

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, QUÍMICAS E ENZIMÁTICAS
ANTES E APÓS ARMAZENAMENTO EM GRÃOS DE FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris*, L.) SUBMETIDOS A DIFERENTES
TEMPOS E TIPOS DE SECAGEM**

ANNA CHRISTINA DE CARVALHO MOURA

ANNA CHRISTINA DE CARVALHO MOURA

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, QUÍMICAS E ENZIMÁTICAS
ANTES E APÓS ARMAZENAMENTO EM GRÃOS DE FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris*, L.) SUBMETIDOS A DIFERENTES TIPOS E
TEMPOS DE SECAGEM**

**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”.**

Orientadora

Prof. Celeste Marja Patto de Abreu

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

1998

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA**

Moura, Anna Christina de Carvalho

Análises físico-químicas, químicas e enzimáticas antes e após o armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) submetidos a diferentes tipos e tempos de secagem / Anna Christina de Carvalho Moura. – Lavras : UFLA, 1998.

70 p. : il.

Orientadora: Celeste Maria Patto de Abreu.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão - Secagem. 2. Armazenamento. 3. Atividade enzimática. 4. Fenólicos totais. 5. Polifenoloxidase. 6. Composição Química. 7. Composição físico-química. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.07

-664.8055652

ANNA CHRISTINA DE CARVALHO MOURA

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, QUÍMICAS E ENZIMÁTICAS
ANTES E APÓS O ARMAZENAMENTO EM GRÃOS DE FEIJÃO
(*Phaseolus vulgaris*, L.) SUBMETIDOS A DIFERENTES TEMPOS E
TIPOS DE SECAGEM**

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 06 de março de 1998

Prof.^a Vânia Déa de Carvalho

UFLA

Prof.^a Rosemary G. F. A. Pereira

UFLA



Prof.^a Celeste Maria Patto de Abreu

UFLA

(Orientadora)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1998**

“Deus nos concede, a cada dia,
uma página de vida nova no livro
do tempo. Aquilo que colocarmos
nela corre por nossa conta”

(Chico Xavier)

Aos meus pais, Ricardo e Alcione,
à minha irmã Luciane, e ao Luidi,
pela presença constante, amor
e apoio incondicional,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, a todos os seus professores e funcionários, pela oportunidade e ajuda.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

À minha orientadora Celeste Maria Patto de Abreu, pelos conhecimentos transmitidos, auxílio constante no decorrer do experimento e obtenção de resultados e, principalmente, pela amizade e incentivo.

Ao Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas, em especial ao professor Magno Antônio Patto Ramalho, pelo fornecimento do feijão para o experimento e pelos ensinamentos.

Aos funcionários do Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química, Marcelo, Wilson, Joales, Guimarães, Liege e a secretária Vera, pelo auxílio prático e amizade, os quais foram essenciais à realização deste trabalho.

As laboradoras Tina e Sandra, pela colaboração e amizade.

Ao Chefe do Departamento, professor Paulo Clemente; à coordenadora do curso de pós-graduação, Prof^a. Eliana Pinheiro de Carvalho e à secretária Gicelda, pelas informações e orientações indispensáveis.

Ao Prof. Eufêmio S. Gomes Juste Júnior e Prof. Silas Costa Pereira pela contribuição e amizade.

Ao Prof. Nadiel Massahud, Prof. Custódio Donizete dos Santos, Prof^ª. Angelita Duarte Corrêa e Prof^ª. Rosemary G. F. A. Pereira, pelo convívio e pelas inúmeras contribuições.

À amiga Ana Cláudia, pela constante presença, apoio em todos os momentos e amizade incondicional.

Aos meus amigos Pedro Henrique, Celso, Ivana, Daise, Sílvia, Cristiane, Alexandre, Nísia, Ana Helena, Fábio e aos outros colegas da pós-graduação, pelo apoio e, principalmente, pela amizade sincera e excelente convívio.

