semente

Amostras de sementes com 500 gramas da variedade "Pérola", fornecidas pelo Setor de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA, foram acondicionadas em sacos de algodão submetidas ao tratamento com atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2) em diferentes períodos de exposição e analisadas quanto ao teor de umidade, envelhecimento precoce e teste de germinação padrão.

As sementes foram analisadas quanto a: germinação normal, plântulas mostrando um desenvolvimento perfeito e com possibilidade de se tornarem



plantas adultas de boa qualidade, sob condições de campo favoráveis; sementes com germinação anormal, sementes que originavam plântulas que apresentavam interrupção no seu desenvolvimento ou que possuíam alguma deficiência ou alteração nas suas características; sementes não germinadas, sementes sem poder germinativo.

3.7.1 Teste umidade

As amostras foram analisadas pelo aparelho universal marca GEHAKA e os resultados foram expressos em porcentagem média de duas repetições.

3.7.2 Teste de germinação

Os testes de germinação foram realizados de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL,1992),em 4 repetições de 50 sementes e uma única contagem no 7º dia após a sementeira.

A sementeira foi feita em sistema de rolo de papel, marca GERMITEST, tipo CEL 065, pH neutro com dimensões de 40 x 28cm e o germinador utilizado foi do tipo STULTS, alternada de 20 a 30°C com período de 16 e 8 horas, respectivamente

3.7.3 Envelhecimento precoce

Para execução desse teste, foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes. A cada grupo de 4 repetições de 50 sementes, considerou-se a repetição estatística. As sementes foram acondicionadas em caixas gerbox

especialmente adaptadas. Em cada caixa colocaram-se 40ml de água destilada e as sementes foram distribuídas uniformemente sobre uma tela, tomando-se o cuidado para que não ficassem sobrepostas e nem entrassem em contato com a água colocada no fundo das caixas. A seguir estas foram levadas para um germinador tipo BOD regulado á temperatura de 42°C e umidade relativa de 100%.O período de permanência das sementes nessa condição foi de 72 horas. Vencido o período de “stress”, as condições fisiológicas das sementes foram avaliadas através do teste de germinação, conforme descrito no item 3.7.2.

3.8 Delineamento experimental

Esta pesquisa foi dividida em 3 etapas portanto trabalhou-se com um delineamento experimental para análise tecnológica do grão de feijão para consumo, outro para controle de pragas e ainda análise tecnológica de sementes.

3.8.1 Delineamento experimental para determinação dos estágios de desenvolvimento do inseto

No estudo biológico utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) definido por 4 fases com 39 repetições referente as leituras das cápsulas cefálicas homogêneas. O experimento teve um total de 156 parcelas (Tabela 3).

TABELA 3 Estrutura da análise de variância da biologia de *Zabrotes subfasciatus* na determinação dos estágios de desenvolvimento distribuídos em dias.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Fases	3
Resíduo	152
Total	155

3.8.2 Delineamento experimental para análise tecnológicas

Para análise tecnológicas de grãos de feijão submetidos à atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂), em diferentes períodos de exposição, um delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto numa estrutura fatorial 4 x 4 (4 períodos de exposição - P, 4 tratamento - T) com 3 repetições, apresentando um total de 48 parcelas experimentais (Tabela 2).

TABELA 2. Estruturas da análise de variância para avaliações tecnológicas de grão de feijão submetidos a tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ em diferentes concentrações e períodos de exposição.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Período de exposição (P)	3
% CO ₂ e N ₂ (T)	3
P x T	9
Resíduo	32
Total	47

3.8.3 Delineamento experimental para o controle de todas as fases de desenvolvimento do inseto

A análise de variância para o controle de pragas de grãos armazenados submetidos à atmosfera controlada (CO_2 e N_2) e fosfina (comprimido com 0,6g contendo 0,2g p.a.) teve o delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto em estrutura fatorial $4 \times 5 \times 7$ (4 Períodos de exposição - P, 5 tratamentos - T, 7 Fases de desenvolvimento do inseto - F), com 3 repetições, apresentando um total de 420 parcelas experimentais (Tabela 4).

TABELA 4 Estrutura da análise de variância no controle de *Zabrotes subfasciatus* em feijão "Pérola" submetido ao tratamento com CO_2 e N_2 e fosfina a diferentes períodos de exposição.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Período de exposição (P)	3
% CO_2 + N_2 (T) e Fosfina	4
Fase de desenvolvimento (F)	6
P x T	12
P x F	18
T x F	24
P x T x F	72
Resíduo	280
Total	419

3.8.4 Delineamento experimental para análise de sementes

Para análises de semente submetidos à atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2) e período de exposição, utilizou-

se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto numa estrutura fatorial 4 x 4 (4 período de exposição - (P), 4 tratamentos - (T)) com 3 repetições, apresentando (Tabela 5) um total de 48 parcelas experimentais.

TABELA 5 Estrutura da análise de variância utilizada para avaliações tecnológicas da semente do feijão.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Período de exposição (P)	3
% CO ₂ e N ₂ (T)	3
P x T	9
Resíduo	32
Total	47

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito da atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) sobre qualidades tecnológicas do grão de feijão

4.1.1 Umidade

Nos diferentes períodos de exposição e concentrações de dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂), o teor de umidade não foi afetado de forma significativa (Tabela 6) e como mostra o teste de F, ao nível de 1% de probabilidade. Isto indica que tratar lotes de grãos de feijão com atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ em diferentes concentrações e períodos de exposição não causa variação no teor de umidade, pois observou-se que o mesmo permaneceu em $12,893 \pm 0,062$ % ao longo dos períodos (Tabela 1A). A manutenção do teor de umidade é primordial para o controle da qualidade durante o armazenamento de grãos.

4.1.2 Capacidade de absorção de água

A atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) nas diferentes doses e períodos de exposição não afetou de forma significativa a capacidade de hidratação, como mostra o teste de F, ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 6). Os valores médios de absorção de água mínima, máxima e a 100% foram de $18,443 \pm 0,387$; $20,937 \pm 0,082$ e $19,99 \pm 0,041$ g de H₂O / 20g de amostras, respectivamente (Tabelas 2A, 3A

e 4A). A relação entre o tempo de maceração e absorção máxima de água estão ilustradas nas Figuras 3, 4, 5, e 6 para os períodos de 5, 10, 15, e 20 dias de exposição, respectivamente. Como se pode observar as figuras seguem a mesma tendência para todos os tratamentos.

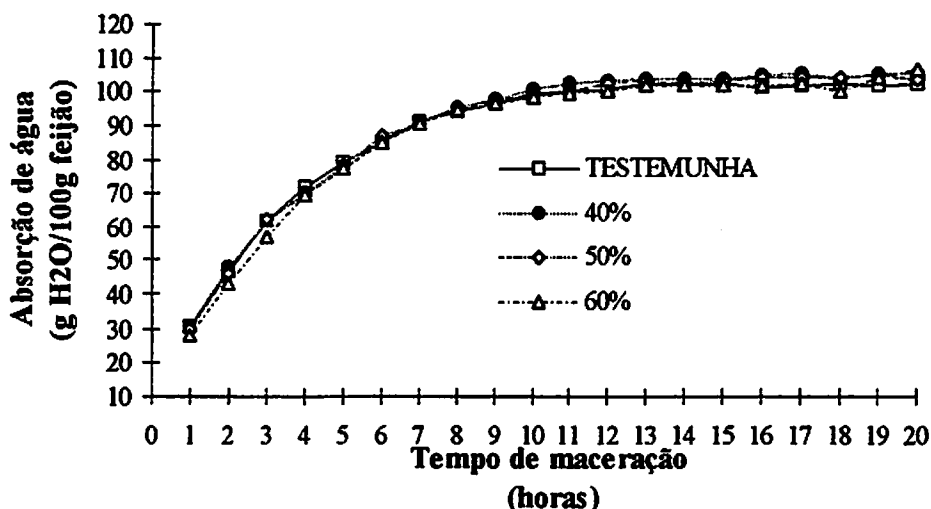


FIGURA 3 Variação da absorção de água em função do tempo de maceração dos grãos de feijão submetido ao CO₂ e N₂ no período de exposição de 5 dias.

As absorções de água do feijão durante o tempo de maceração estão de acordo com Carneiro et al., (1997), que durante a hidratação observou uma absorção máxima de 90% de água absorvido em feijão “Pérola” caracterizando uma absorção normal. Através deste resultados a atmosfera controlada por teores de CO₂ e N₂ e período de exposição não causou uma variação pelo teste de significância. Durante o tempo de maceração o comportamento das curvas de absorção de água foram os mesmos observados por Paredes-López, Maza-Calvino e González-Castaneda (1989), que durante

as primeiras horas de maceração ocorreu uma rápida absorção e uma diminuição ao longo do tempo de maceração.