Aos amigos da Copeve pela constante presença e amizade.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Material Genético.....	4
2.2 Efeitos da Secagem e do Armazenamento no feijão.....	7
2.2.1 Alterações nos Componentes Químicos	7
2.2.2 Peroxidase e Polifenoloxidase.....	9
2.2.3 Compostos Fenólicos	12
2.2.4 Composição Química e Aspectos Nutricionais.....	15
2.2.5 Minerais.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Material.....	20
3.1.1 Matéria-Prima	20
3.2 Secagem, Armazenamento e Embalagem	20
3.3 Métodos e Análises	23
3.3.1 Enzimas.....	23
3.3.1.1 Peroxidase.....	23
3.3.1.2 Polifenoloxidase.....	23
3.3.2 Compostos Fenólicos.....	24

3.3.3 Umidade	24
3.3.4 Determinação de Fibra Bruta.....	24
3.3.5 Determinação da Fração Protéica.....	24
3.3.6 Minerais.....	25
3.3.7 Delineamento Experimental.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Atividade de Peroxidase (PER).....	26
4.2 Atividade da Polifenoloxidase (PFO).....	28
4.3 Fenólicos Totais.....	31
4.4 Umidade	34
4.5 Fibra Bruta.....	37
4.6 Proteína Bruta.....	39
4.7 Minerais.. ..	40
4.7.1 Magnésio.....	40
4.7.2 Ferro.....	42
4.7.3 Potássio.....	44
4.7.4 Enxofre.....	46
4.7.5 Fósforo.....	48
4.7.6 Manganês.....	50
4.7.7 Cálcio.....	52
4.7.8 Cobre.....	53
4.7.9 Zinco.....	55
4.8 Considerações Gerais.....	57
5 CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	66

RESUMO

MOURA, Anna Christina de Carvalho. **Análises físico-químicas, químicas e enzimáticas antes e após o armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem.** Lavras: UFLA, 1998. 70p. (Dissertação, Mestrado em Ciência dos Alimentos).*

No presente trabalho estudou-se o comportamento de três materiais genéticos de *Phaseolus vulgaris* L., Carioca MG (CMG), Carioca e H4, provenientes da região de Lavras, cultivados no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, durante os meses de janeiro a março de 1996 e colhidos no mês de maio. Após a colheita, os grãos dos três feijões foram submetidos a 5 períodos de exposição ao sol (0, 12, 24, 36 e 48 horas) e dois tipos de secagem (com e sem palha) e, posteriormente, armazenados sob condições ambientes durante 8 meses. As análises físico-químicas, químicas e enzimáticas foram realizadas logo após a secagem e repetidas após o armazenamento. Antes do armazenamento, os teores de umidade dos grãos foram mais elevados; após o armazenamento, os grãos entraram em equilíbrio higroscópico. O percentual médio de fibra bruta não apresentou diferenças significativas entre os feijões estudados. Quanto ao valor médio de proteína bruta, o cultivar CMG foi o que apresentou os maiores teores antes e após o armazenamento. Dentre os nove minerais analisados a linhagem H4, antes do armazenamento, foi a que apresentou os maiores níveis percentuais, com exceção do ferro. Após o armazenamento, o cultivar Carioca foi o que apresentou os mais altos teores de minerais. Em relação à atividade enzimática e aos fenólicos totais, notou-se que o cultivar CMG apresentou a maior atividade de peroxidase, polifenoloxidase e fenólicos totais antes do armazenamento, confirmando, portanto, a cor mais escura de seu tegumento logo após a colheita. A linhagem H4, a que apresentou o tegumento mais claro, obteve os menores teores da atividade de peroxidase, polifenoloxidase e fenólicos totais antes e após o armazenamento. O cultivar Carioca, cujo escurecimento, do tegumento foi o mais acentuado ao longo do armazenamento, apresentou, após esse período, os maiores teores de fenólicos totais e atividade da polifenoloxidase equivalente à do cultivar CMG.

* Comitê Orientador: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA (Orientador), Dra. Vânia Déa de Carvalho - UFLA e Dra. Rosemary G. Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA.

ABSTRACT

PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSES, CHEMICAL AND ENZYMATIC BEFORE AND AFTER THE GRAIN STORAGE OF BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.) SUBMITTED TO DIFFERENT TIMES AND TYPES OF DRYING.*

In the present work, the behavior of three genetical materials of the *Phaseolus vulgaris* L., Carioca MG (CMG), Carioca and H4 coming from the region of Lavras, grown in the Biology Department of the Universidade Federal of Lavras during the months of January to March, 1996 and harvested in the month of May, was studied. After harvest, the grains of the three beans were submitted to five periods of sun-exposition (0, 12, 24, 36 e 48 hours) and two sorts of drying (with and without straw) and afterwards stored under room conditions for eight months. The physical - chemical, analyses, chemical and enzymatic were performed soon after drying and repeated after storage. Before storage, the moisture contents of grains were higher, after storage the grains came into hygroscopic equilibrium. The average percent of crude fiber did not show any significant differences among the beans studied. As regards the average value of crude protein, the cultivar CMG was the one which presented the greatest contents both before and after storage. Out of the nine minerals analysed, the line H4 before storage presented the highest percent levels in most, except iron. After storage, the cultivar Carioca was the one presented the highest contents of minerals. As to the enzymatic activity and total phenolics, it was found that the cultivar CMG presented the highest activity of peroxidase, polyphenoloxidase and total phenolics before storage, confirming therefore the darker color of its tegument soon after harvest. The line H4 which presented the lighter tegument, obtained the lowest contents of activity of peroxidase, polyphenoloxidase and total phenolics both before and after storage and the cultivar Carioca the tegument darkening of which was the most marked along storage, presented after this period, the highest contents of total phenolic and polyphenoloxidase equivalent to that of the cultivar CMG.

* Guindance Committee: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA (Major Professor), Dra. Vânia Déa de Carvalho - UFLA and Dra. Rosemary G. Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA .

1 INTRODUÇÃO

Os feijões consumidos no Brasil pertencem à classe *dicotyledoneae*, família *leguminosae*, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris*.

A família das leguminosas inclui, aproximadamente, 600 gêneros contendo cerca de 13000 espécies. Desse grande número de espécies, apenas 12 apresentam importância econômica.

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada entre as demais do gênero (*P. coccineus*, *P. acutifolius*, *P. lunatus*), contribuindo com cerca de 95% da produção mundial (Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1989).

Apesar do feijão ser um dos alimentos mais tradicionais da dieta do brasileiro, nos últimos 25 anos houve grandes oscilações no consumo per capita de feijão, ficando a média, nesse período, em 17,5 Kg/hab./ano. Em 1970, o consumo equivalia a 20,4 kg/hab./ano, em 1983 chegou a 12,5 kg/hab./ano e em 1990 aumentou para 14,5 kg/hab./ano. Em 1994, o consumo alcançou 18,6 kg/hab.ano (Brasil,1995).

Sob o aspecto nutricional, o feijão é a principal fonte de proteína (20 a 28%) da maioria da população brasileira, seguido em importância pela carne bovina e o arroz. Essa importância alimentar deve-se especialmente ao menor custo de sua proteína em relação à de origem animal. Apenas esses três alimentos básicos contribuem com 70% da ingestão protéica.

Quanto ao aporte calórico, o feijão ocupa o terceiro lugar das calorias ingeridas, sendo que o primeiro e segundo lugares cabem ao arroz e ao açúcar, respectivamente.

Em relação aos minerais, os feijões constituem boa fonte de potássio, cálcio, magnésio, zinco e ferro.

Para adequada conservação do feijão, recomenda-se a rápida secagem dos grãos, objetivando evitar perdas consideráveis sofridas pelo produto, devido aos danos produzidos por insetos e microorganismos no período pós-colheita, pois as sementes do feijoeiro recém-colhidas freqüentemente apresentam teor de umidade entre 16 a 20%, inadequado para o armazenamento (Bragantini, 1996).

Fatores de qualidade como massa específica, cor, quebra, viabilidade das sementes e valor nutritivo precisam ser considerados durante o processamento de um produto.

No armazenamento pode ocorrer uma deterioração gradual, irreversível e cumulativa, cuja velocidade e intensidade dependerão do tempo e temperatura de armazenamento, das características intrínsecas dos grãos e principalmente da atividade de água dos mesmos. A perda de qualidade manifesta-se pelo aumento no grau de dureza do feijão, com conseqüentes acréscimos no tempo necessário para cozimento, além de mudanças no sabor e escurecimento do tegumento em alguns cultivares (Sartori, 1996).

Os cultivares de feijão respondem de modo diferente às condições de armazenagem, e é provável que a aceitação ou rejeição de um cultivar pelos agricultores e consumidores esteja relacionada a essa característica. Sendo assim, é fundamental que o material genético em fase final de melhoramento, antes de ser recomendado aos agricultores, seja submetido a uma análise de seu comportamento durante o armazenamento.