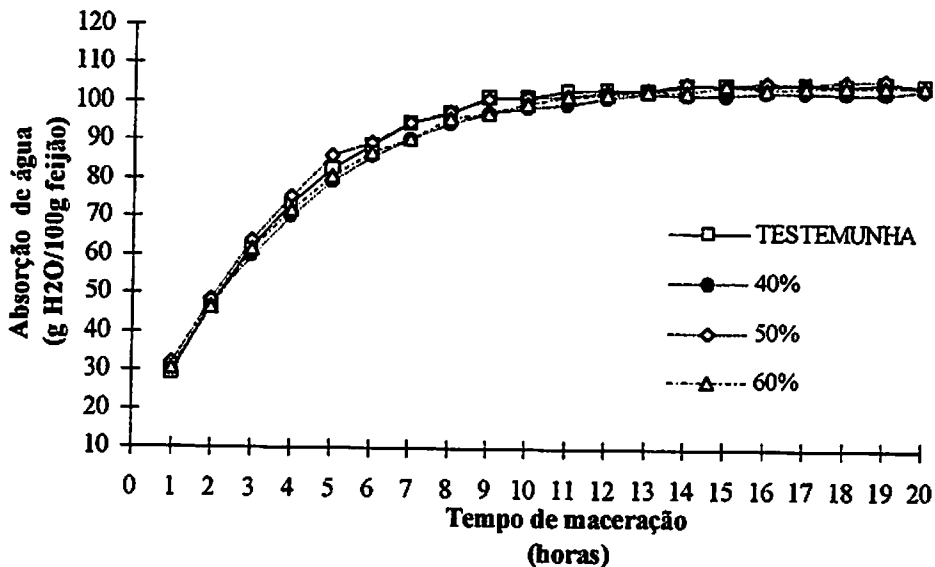


FIGURA 4 Variação da absorção de água em função do tempo de maceração dos grãos de feijão submetido ao CO₂ e N₂ no período de exposição de 10 dias.

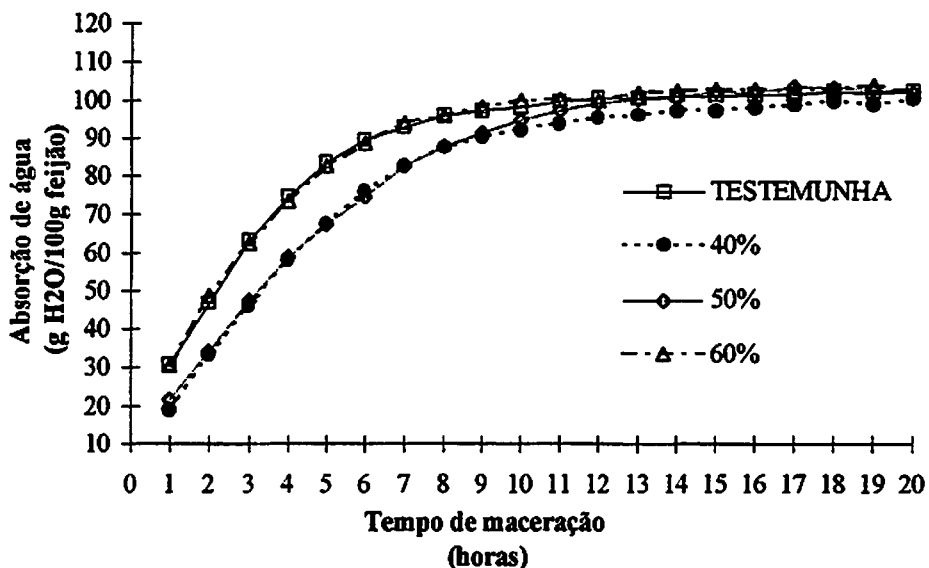


FIGURA 5 Variação da absorção de água em função do tempo de maceração dos grãos de feijão submetido ao CO_2 e N_2 no período de exposição de 15 dias.

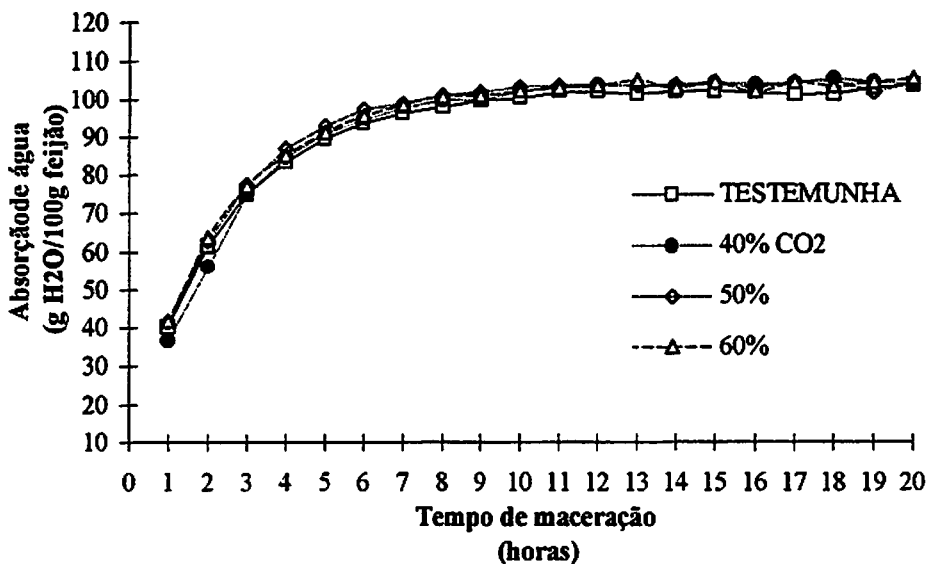


FIGURA 6 Variação da absorção de água em função do tempo de maceração dos grãos de feijão submetido ao CO_2 e N_2 no período de exposição de 20 dias.

4.1.3 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento é o período necessário para que o produto atinja o grau de maciez aceitável para o consumidor. Observou-se que o tempo de cozimento do feijão submetido ao tratamento com atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) em diferentes concentrações e períodos de exposições não variou de forma significativa, como mostra o teste de F ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 6). As amostras apresentaram um tempo médio de cozimento ao longo do experimento de $42,47 \pm 0,269$ minutos (Tabela 6A). Sob outras condições de armazenamento Jackson e Varriano-Marston, (1981), o tempo de cozimento em feijão *Phaseolus vulgaris* L. estocados em condições de alta umidade e temperatura aumentou o tempo de cozimento, entretando o tratamento em atmosfera controlada mostrou não influenciar este tempo.

4.1.4 Índice de cor

Na análise do índice de cor verificou-se que o feijão submetido à atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) em diferentes concentrações e períodos de exposições, conservou a cor natural do tegumento, característico do feijão, durante todos os períodos estudados. Não houve diferença estatística entre concentrações e períodos de exposições (Tabela 6). Este resultado concorda com os de Sartori (1982) que observou em feijão recém colhido e armazenado na presença de nitrogênio que o tegumento conservou a característica natural durante o período de armazenamento. A média dos parâmetros -Luminosidade (L), vermelho (a), Amarelo (b) e diferença total da cor (E) observado no experimento foram de

35,81 ± 0,43; 10,539 ± 0,125; 14,307 ± 0,140 e 56,54 ± 0.75 de luminância (Tabela 5A).

TABELA 6. ANAVA das variáveis de qualidade do feijão "Pérola" expostos a atmosfera controlada com diferente teores de CO₂ e N₂ e períodos de exposição.

CAUSAS		QUADRADO MÉDIO						
DE VARIÇÃO	GL	UMIDADE ¹	ABSORÇÃO ²		COZIMENTO ³	ÍNDICE DE COR ⁴		
			MÍNIMA ^A	MÁXIMA ^A		L ^A	a ^B	b ^C
Período de exposição (P)	3	0,561 ^{NS}	0,814 ^{NS}	9,815 ^{NS}	4,280 ^{NS}	6,938 ^{NS}	1,377 ^{NS}	1,790 ^{NS}
Teores de CO ₂ e N ₂ (T)	3	0,582 ^{NS}	0,349 ^{NS}	12,849 ^{NS}	2,316 ^{NS}	9,651 ^{NS}	0,512 ^{NS}	0,870 ^{NS}
P x T	9	0,510 ^{NS}	0,148 ^{NS}	7,933 ^{NS}	0,677 ^{NS}	9,281 ^{NS}	0,613 ^{NS}	0,686 ^{NS}
Resíduo	32	2,043	0,282	7,068	1,737	12,631	0,398	0,547

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor

^{NS} Valores não significativos.

- ¹ Coeficiente de variação = 11,03%; Média = 12,893%; Erro padrão = 0,062
^{2A} Coeficiente de variação = 14,61%; Média = 18,443g; Erro padrão = 0,387
^{2B} Coeficiente de variação = 2,54%; Média = 20,937; Erro padrão = 0,082
³ Coeficiente de variação = 3,40%; Média = 42,47 min; Erro padrão = 0,269
^{4A} Coeficiente de variação = 9,92%; Média = 35,81 luminância; Erro padrão = 0,488
^{4B} Coeficiente de variação = 5,99%; Média = 10,54 luminância; Erro padrão = 0,103
^{4C} Coeficiente de variação = 5,17%; Média = 14,31 luminância; Erro padrão = 0,118

4.2 Número de fases de desenvolvimento de *Zabrotes subfasciatus*

Durante as avaliações observou-se que somente após o 5º dia de maturação dos ovos teve-se uma visão nítida das larvas, sendo assim possível medir as cápsulas cefálicas. O período larval se dividiu em quatro estágios distintos de acordo com as medições das cápsulas cefálicas, conforme ilustrado Figura 7. Os resultados das análises de variância estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 ANAVA das fases de desenvolvimento de *Zabrotes subfasciatus* de acordo com o comprimento de cápsulas cefálicas.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO
		CÁPSULA CEFÁLICA (mm) ¹
Estágio	3	1,113**
Resíduo	152	0,00006

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor

^{ns} Valores não significativos.

¹ Coeficiente de variação = 1,20% Média = 12,958;

Erro padrão = 0,180

No processo de desenvolvimento, a larva de *Zabrotes subfasciatus* passa por diferentes mudas ou instares. Cada vez que a larva troca de instar ela libera o revestimento da cabeça, isto é, a capa cefálica. Ela troca uma cápsula menor por uma outra significativamente maior. Portanto, medindo diariamente a cápsula cefálica, é possível detectar o momento exato em que a larva mudou de instar e quantas vezes mudou ao longo do seu desenvolvimento.

O ciclo de desenvolvimento do inseto foi 26 ± 1 dias. Estes resultados estão de acordo com Carvalho e Rosseto, (1968) que estudaram a

biologia deste inseto. O ciclo biológico de ovo dividiu-se em 7 estágios. Os resultados observados durante o ciclo foram os seguintes: estágio de ovo, 5 dias; estágio de larvas, 16 dias, (larva -1º instar, 3 dias; larva -2º instar, 3 dias; larva -3º instar, 3 dias; larva -4º instar, 7 dias); pré-pupa e pupa, 6 dias.

Estes resultados estão apresentados na Tabela 8 indicando a existência de quatro fases no estágios de larva.

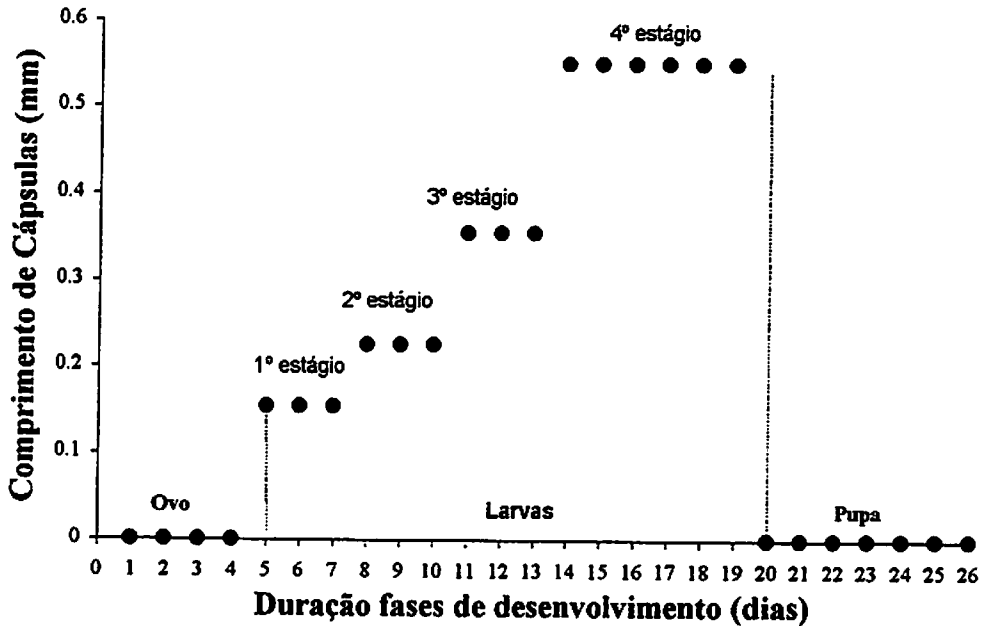


FIGURA 7 Estágios de larvas de *Zabrotes subfasciatus* com base nas medições de cápsulas cefálicas.

TABELA 8 Médias das larguras das cápsulas cefálicas do estágios de larvas de *Zabrotes subfasciatus*.

ESTÁGIOS LARVAIS	CAPSULA CEFÁLICA (mm) ¹
1°	0,15 d
2°	0,24 c
3°	0,36 b
4°	0,54 a

¹Médias seguidas de mesma letras não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

4.3 Efeito da atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) no controle de *Zabrotes subfasciatus*

O resultado do uso da atmosfera controlada pelas diferentes concentrações de dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) em vários períodos de exposição, nos diferentes estágios de desenvolvimento de *Zabrotes subfasciatus*, apresentou a seguinte configuração estatística conforme mostrada na Tabela 9. Observa-se por esta tabela que, segundo a análise estatística, houve um efeito altamente significativo (1% de probabilidade) para todas as variáveis estudadas, ou seja, períodos de exposição (P), tratamentos (T), fases de desenvolvimento (F) e as respectivas interações.

TABELA 9 ANAVA para o controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boh, 1833) em feijão "Pérola", submetido ao tratamento com CO₂ e N₂ e diferentes períodos de exposições.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO ¹
Período de exposição (P)	3	0,201**
% CO ₂ + N ₂ e Fosfina (T)	4	3,715**
Fases de desenvolvimento (F)	6	0,203**
P x T	12	0.037**
P x F	18	0,045**
T x F	24	0,037**
P x T x F	72	0,009**
Resíduo	280	0,0006

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F de Snedecor

^{ns} Valores não significativos.

^T Quadrado médio transformados arco-seno $\sqrt{(X / 100)}$

^{1T} Coeficiente de variação = 3,38%; Média = 1,115%; erro padrão = 0,030

4.3.1 Efeito do CO₂ e N₂ sobre os insetos adultos

O percentual de insetos sobreviventes durante os períodos de exposição aos gases estão apresentados na Figura 8.

A fase de inseto adulto mostrou-se altamente sensível a qualquer concentração, certamente devido à intensa taxa respiratória e, conseqüentemente, em razão de grande absorção dos gases. Os resultados mostraram que houve 100% de mortalidade em todos os níveis de concentração de CO₂ e N₂ (Tabela 10). Estes resultados concordam com aqueles de Santos (1995) e de Gonçalves (1997), onde insetos adultos de *Sitophilus zeamais* infestando milho e de *Rhyzopertha dominica* infestando trigo, foram totalmente eliminados quando expostos em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂.

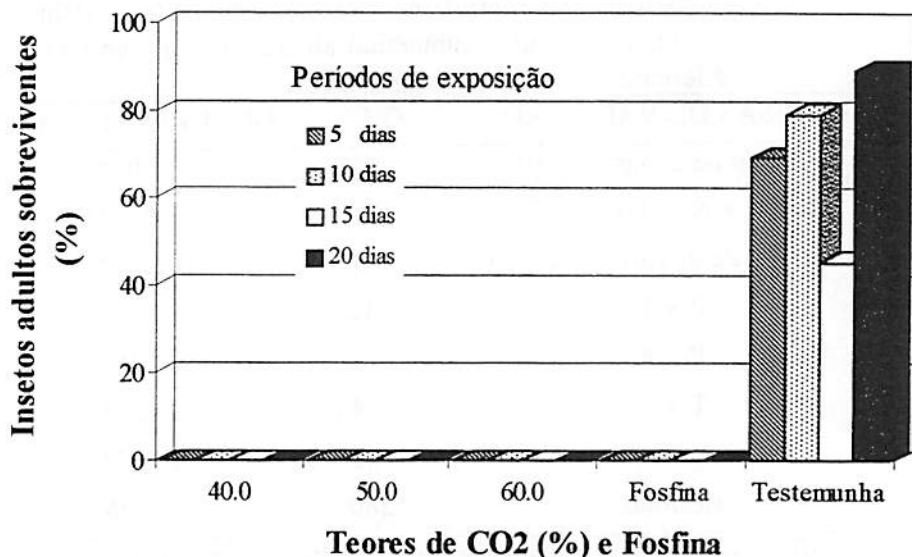


FIGURA 8 Percentual de insetos sobreviventes na fase adulta após exposição a diferentes concentrações dos gases CO_2 e N_2 e períodos de tempo.

4.3.2 Efeito do CO_2 e N_2 sobre o estágio de ovo

As fêmeas de *Zabrotes subfasciatus*, durante o período de postura dos ovos, colocam os ovos aderidos aos grãos e protegidos por uma membrana que, ao entrar em contato com o ar, se torna endurecida servindo de proteção.

O percentual de insetos sobreviventes na fase de ovo, após exposição a diferentes concentrações de CO_2 e N_2 em vários períodos de tempo, está mostrada na Figura 9. Pode se afirmar também que a mistura CO_2 e N_2 provocou 100% de mortalidade nos ovos em todos os períodos de exposição (Tabela 10).

A fase de ovo possui uma atividade respiratória muito pequena o que a tornaria mais resistente ao efeito do gás devido à baixa absorção de

CO₂. Estes resultados estão, em parte, de acordo com os de Santos (1995) que, testando a concentração de 40% de CO₂ para eliminação de ovos de *Sitophilus zeamais* em milho, encontrou uma eficiência de 100% de mortalidade durante os períodos de 10, 15 e 20 dias de exposição. Por outro lado, Gonçalves (1997), trabalhando com ovos de *Rhizopertha Dominica* em trigo, não conseguiu eliminar esta fase durante o período de 5 dias de exposição aos teores de 30, 40, 50 e 60% de CO₂, respectivamente.