Devido ao crescente consumo de produtos processados, cresce a necessidade de melhorar os métodos de avaliação, aparência e qualidade dos produtos, uma vez que a cada dia o público consumidor torna-se mais exigente e preocupado com uma alimentação mais saudável.

Sendo a linhagem H4 e o cultivar Carioca MG recentemente desenvolvidos, objetivaram-se no presente trabalho:

- realizar análises físico-químicas, químicas e enzimáticas nos cultivares Carioca MG e Carioca e na linhagem H4, submetidas a cinco tempos e dois tipos de secagem .
- verificar as características dos três feijões após a secagem.
- verificar as características dos três materiais genéticos após um período de 8 meses de armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Material Genético

A seleção de cultivares de uma cultura como a do feijão, abrange complexos e diversos aspectos qualitativos e quantitativos relacionados a consumidores e agricultores. Características agronômicas desejáveis como elevada produtividade, resistência a pragas e doenças, tolerância a déficit hídrico, entre outros fatores, podem ser obtidos durante o processo de seleção. Porém, a simples coloração do hilo ou forma do grão pode provocar a rejeição do cultivar pelo mercado consumidor (Miranda, 1968).

O feijão é um produto colhido praticamente em duas épocas do ano; a colheita da safra das “águas” inicia-se no mês de novembro e estende-se até o mês de março, concentrando-se em janeiro e fevereiro (85%). Na safra da “seca”, a colheita inicia-se no mês de março e estende-se até julho, concentrando-se em maio e junho (82%).

O número de cultivares de feijão cultivados no Brasil é desconhecido, mas sabe-se que é elevado. A exigência do mercado quanto à cor e ao tipo de grãos varia de região para região. O feijão preto, por exemplo, é o preferido no Rio Grande do Sul, em certas regiões de Santa Catarina e Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo e no Sudeste de Minas Gerais. Em outras partes do Estado de Minas Gerais, a preferência popular recai sobre feijões “de cor”, particularmente o mulatinho, o roxinho e o pardo. Esses tipos também são os mais procurados no Estado de São Paulo.

Diante da diversidade de preferências dos consumidores quanto ao tipo, é natural que certas áreas se especializem na produção de feijões de determinadas cores, tamanhos, formas e brilhos, obedecendo às exigências do mercado local. Dentro de uma área, pode-se encontrar diversas variedades da mesma cor ou tipo. Com frequência, a variedade não passa de mistura de feijões de mesma cor, às vezes, com tamanhos e brilhos diferentes.

O objetivo do melhoramento do feijoeiro é a obtenção de variedades que apresentem alta produtividade aliada à resistência às doenças, com produção de sementes possuindo forma, tamanho, cor e brilho aceitáveis no mercado. Os grãos de feijão devem exibir características culinárias desejáveis, tais como: facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia da casca, capacidade de produzir caldo claro e denso após o cozimento.

Em Minas Gerais, dezenas de variedades são cultivadas, onde umas destacam-se mais que outras. Essa diversidade de variedades tem seus pontos positivos e negativos. Por um lado essa multiplicidade é recomendável sob o ponto de vista fitopatológico, pois segundo vários pesquisadores isso pode dificultar a disseminação de doenças. Por outro lado, dificulta o trabalho do melhorista, uma vez que, além das características desejáveis de produção, qualidade culinária, resistência a doenças e outras, deve-se procurar, também, satisfazer as exigências de um mercado tão variável de feijões pretos, roxos, mulatinhos e outros (Vieira, 1967).

A Universidade Federal de Lavras, através do Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas, desenvolve inúmeros programas de melhoramento genético do feijoeiro, tendo desenvolvido e lançado inúmeros materiais genéticos, sendo que os mais recentes são os feijões Carioca MG e H4.

De acordo com Vilhordo et al. (1996), as plantas de feijoeiro apresentam dois tipos de hábito de crescimento: determinado e indeterminado. O primeiro é também denominado de arbustivo, pelo fato de a planta ser comparativamente baixa, ereta e muito ramificada. O caule principal termina numa inflorescência quando tiver de quatro a oito entrenós, não apresentando alongamento posterior, mesmo sob condições favoráveis de umidade e temperatura ou quando as folhas forem removidas para impedir a produção de frutos. Nos feijoeiros de hábito indeterminado, também chamados de volúveis pela capacidade de enrolarem-se em um suporte, a primeira inflorescência aparece do quinto ao oitavo nó do caule principal, e as demais, progressivamente nos nós que são acrescidos durante o desenvolvimento. Uma planta de tipo volúvel, com porte baixo, pode ter de 15 a 20 nós, mas como acontece em muitos caules indeterminados, o desenvolvimento somente cessa por acidente ou em condições desfavoráveis. Em condições favoráveis, as plantas de hábito indeterminado podem continuar desenvolvendo-se por um longo tempo.