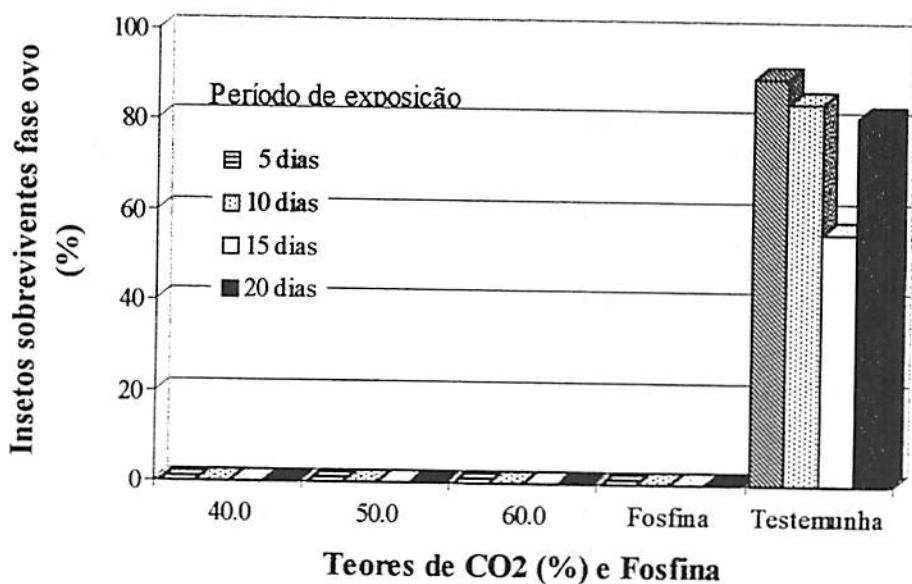


FIGURA 9 Percentual de insetos sobreviventes na fase de ovo após a exposição a diferentes concentrações de gases CO₂ e N₂ e períodos de tempo.

Em trabalhos, utilizando metodologia semelhante, Mbata e Reichmut (1996) conseguiram 100% de mortalidade de ovos de *Collosobruchus subnotatus*, testando uma atmosfera com 100% de CO₂ e período de 6 dias de exposição. Eles também observaram que à medida em

que se eleva a concentração de O_2 reduz-se sensivelmente a mortalidade, mesmo em níveis altos de CO_2 .

4.3.3 Efeito do CO_2 e N_2 sobre larvas do primeiro estágio (L_1)

Os valores percentuais de insetos sobreviventes durante a fase de larva do primeiro estágio e que emergiram como adultos após completar o ciclo biológico estão apresentados na Figura 10.

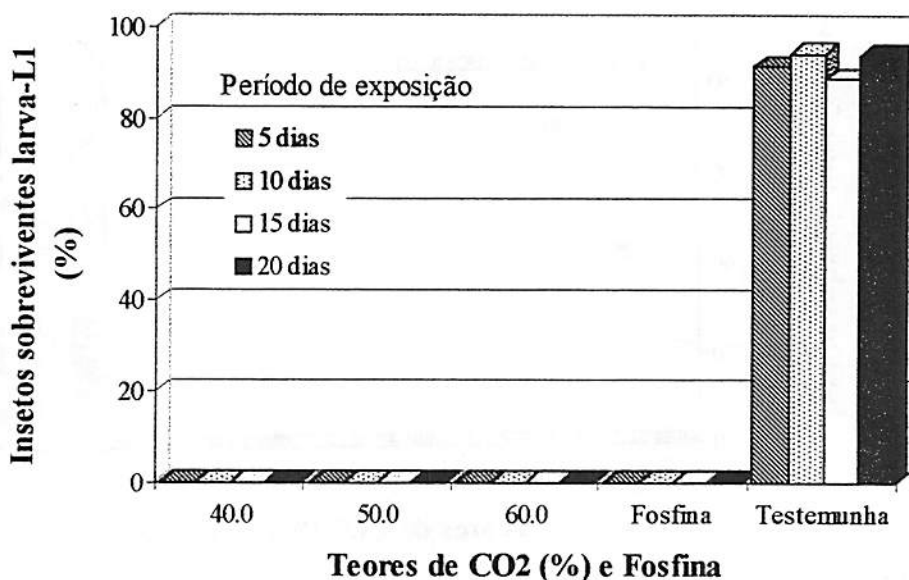


FIGURA 10 Percentual de insetos sobreviventes na fase de larva de primeiro estágio após a exposição a diferentes concentrações de gases CO_2 e N_2 e períodos de tempo.

No primeiro estágio de larva a atividade respiratória se torna mais intensa, aumentando a absorção de CO_2 e a sensibilidade. Esta fase, ao emergir do ovo, inicia a alimentar-se do grão rompendo o pericarpo e em seguida formando galerias nos cotilédones.

O CO₂, em todas as concentrações, promoveu um controle total desta fase de desenvolvimento do inseto para todos os períodos de exposição (Tabela 10). Santos (1995) trabalhando com *Sitophilus zeamais* em milho, obteve um controle total desta fase de desenvolvimento somente após um período acima de 10 dias de exposição ao CO₂ e em concentrações acima de 40%.

4.3.4 Efeito do CO₂ e N₂ sobre as larvas do segundo estágio (L₂)

Somente com 20 dias de exposição houve 100% de controle das larvas de segundo estágio, enquanto que, para os períodos de 5, 10 e 15 dias de exposição os tratamentos mostraram-se menos eficientes para a eliminação da fase (Figura 11).

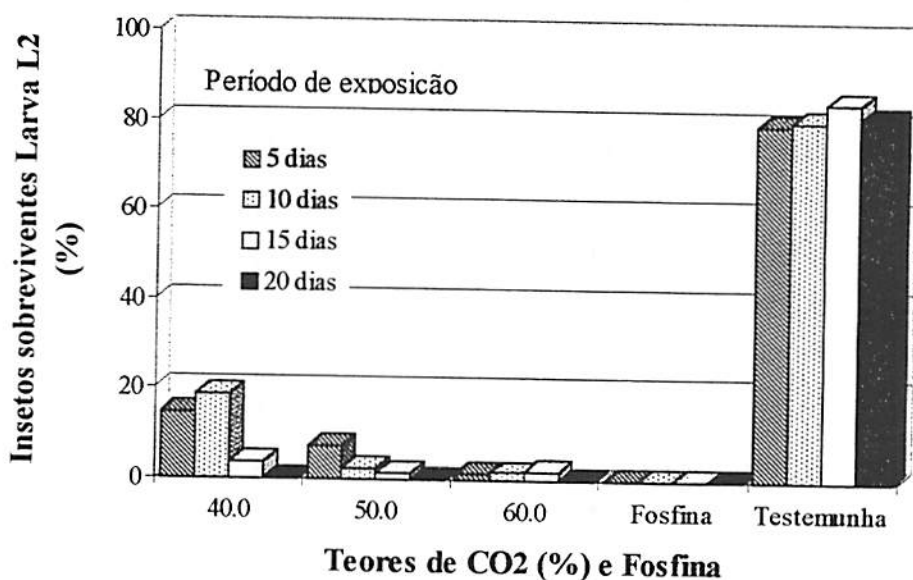


FIGURA 11 Percentual de insetos sobreviventes na fase de larva de segundo estágio após a exposição a diferentes concentrações de gases CO₂ e N₂ e períodos de tempo.

A eficiência do CO₂ e N₂ em causar a mortalidade de larvas do segundo estágio de desenvolvimento do inseto *Zabrotes subfasciatus*, submetido a diferentes concentrações de dióxido de carbono e período de exposição, está mostrada na Tabela 10. O período de exposição ao CO₂ e N₂ contribuiu para aumentar a eficiência em provocar a mortalidade nesta fase, provavelmente devido a uma maior absorção de CO₂ e N₂.

No período de 5 dias de exposição o CO₂, em todas as concentrações, não foi muito eficiente para controlar esta fase, pois todos os resultados deferiram do resultado obtido com fosfina. Para o período de 10 dias a eficiência das concentrações de 50 e 60% de CO₂ se igualou a da fosfina. Já para os períodos de 15 e 20 dias de exposição, a eficiência de todas as concentrações foram iguais a da fosfina, segundo a análise estatística (Tabela 10). Estes resultados estão de acordo com os de Santos (1995) que obteve um controle total da fase do segundo estágio desenvolvimento de *Sitophilus zeamais* em milho.

4.3.5 Efeito do CO₂ e N₂ sobre as larvas do terceiro estágio (L₃)

A Figura 12 ilustra o percentual de insetos sobreviventes na fase de larva de 3º estágio quando expostas ao CO₂ e N₂ em diferentes e períodos de tempo (dias).

A concentração de dióxido de carbono (CO₂) em cada período de exposição variou muito pouco, mostrando uma certa resistência do inseto nesta fase de desenvolvimento (Tabela 10).