De acordo com os dados obtidos sobre hábito de crescimento em feijoeiro, Vilhordo et al. (1996) propuseram a seguinte classificação, baseada principalmente no tipo de orientação de suas ramificações:

Tipo I - determinado arbustivo, com ramificação ereta e fechada.

Tipo II - indeterminado, com ramificação ereta e fechada

Tipo III - indeterminado, com ramificação aberta

Tipo IV - indeterminado, prostrado ou trepador

O cultivar Carioca MG, provém do cruzamento dos cultivares Carioca 80 e Rio Tibagi (feijão preto), possuindo grãos tipo Carioca, pequenos; porém, com fundo mais escuro, apesar de ser um cultivar que apresenta características positivas, enfrenta o problema de rejeição por parte dos consumidores devido à cor escura de seu tegumento logo após a colheita, o que o faz parecer um feijão já

armazenado. É um cultivar de porte ereto com hábito de crescimento indeterminado tipo II e apresenta-se resistente a algumas raças de *Coletotrichum lindemuthianum*, agente causador da antracnose do feijoeiro.

Sobre a linhagem H4, sabe-se que é proveniente do cruzamento dos cultivares Carioca e Ouro, com isso tem-se grãos semelhantes ao Carioca, de tamanho pequeno, porém com fundo mais claro, o que o torna um feijão com boa aceitabilidade no mercado; possui porte prostrado, sendo o hábito de crescimento indeterminado tipo III. É também resistente à antracnose.

2.2 Efeitos da Secagem e do Armazenamento no feijão

2.2.1 Alterações nos Componentes Químicos

As sementes do feijoeiro recém-colhidas freqüentemente apresentam teor de umidade inadequado para o armazenamento seguro, sendo uma das principais causas da perda das suas qualidades fisiológicas (Bragantini, 1996).

Durante o período em que as plantas arrancadas ficam enleiradas no campo, a semente perde umidade até ser trilhada. Na trilha, pode haver migração de umidade das plantas para os grãos, aumentando a sua umidade antes de ser ensacada. Essa é uma fase na qual a umidade do grão deve ser monitorada, principalmente quando o beneficiamento não for ocorrer imediatamente após a colheita (Bragantini, 1996).

Com a movimentação e conseqüente aeração durante o beneficiamento, há um equilíbrio da umidade dos grãos ao redor de 13-14%, o que propicia maior segurança no armazenamento. Porém, quando a semente ainda apresentar, nessa fase, teor de umidade acima de 13%, é necessário que se proceda à secagem

(Bragantini, 1996), que é a principal operação no sentido de obter um produto de boas características (Puzzi, 1986).

A secagem natural é amplamente difundida no Brasil e a mais utilizada por pequenos agricultores, com predominância sobre a secagem mecânica; a secagem natural consiste na utilização da energia solar e do vento para secar os grãos que são esparramados em uma camada fina (10 cm no máximo) sobre um piso cimentado ou sobre uma lona grande. Os grãos são revolvidos algumas vezes durante o período de exposição ao sol para facilitar a secagem. Depois de um certo período, quando a umidade estiver mais próxima a 13%, as sementes podem ser amontoadas e cobertas durante a noite para que haja um período de difusão da umidade do interior da semente para a periferia. Um dos grandes problemas desse tipo de secagem é a sua dependência das condições ambientais e a dificuldade de manuseio dos grãos quando as quantidades são um pouco maiores (Puzzi, 1986; Bragantini, 1996).

Várias pesquisas mostram que quando o feijão é armazenado por grandes períodos, sua qualidade nutritiva diminui em relação à qualidade de um recém-colhido. O grão de feijão sofre modificações durante o armazenamento, incluindo decréscimo na capacidade de absorção de água, aumento no tempo de cocção, alterações na cor, textura e “flavor”, sendo que essas mudanças são aceleradas em condições de alta temperatura e umidade (Valle-Veja et al., 1990). Molina, De La Fluente e Bressani (1975), estudando feijão preto armazenado por 3 meses à temperatura 22-25°C e umidade relativa 60-70%, e 6 meses a 21°C e umidade relativa 77%, concluíram que ocorreu um decréscimo no valor biológico das proteínas, acompanhado pela redução da solubilidade das mesmas.