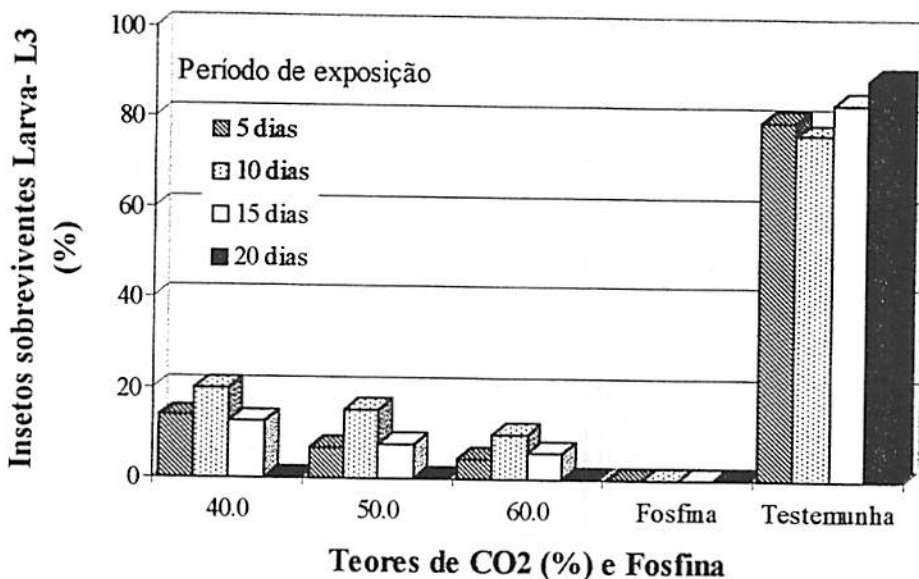


FIGURA 12 Percentual de insetos sobreviventes na fase de larva de terceiro estágio após a exposição a diferentes concentrações de gases CO_2 e N_2 e períodos de tempo.

A fase da larva de terceiro estágio foi mais tolerante ao CO_2 e N_2 do que a o estágio anterior, porque apenas os resultados observados no período de exposição de 20 dias se igualaram ao da fosfina. Mesmo na concentração de 60% de CO_2 e todos os períodos de exposição não houve mortalidade igual à observada para a fosfina (Tabela 10). Estes resultados estão de acordo com Gonçalves (1997) que, trabalhando com três raças de *Rhyzopherta dominica* em trigo armazenado sob mesmas condições de controle, não obteve com larvas do terceiro estágio resultados satisfatórios.

4.3.6 Efeito do CO_2 N_2 sobre larvas do quarto estágio (L_4)

As larvas do quarto estágio diminuem o seu metabolismo preparando-se para entrarem no estágio de pupa e, provavelmente, reduzem

a taxa respiratória, tornando-se mais difícil o controle com carbono CO₂ e N₂. A Figura 13 mostra o percentual de insetos sobreviventes na fase de larva de 4º estágio quando exposto a diferentes concentrações de CO₂ e N₂.

As larvas de 4º estágio comportaram-se exatamente como as de 3º estágio, ou seja, somente no período de exposição de 20 dias é que obtiveram-se resultados semelhantes ao obtidos com fosfina (Tabela 10).

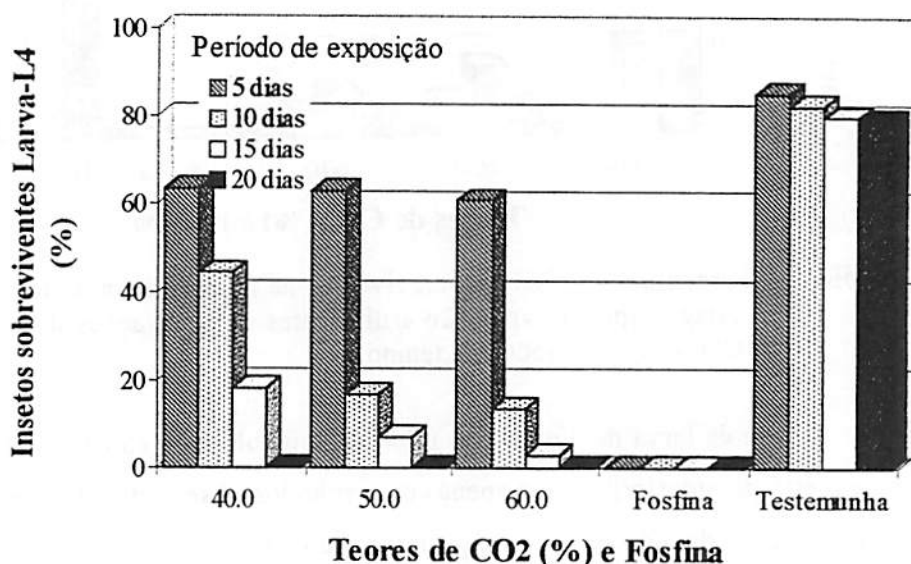


FIGURA 13 Percentual de insetos sobreviventes na fase de larva do quarto estágio após a exposição a diferentes concentrações de gases CO₂ e N₂ e períodos de tempo.

Entretanto Gonçalves (1997), trabalhando com larvas de quarto estágio durante o armazenamento de trigo, obteve insetos sobreviventes expondo com três raças de *Rhyzopertha dominica* em atmosfera controlada pelo dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂), observando também uma certa resistência ao controle quando exposto em períodos de exposição menores que 10 dias.

4.3.7 Efeito do CO₂ e N₂ sobre o estágio de pupa

A Figura 14 mostra o percentual de insetos sobreviventes na fase de pupa estágio, em que o inseto diminui drasticamente o seu metabolismo e a taxa respiratória, dificultando a ação do dióxido de carbono (CO₂) como fumigante.

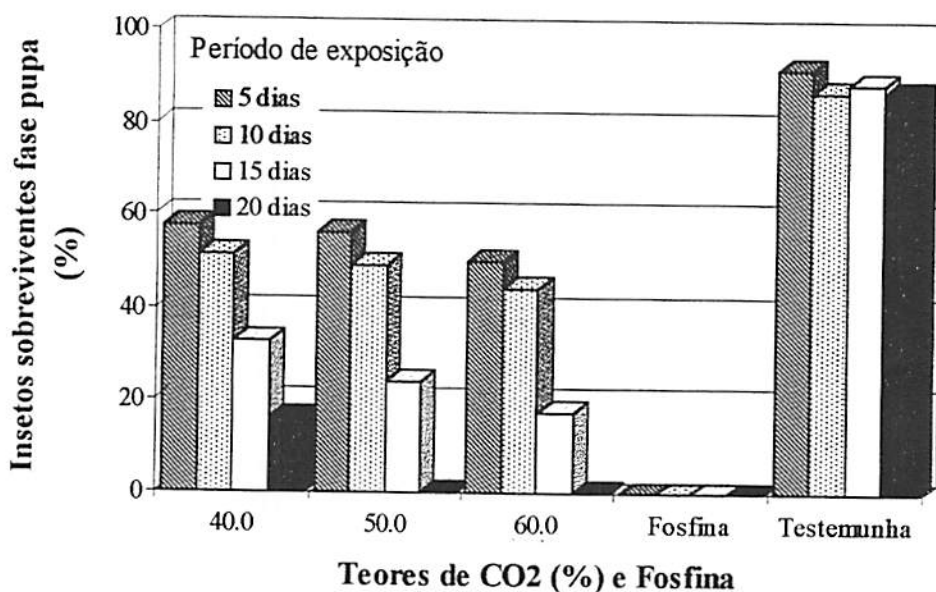


FIGURA 14 Percentual de insetos sobreviventes na fase de pupa após a exposição a diferentes concentrações de gases CO₂ e N₂ e períodos de tempo.

Os resultados observados foram semelhantes àqueles para larvas de 3° e 4° estágios onde o controle foi igual ao da fosfina, porém, ao contrário do que ocorreu com a larvas, a eficiência observada com pupas para 40% de CO₂, em 20 dias de exposição, foi significativamente diferente dos outros teores e da fosfina (Tabela 10). Também os resultados observados por Gonçalves (1997) evidenciaram que pupas de *Rhyzopertha dominica* não foram controladas pelo CO₂ em trigo em período de exposição de 5 dias. A

grande tolerância ao CO₂, mesmo em altas concentrações, ocorre em função da redução no metabolismo das pupas comparadas com outros estágios, Mbata, Reichmuth e Ofuya, (1994). Porém Adler (1994) demonstrou que o atmosferas contendo dióxido de carbono reduz mais rapidamente a produção de energia glicolítica que as atmosferas contendo somente nitrogênio.

TABELA 10. Eficiência no controle¹ de *Zabrotes subfasciatus*

TEORES CO ₂	PERÍODOS DE EXPOSIÇÃO E FASES DOS INSETOS			
	5 DIAS	10 DIAS	15 DIAS	20 DIAS
ADULTOS				
0%	0.00 bA	0.00 bA	0.00 bA	0.00 bA
40%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
50%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
60%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
fosfina	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
OVOS				
0%	0.00 bA	0.00 bA	0.00 bA	0.00 bA
40%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
50%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
60%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
fosfina	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
LARVA - 1				
0%	0.00 ba	0.00 bA	0.00 bA	0.00 bA
40%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
50%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
60%	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
fosfina	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
LARVA - 2				
0%	0.00 eA	0.00 cA	0.00 bA	0.00 bA
40%	68.11 dD	77.12 bC	95.79 aB	100.00 aA
50%	73.90 cB	97.10 aA	98.23 aA	100.00 aA
60%	78.59 bB	98.00 aA	97.75 aA	100.00 aA
fosfina	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
LARVA - 3				
0%	0.00 dA	0.00 eA	0.00 dA	0.00 bA
40%	68.88 Cd	74.05 dC	85.02 cB	100.00 aA
50%	74.59 bD	80.02 cC	90.62 bB	100.00 aA
60%	76.34 bC	87.01 bB	93.08 bB	100.00 aA
fosfina	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
LARVA - 4				
0%	0.00 cA	0.00 dA	0.00 dA	0.00 bA
40%	25.71 bD	46.27 cC	77.14 cB	99.98 aA
50%	26.09 bD	79.82 bC	91.19 bB	100.00 aA
60%	28.65 bC	83.71 bB	96.63 aA	100.00 aA
fosfina	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
PUPA				
0%	0.00 dA	0.00 dA	0.00 eA	0.00 cA
40%	37.67 cC	41.14 cC	63.16 dB	81.53 bA
50%	38.76 cD	43.61 cC	72.97 cB	99.90 aA
60%	45.72 bC	49.17 bC	80.61 bB	99.70 aA
fosfina	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	100.00 aA

1-Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

4.4 Efeito da atmosfera controlada com CO₂ e N₂ sobre a semente do feijão

Os dados referentes à influência da atmosfera controlada com CO₂ e N₂ sobre a umidade, germinação e envelhecimento precoce foram submetidos à análise de variância de acordo com os métodos usuais.

4.4.1 Teor de umidade

Os níveis de concentração de dióxido de carbono de 0, 40, 50 e 60% de dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) não causaram alteração no conteúdo de umidade do grão. (QM=0,022^{NS}) nos períodos de tempo estudados. A interação “períodos de exposição x concentração de CO₂ e N₂” também não foi significativo (QM= 0,070^{NS}). Os valores médios permaneceram em 12,915 ± 0,49% durante o experimento.

4.4.2 Poder germinativo

As concentrações de dióxido de carbono e nitrogênio testadas não influenciaram significativamente o poder germinativo das sementes (QM=26,472^{NS}). Também não foram significativamente diferentes os percentuais de plântulas com germinação anormal (QM= 31,076^{NS}), bem como não foi significativo o percentual de sementes mortas (QM= 0,022^{NS}). Tal como foi observado para teores de umidade, as interações “períodos de exposição x concentrações de CO₂ e N₂” para germinação normal, anormal e sementes mortas, não foram significativas, os valores variaram de 77,093 ± 0,705%; 21,563 ± 0,802% e 1,48 ± 0,485%, respectivamente (Tabela 8A).

4.4.3 Envelhecimento precoce (Vigor)

No teste de envelhecimento precoce as sementes são submetidas a uma condição de “stress”, isto é, alta temperatura e umidade relativa do ar. Sob estas condições não se detectou efeito significativos dos teores de CO₂ e N₂ sobre os percentuais de sementes com germinação normal, anormal e sementes mortas, cujos quadrados médios foram 236,00^{NS}, 11,2999^{NS} e 2,302^{NS}, respectivamente. As interações “períodos de exposição x teores de CO₂ e N₂” também não foram significativas. Os resultados do envelhecimento precoce para germinação normal, anormal e sementes mortas, germinação normal, anormal e sementes mortas, foram 54,00 ± 2,277%; 20,188 ± 0,485% e 25,813 ± 2,119%, respectivamente (Tabela 9A).

5 CONCLUSÕES

O expurgo em atmosfera controlada com CO_2 e N_2 é um método que pode ser empregado, visando o controle de insetos sem, no entanto, causar alterações na qualidade tecnológica de grãos e sementes de feijão. O uso do CO_2 e N_2 pode ser vantajoso em substituição total ou parcial de produtos inseticidas altamente tóxicos. Neste trabalho se constatou-se que a atmosfera controlada pela mistura de CO_2 e N_2 , em todos os níveis e períodos de armazenamento, não causou mudanças significativas no tempo de cozimento, absorção de água, teor de umidade e índice de cor.

Com relação ao controle das fases de desenvolvimento do inseto algumas conclusões podem ser tiradas, comparando-se ao controle obtido com a fosfina que controlou todas as fases do inseto: a) Para as fases de adulto, ovo e larva do 1º instar o controle com CO_2 e N_2 em todas as concentrações e para todos os períodos de exposição foram iguais ao da fosfina; b) Para a fase de larva do 2º instar os tratamentos que mais controlaram foram aqueles acima de 15 dias e concentração mínima de 50% de CO_2 ; c) Para a fase de larva do 3º instar o período mínimo de exposição necessário foi de 20 dias e mistura acima de 40% de CO_2 ; d) Na fase de larva do 4º instar períodos acima de 15 dias de exposição e mistura de 60% de CO_2 eliminaram totalmente esta fase; e) Para o controle da fase de pupa necessita-se de um período de 20 dias e concentração acima de 50% de CO_2 . Portanto, a fase do inseto que apresentou maior resistência aos gases foi o estágio de pupa e as fases mais susceptíveis, mesmo em concentrações e períodos menores, foram as de ovos, larvas do primeiro estágio e a fase adulta. Nas

análises de semente do feijão “Pérola”, os níveis de concentração de CO_2 e N_2 não influenciaram no poder germinativo e vigor das sementes. A conclusão geral é que o expurgo em atmosfera controlada mantém as qualidades tecnológicas do feijão e sementes, e controla a proliferação de insetos durante o armazenamento.

... ..

...

ANEXOS

LISTA DE TABELAS

Tabela	Páginas
1A Teores (%) médios de umidade dos grãos de feijão após submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO ₂ e N ₂ e período de exposição	54
2A .Valores médios de absorção mínima de água (g H ₂ O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão após submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO ₂ e N ₂ e período de exposição	54
3A Valores médios de absorção máxima de água (g H ₂ O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão após submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO ₂ e N ₂ médios e período de exposição	55
4A Valores médios de absorção 100% de água (g H ₂ O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão após submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO ₂ e N ₂ e período de exposição	55
5A Valores (minutos) médios do tempo de cozimento dos grãos de feijão após submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO ₂ e N ₂ e período de exposição	56
6A Valores (reflectância) ^o do índice do cor dos grãos de feijão após submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO ₂ e N ₂ e período de exposição	57
7A Valores médios do teor de umidade das sementes de feijão, variedade "Pérola"	57
8A Valores médios da germinação de sementes de feijão, variedade "Pérola"	57
9A Valores médios do vigor das sementes de feijão, variedade "Pérola"	58

TABELA 1A. Teores (%) médios de umidade dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	UMIDADE*			
	TESTEMUNHA	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	12,95	13,05	13,01	12,96
10	12,73	13,30	12,70	12,64
15	12,99	13,05	12,96	13,39
20	12,69	12,71	12,49	12,67

*média = 12,893; erro padrão = 0,062;

TABELA 2A. Valores médios de absorção mínima de água (g H₂O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	ABSORÇÃO MÍNIMA DE ÁGUA*							
	TRATAMENTO							
	TESTEMUNHA	40%		50%		60%		
	Tempo Absorção (horas)	tempo Absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	
5	8:20	18,92	4:40	15,05	7:20	18,48	8:20	18,87
10	6:20	17,55	7:40	18,02	8:20	19,68	5:20	19,98
15	6:20	17,43	8:00	14,93	11:20	19,65	8:00	19,38
20	7:20	18,99	7:40	19,51	7:00	19,80	8:00	18,85

*média = 18,443; erro padrão = 0,387;

TABELA 3A. Valores médios de absorção máxima de água (g H₂O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ médios e período de exposição.

PERÍODO		ABSORÇÃO MÁXIMA DE ÁGUA*							
DE		TRATAMENTO							
EXPOSIÇÃO	TESTEMUNHA	40%		50%		60%			
		tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)
5	18:28	20,97	15:28	21,20	15:25	21,06	17:03	21,32	
10	15:05	21,04	15:15	20,57	15:05	21,35	15:13	21,11	
15	14:58	20,54	16:06	20,09	16:09	20,76	15:30	20,80	
20	13:43	20,83	14:39	21,12	14:24	21,07	15:13	21,16	

*média = 20,937; erro padrão = 0,082;

TABELA 4A. Valores médios de absorção 100% de água (g H₂O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO		ABSORÇÃO 100% DE ÁGUA*							
DE		TRATAMENTO							
EXPOSIÇÃO	TESTEMUNHA	40%		50%		60%			
		tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)
5	14:13	20,07	12:29	20,06	13:20	20,03	13:10	19,99	
10	12:39	20,03	13:10	19,98	11:40	19,97	12:35	20,06	
15	13:03	20,00	16:20	19,99	14:15	19,99	13:08	20,01	
20	11:37	19,98	12:00	19,98	11:21	20,02	11:37	20,03	

*média = 19,991; erro padrão = 0,041

TABELA 6A. Valores (reflectância)* do índice de cor dos grão de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	LUMINOSIDADE (L) ¹			
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	36,303	32,478	37,587	35,382
10	36,700	37,420	37,843	36,376
15	34,001	36,630	35,179	34,229
20	38,987	34,927	35,044	33,911
VERMELHO (a) ²				
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	9,797	10,693	11,196	10,238
10	10,061	11,122	10,776	11,393
15	9,698	11,028	10,434	10,760
20	10,611	10,302	10,091	10,439
AMARELO (b) ³				
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	14,061	14,437	15,344	14,152
10	13,819	15,291	14,506	14,674
15	13,058	14,506	14,680	13,860
20	14,367	13,994	14,167	13,992
DIFERENÇA DE COR (E) ⁴				
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	56,71	46,38	58,67	54,36
10	56,93	56,23	56,71	58,11
15	56,10	55,52	57,96	57,96
20	57,69	57,12	59,04	59,12

*¹ média = 35,81; erro padrão = 0,43;

*² média = 10,539; erro padrão = 0,125;

*³ média = 14,307; erro padrão = 0,140;

*⁴ média = 6,54 erro padrão = 0,75;

TABELA 5A. Valores (minutos) médios do tempo de cozimento dos grãos de feijão submetido ao tratamento em atmosfera controlada..