Embora muitos fatores possam exercer influência sobre a conservação dos grãos, o teor de umidade é o elemento que governa a qualidade do produto armazenado. Para se obter um armazenamento eficiente, deve-se ter em vista que

o principal fator é o baixo teor de umidade; grãos com alto teor de umidade constituem um meio ideal para o desenvolvimento de microorganismos, insetos e ácaros (Puzzi, 1986).

Em produtos com elevado teor de umidade, a água proporciona mobilidade para as substâncias que reagem em solução, ocorrendo, então, reações de escurecimento enzimático e outras. Em produtos com baixo teor de umidade, a água residual se encontra adsorvida na matéria seca, impossibilitando a reação entre componentes na fase líquida, conservando, assim, a qualidade do alimento (Puzzi, 1986).

Del Giudice, Alvarenga e Conde, (1972), Jordão et al., (1976) e Caulliez et al., (1979) observaram que o feijão se conserva satisfatoriamente por períodos de até 12 meses, com aproximadamente 12% de umidade (65 a 70% de umidade relativa) e temperaturas iguais ou inferiores a 20°C.

Vários estudos desenvolvidos, abordando o efeito das condições de estocagem na conservação da qualidade dos grãos de feijões, demonstram alterações nas suas propriedades físicas, nutricionais e sensoriais (Rozo, Bourne e Hood, 1990).

2.2.2 Peroxidase e Polifenoloxidase

A oxidação enzimática de compostos fenólicos pela peroxidase e polifenoloxidase resulta, reconhecidamente, no escurecimento de tecidos vegetais (Whitehead e Swardt, 1982).

Há uma classe de enzimas nos cereais que catalisam a oxidação de mono e difenóis para quinonas, conhecidas como polifenoloxidases, fenolases, tirosinases, catecolases e cresolases. Essas enzimas estão envolvidas na formação

de materiais poliméricos coloridos. Essa reação pode ser chamada de “escurecimento enzimático” ou “melanização” (Fox, 1991).

Peroxidase é um membro da vasta família das enzimas chamadas de oxiredutases que catalizam a oxidação de um número de amins aromáticas e fenóis pelo peróxido de hidrogênio.

A peroxidase catalisa a reação geral : $ROOH + AH_2 \rightarrow H_2O + ROH + A$, sendo que ROOH pode ser HOOH ou outro peróxido orgânico, como éter peróxido, peróxido de hidrogênio etílico ou peróxido butílico. A reação enzimática processa-se por meio de um número de complexos intermediários (Fox,1991).

Araújo (1995) relata que a peroxidase é uma enzima importante sob os pontos de vista nutricional, de coloração e de “flavor”. A atividade da peroxidase pode levar à destruição da vitamina C e descoloração de caratenóides e antocianinas, além de catalisar a degradação não-enzimática de ácidos graxos insaturados, com conseqüente formação de compostos voláteis (sabor oxidado). A atividade da peroxidase está associada ao aparecimento de sabores estranhos em alimentos termicamente processados de maneira inadequada, sem que ocorra a inativação da enzima.

De acordo com Araújo (1995), o escurecimento de frutas e de certos vegetais é iniciado pela oxidação de compostos fenólicos causada pelas polifenoloxidasas (PFOs). O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando melanina.

As reações de escurecimento enzimático ocorrem no tecido vegetal quando há ruptura da célula e a reação não é controlada, muito embora, no tecido intacto de frutas e vegetais possa também ocorrer o escurecimento; por exemplo,

em situações de inibição da respiração durante o armazenamento em atmosfera controlada, no uso de embalagem imprópria, na deficiência de ácido ascórbico no tecido vegetal, no armazenamento a frio e na radiação ionizante (Araújo, 1995).

A reação de escurecimento em frutas, vegetais e bebidas é um dos principais problemas na indústria de alimentos. Estima-se que em torno de 50% da perda de frutas tropicais no mundo é devida à enzima polifenoloxidase. A ação dessa enzima resulta na formação de pigmentos escuros, frequentemente acompanhados de mudanças indesejáveis na aparência e nas propriedades organolépticas do produto, resultando na diminuição da vida útil e no valor de mercado (Araújo, 1995).