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	TEMPO DE COZIMENTO*			
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	42,02	42,03	42,07	42,36
10	42,56	42,53	42,11	42,16
15	41,02	41,00	42,04	42,20
20	42,06	42,22	42,07	42,07

*média = 42,47; erro padrão = 0,269

TABELA 7A. Valores médios do efeito dos teores de CO₂ e N₂ sobre o teor de umidade das sementes de feijão, variedade "Pérola".

TRATAMENTOS	TESTE DE UMIDADE*
0%	13,05
40%	12,88
50%	12,82
60%	12,91

*média = 12,915; erro padrão = 0,049

TABELA 8A. Valores médios do efeito dos teores de CO₂ e N₂ sobre a germinação de sementes de feijão, variedade "Pérola".

TRATAMENTO	TESTE DE GERMINAÇÃO*		
	NORMAL ¹	ANORMAL ²	MORTAS ³
0%	75,75	23,00	1,25
40%	76,83	21,5	1,67
50%	79,08	19,34	1,58
60%	76,17	22,41	1,42

*¹ média = 77,093; erro padrão = 0,705;

*² média = 21,563; erro padrão = 0,802;

*³ média = 1,480; erro padrão = 0,092;

TABELA 9A. Valores médios do efeito dos teores de CO₂ e N₂ sobre o vigor das sementes de feijão, variedade "Pérola".

TRATAMENTOS	TESTE DE VIGOR*		
	NORMAL ¹	ANORMAL ²	MORTAS ³
0%	52,5	21,58	25,92
40%	48,5	19,92	31,58
50%	56,5	19,33	24,17
60%	58,5	19,92	21,58

*¹média = 54,00; erro padrão = 2,277;

*²média = 20,188; erro padrão = 0,485;

*³média = 25,813; erro padrão = 2,119;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.18. p.265-266, 1925.
- ADLER, C. Carbon dioxide- more rapidly impairing the glycolitic energy production than nitrogen? In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 6, Canberra, 1994. **Proceedings...** Canberra: ACIAR, 1994. p. 7-15
- ANNIS, P. C.; VAN S. GRAVER, J. **Suggested recommendations for the fumigation of grain in ASEAN Region: carbon dioxide fumigation of bag-stacks sealed in plastic enclosures: an operations manual.** Kuala Lumpur: ASEAN Food Handling Bureau, 1990. part. 2, 58p.
- ANTUNES, P. L. ; SGARBIERI, V. C. Influence of time and conditions of storage an technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Rosinha G2. **Journal of Food Science**, N. Lasalle St., v. 44, n. 6, p. 1703-1706, 1979.
- ANTUNES, P. L. ; SGARBIERI, V. C. Effect of heat treatment on the toxicity and nutritive value of dry bean (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha G2) proteins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.28, n.5, p. 935-938, Sept. / Oct. 1980.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análises de sementes.** Brasília, 1992. 188p.
- BOND, E. J.; MILLER, D. M. A new technique for measuring the combustibility of gases at reduced pressures and its application to the fumigant phosphine. **Journal of Stored Products Research**, Kidlington, v.24, n.4, p. 225-228, 1988.

- BURR, H. K. Effect of storage on cooking qualities, processing, and nutritive value of beans. **Archivos Latino-Americanos de Nutrición**, Caracas, v.23, p. 81, 1973.
- BURR, H. K. ; KON, S. ; MORRIS, H. J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, N. Lasalle St.,v. 22, n. 3, p. 336-338, 1968.
- CALIL, A. C. P. Efeito de doses de fosfina e períodos de exposição, na mortalidade de formas adultas e imaturas de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), em trigo. Viçosa: UFV, 1995. 67p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- CARNEIRO, C. E. A.; DEL PELOSO, M. J.; CARNEIRO, G. E. S. e PEREIRA, P. A. A. Avaliação das qualidades tecnológicas de grãos de oito cultivares de feijão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Genética**, Goiania, v.20, n.3, agosto 1997
- CARPENTER, K. J. The nutritional contribution of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) in perspectives. **Food Technology**, N.Lasalle St., v.35, n.3, p.77,1981
- CARVALHO, R.P.L.; ROSSETO, C.J. Biologia de *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleóptera- Bruchidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.13, p.105-117, ago. 1963
- CASTELLANOS, J. Z. ; MALDONADO, H. G. Effects of hard shell character on cooking time of common beans grown in the semiarid highlands of Mexico. **Journal Agricultural Science**, Tokyo, v.69, p. 437-443, June 1995
- COTTON, R. T. **Pest of Stored Grain Products**. Minneapolis: Burgess, 1963. 318p.
- DELVALLE, J. M.; STANLEY, D. W. Water absorption and swelling in dry bean seeds. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull, v.16, n.2, p.75-98, Jan. 1992.

- DOVLO, F. E. Criteria for cooking quality and acceptability of cowpeas. In: HULSE, J., RACHIE, D. O.; BILLINGSLEY, L. W. **Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders.** Ottawa: IDRC, 1977. p. 85-87
- ELLIS, W. O. ; SMITH, J. P. ; SIMPSON, B. K. ; RAMASSWAMY, H. ; DOYON, G. Effect of Barrier Characteristics of Films on Aflatoxin Products by *Aspergillus flavus* in Peanuts Packaged Under Modified Atmosphere Packaging (MAP) Conditions. **Food Research International**, Ottawa, v.27, n.6, p. 505-512, June 1994
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. **O Cultivo do feijão: recomendações técnicas.** Brasília: 1994a. 83p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo. **Relatório Técnico do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 1992-1993.** Sete Lagoas, 1994b. 342p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Prevención de pérdidas de alimentos pos-cosecha-Manual de capacitación.** Roma: ONU/FAO, 1985. 130p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Yearbook production.** Roma, 1990.v. 44, p.225. (FAO, Statistics Series, 99).
- FARONI, L. R. D. **Biología y control del gorgojo de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.).** Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1992. 134p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia)
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, G. D. C. de B.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. **Manual de entomologia agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. 531p.
- GASSEN, D. N. Aspectos sobre o manejo de pragas em grãos armazenados. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, Passo Fundo, 1993. **Anais. . .** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p. 96-106.

- GONÇALVES, R. A. **Preservação da qualidade tecnológica de trigo (*Triticum aestivum* L.) e controle de *Rhizopertha dominica* (F) durante o armazenamento em atmosfera controlada com CO₂ e N₂. Lavras: UFLA, 1997. 52p. (Tese - Mestrado em Ciência dos Alimentos)**
- GRAVER, J. ; EVAN, S. **Fumigation and controlled atmospheres as components of integrated commodity management in the tropics. In: INTERNATIONAL WORKING ON STORED-PRODUCT PROTECTION CONFERENCE, Singapore,1990. Proceedings of an international conference... Singapore: ACIAR, 1990. v. 25, p. 38-52.**
- GUTIERREL, V. G. **Aspecto bioquímicos del endurecimiento del frijol. México: Faculdade de Ciências Universidade Autônoma do México, 1986. 59p.(Tesis -Lecenciatura).**
- HALL, D. W. **Manipulación y almacenamiento de granos alimentícios en las zonas tropicales y subtropicalis. Roma: FAO, 1971. 400 p.**
- HOCKING, A. D. **Responses of fungi to modified atmospheres. In: INTERNATIONAL WORKING ON STORED-PRODUCT PROTECTION CONFERENCE, Singapore,1990. Proceedings of an international conference... Singapore: ACIAR, 1990. v. 25, p. 70-82.**
- HORWITE, W.(ed.). **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 12. ed. Washington: AOAC, 1975. 875p.**
- JACKSON, G. M. ; VARRIANO-MARSTON, E. **Hard-to-Cook phenomenon in beans effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. Journal of Food Science, N. Lasalle St., v.46, p.799-803, 1981**
- JONES, P. M. B. ; BOULTER, D. **The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* L. following adverse storage conditions. Journal of Food Science, N.Lasalle St., v.48, n.2, p. 623-649, Mar./Apr. 1983a.**
- JONES, P. M. B. ; BOULTER, D. **The analysis of development of hard bean during storage of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Qualitas plantarum: plants and foods for human nutrition, Milan, v.48, p.623-630, Oct. 1983b**

- JUNEK, J. J. ; SISTRUNK, W. A. ; NEELY, M. B. Influence of processing methodology on quality attributes of canned dry beans. **Journal of Food Science.**, N.Lasalle St., v.45 , n.4, p.821, July/Aug. 1980
- LASSERAN, J. C. **Aeração de grãos** Tradução por J. C. Celaro. Viçosa: CENTREINAR, 1981. 128p. (Série CENTREINAR, 2).
- LAZZARI, F. A. A redução da qualidade pela atividade fúngica. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, Passo Fundo, 1993. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1993. p. 70-78.
- MABBET, T. H. Crop storage in the tropics: problems and practice. **Journal Stored Products Research**, London, v.29, n.2, p70-72, 1986.
- MATTSON, S. The cookability of yellow peas. **Acta Agriculturae Suecana**, Estocolmo, v.2, p.185-231, 1946
- MBATA, G. ; REICHMUTH, C. ; OFUYA, T. Comparative toxicity of carbon dioxide to two callosobruchus species In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 6, Canberra, 1994. **Proceedings...** Canberra: ACIAR, 1994. p. 120-122
- MBATA, G. N. ; REICHMUTH, C. The comparative Effectiveness of Different Modified Atmospheres for the Disinfestation of Bambarra Groundnuts, *Vigna subterranea*(L.) Verde, Infested by *Callosobruchus subnnotatus* (Pic) (Coleoptera Bruchidae). **Journal Stored Products Research**, London, v. 32, n. 1, p. 45 -51, Jan./Mar. 1996
- MICHAELIS, T. E. Stability and inheritance of storage induced hardening in 230 common bean cultivares. **Canadian Journal of Plants Science**, Ottawa, n.71, p.641-647, jan. 1991.
- MILLER, A. ; ANTHES, R. A. **Meteorology**. Columbus: Ohio, 1980. 170p.
- PAREDES-LÓPEZ, O.; MAZA-CLVINO, E. C.; GONZÁLEZ-CASTANEDA, J. Effect of the hardening phenomenon on some physico-chemical properties of common beans. **Food Chemistry**, Washington, v.31, p.225-236, april 1989

- PEREIRA, P. R. V. da S. Principais insetos que atacam grãos armazenados. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1992, Passo Fundo, Anais... Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1993. p. 104-116.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 604p.
- RIPP, B. E. ; BANKS, H. J. ; BOND, E. J. CALVERLEY, D. J. ; JAY, E. G. and NAVARRO, S. Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storage In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 3, Elsevier, 1984. **Proceedings of an International Symposium...** Perth: Elsevier, 1984. 798p.
- SANTOS, D. S. **Viabilização de atmosfera modificada pelo CO₂ na manutenção das qualidades do milho (*Zeamays L.*) durante o armazenamento.** Lavras: UFLA, 1995. 72p (Tese - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris L.*) stored under nitrogen.** Manhattan: Kansas State University, 1982. 60p. (Tesis-PhD em Fitotecnia)
- SGARBIERI, V. C. Composition and nutritive value of Beans (*Phaseolus vulgaris L.*). In: BOURNE, G. H. (ed.). **World review of nutrition and dietetics.** Basel: Karger, 1989. p.132-198.
- SGARBIERI, V. C. ; GARRUTI, R. S. A review of some factors affecting the availability and nutritional and technological quality of common dry beans, a dietary staple in Brazil. **Canadian Institute of Food Science Technological Journal**, Kidlington, v.19, n.5, p.202-209, 1986.
- STOREY, C. L. Effect and control of insects affecting corn quality. In: **.Corn: chemistry and technology.** Kansas: Agricultural Research Service, 1987. p. 185-199.
- VINDIOLA, O. L. ; SEIB, P. A. ; HOSENEY, R. C. Accelerated development of the hard-to-cook state in beans. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.31, n.8, p.538-552, Aug. 1986.

WHITE, N. D. G. ; JAYAS, D. S. ; SINHA, R. N. Carbon dioxide as a control agent for the rusty grain Beetle (Coleoptera: Cucujidae) in stored wheat. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.83, n.1, p.277-288, 1990.

WILSON, A. D.; BUCHANAN, S. A.; SHARP, A. G. The use in and recirculation of carbon dioxide in welded steel bins in Victoria. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 3 Elsevier, 1983. **Proceedings of an International Symposium...** Perth: Elsevier, 1983 p. 283-368.

TABELA 5A. Valores (minutos) médios do tempo de cozimento dos grãos de feijão submetido ao tratamento em atmosfera controlada..

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	TEMPO DE COZIMENTO*			
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	42,02	42,03	42,07	42,36
10	42,56	42,53	42,11	42,16
15	41,02	41,00	42,04	42,20
20	42,06	42,22	42,07	42,07

*média = 42,47; erro padrão = 0,269

TABELA 7A. Valores médios do efeito dos teores de CO₂ e N₂ sobre o teor de umidade das sementes de feijão, variedade "Pérola".

TRATAMENTOS	TESTE DE UMIDADE*
0%	13,05
40%	12,88
50%	12,82
60%	12,91

*média = 12,915; erro padrão = 0,049

TABELA 8A. Valores médios do efeito dos teores de CO₂ e N₂ sobre a germinação de sementes de feijão, variedade "Pérola".

TRATAMENTO	TESTE DE GERMINAÇÃO*		
	NORMAL ¹	ANORMAL ²	MORTAS ³
0%	75,75	23,00	1,25
40%	76,83	21,5	1,67
50%	79,08	19,34	1,58
60%	76,17	22,41	1,42

*¹ média = 77,093; erro padrão = 0,705;

*² média = 21,563; erro padrão = 0,802;

*³ média = 1,480; erro padrão = 0,092;

TABELA 1A. Teores (%) médios de umidade dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	UMIDADE*			
	TESTEMUNHA	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	12,95	13,05	13,01	12,96
10	12,73	13,30	12,70	12,64
15	12,99	13,05	12,96	13,39
20	12,69	12,71	12,49	12,67

*média = 12,893; erro padrão = 0,062;

TABELA 2A. Valores médios de absorção mínima de água (g H₂O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	ABSORÇÃO MÍNIMA DE ÁGUA*							
	TESTEMUNHA		TRATAMENTO					
			40%		50%		60%	
	Tempo Absorção (horas)	tempo Absorção (horas)	tempo Absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	
5	8:20	18,92	4:40	15,05	7:20	18,48	8:20	18,87
10	6:20	17,55	7:40	18,02	8:20	19,68	5:20	19,98
15	6:20	17,43	8:00	14,93	11:20	19,65	8:00	19,38
20	7:20	18,99	7:40	19,51	7:00	19,80	8:00	18,85

*média = 18,443; erro padrão = 0,387;

TABELA 3A. Valores médios de absorção máxima de água (g H₂O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ médios e período de exposição.

PERÍODO		ABSORÇÃO MÁXIMA DE ÁGUA*							
DE		TRATAMENTO							
EXPOSIÇÃO	TESTEMUNHA	40%		50%		60%			
	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)		
5	18:28	20,97	15:28	21,20	15:25	21,06	17:03	21,32	
10	15:05	21,04	15:15	20,57	15:05	21,35	15:13	21,11	
15	14:58	20,54	16:06	20,09	16:09	20,76	15:30	20,80	
20	13:43	20,83	14:39	21,12	14:24	21,07	15:13	21,16	

*média = 20,937; erro padrão = 0,082;

TABELA 4A. Valores médios de absorção 100% de água (g H₂O/20g amostra) e tempo de maceração (horas) dos grãos de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO		ABSORÇÃO 100% DE ÁGUA*							
DE		TRATAMENTO							
EXPOSIÇÃO	TESTEMUNHA	40%		50%		60%			
	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)	tempo absorção (horas)		
5	14:13	20,07	12:29	20,06	13:20	20,03	13:10	19,99	
10	12:39	20,03	13:10	19,98	11:40	19,97	12:35	20,06	
15	13:03	20,00	16:20	19,99	14:15	19,99	13:08	20,01	
20	11:37	19,98	12:00	19,98	11:21	20,02	11:37	20,03	

*média = 19,991; erro padrão = 0,041

TABELA 6A. Valores (reflectância)* do índice de cor dos grão de feijão submetidos ao tratamento em atmosfera controlada pelo CO₂ e N₂ e período de exposição.

PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	LUMINOSIDADE (L) ¹			
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	36,303	32,478	37,587	35,382
10	36,700	37,420	37,843	36,376
15	34,001	36,630	35,179	34,229
20	38,987	34,927	35,044	33,911
VERMELHO (a) ²				
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	9,797	10,693	11,196	10,238
10	10,061	11,122	10,776	11,393
15	9,698	11,028	10,434	10,760
20	10,611	10,302	10,091	10,439
AMARELO (b) ³				
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	14,061	14,437	15,344	14,152
10	13,819	15,291	14,506	14,674
15	13,058	14,506	14,680	13,860
20	14,367	13,994	14,167	13,992
DIFERENÇA DE COR (E) ⁴				
	TESTEMUNH	TRATAMENTO		
		40%	50%	60%
5	56,71	46,38	58,67	54,36
10	56,93	56,23	56,71	58,11
15	56,10	55,52	57,96	57,96
20	57,69	57,12	59,04	59,12

*¹ média = 35,81; erro padrão = 0,43;

*² média = 10,539; erro padrão = 0,125;

*³ média = 14,307; erro padrão = 0,140;

*⁴ média = 6,54 erro padrão = 0,75;