A enzima polifenoloxidase (PFO) é encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais, em concentrações especialmente altas em cogumelo, batata, pêssago, maçã, banana, manga, folhas de chá, abacate e café. Sua atividade pode ser variada em função da variedade, do estágio de maturação e das condições de cultivo; tão logo ocorra a ruptura do tecido, inicia-se a reação de escurecimento (Araújo, 1995).

O feijão do tipo “Pinto”, com 14,7% de umidade, foi armazenado durante seis meses a 25°C e 75% UR em: a) sacos de algodão, b) recipientes com fluxo forçado de ar e c) recipientes com fluxo forçado de nitrogênio. O grão armazenado sob nitrogênio conservou o tegumento claro, característico de feijão recém-colhido, durante todo o período de armazenamento. No feijão armazenado sob aeração forçada e em sacos de algodão houve um escurecimento significativo do tegumento após dois, quatro e seis meses de armazenamento, não havendo, contudo, diferenças significativas entre os dois tratamentos. A coloração dos tegumentos foi medida pela porcentagem de reflectância relativa (valores Agtron). Segundo o autor, o fato do escurecimento do tegumento não ter sido verificado na ausência de oxigênio, apesar da temperatura relativamente elevada (25°C),

indicaria que o escurecimento não é devido a reações químicas do tipo Maillard, mas sim à oxidação enzimática de compostos fenólicos pela polifenoloxidase; na realidade, a única reação de escurecimento que é dependente da presença de oxigênio (Elias, Bressani e Flores, 1973).

Em feijões com tegumento colorido, as concentrações de tanino, uma substância fenólica, são altas (38-43 mg/g) quando comparadas às de feijão com tegumento branco (1-3 mg/g) (Elias, Bressani e Flores, 1973). A oxidação de taninos pode ser catalisada pela catecol-oxidase, uma polifenoloxidase presente no próprio tegumento e cuja atividade depende da presença de oxigênio (Luh e Phithakpol, 1972).

Em um estudo realizado por Iaderoza et al., (1989) em seis cultivares de *Phaseolus vulgaris* L., os autores obtiveram os seguintes valores para atividade de polifenoloxidase no cultivar Carioca 80, durante o período de armazenamento de 0, 90, 180, 270 e 360 dias: 50,0; 75,0; 58,0; 43,5 e 83,3 un/mL respectivamente, quando o armazenamento foi realizado a 7°C, e foram encontrados valores de 50,0; 50,0; 33,3; 58,5 e 20,0 un/mL para os mesmos períodos de armazenamento, porém com a temperatura de armazenamento de 25°C.

2.2.3 Compostos Fenólicos

A expressão compostos fenólicos abrange um extenso grupo de substâncias que possuem um anel aromático contendo pelo menos uma hidroxila (Ribéreau - Gayon, 1972). Esses compostos incluem: fenóis simples e outros glicosilados, ácidos fenol-carboxílicos, derivados dos ácidos benzóico e cinâmico, α -pirones (coumarinas e isocoumarinas), ligninas, flavanóides (flavononas, antocianinas e catequinas) e quinonas. Em geral, tendem a ser solúveis em água,

uma vez que ocorrem freqüentemente na forma de glicosídeos e localizados usualmente nos vacúolos celulares (Harborne, 1989).

Os compostos classificados como ácidos fenólicos e derivados, taninos e flavonóides, são grupos de substâncias naturais largamente distribuídos no reino vegetal, e também nos produtos originários desses vegetais; ocorrem nos grãos de cereais e leguminosas e em quantidades apreciáveis em certos cultivares pigmentados de sorgo, painço e alguns feijões (Deshpande, Cheryan e Salunkhe, 1986).

Dentre os compostos fenólicos, os taninos são os que apresentam maior importância em leguminosas. Eles possuem a propriedade de formar complexos coloridos com sais de ferro, compostos insolúveis com sais de chumbo e de sofrer substituição eletrofilica aromática de acoplamento com sais de diazônio e aldeídos (Haslam, 1979).

Os taninos presentes nas leguminosas consistem de uma série de fenóis poliméricos. São insolúveis em solventes apolares, tais como éter, clorofórmio e benzeno e levemente solúveis em acetato de etila, água e álcool, formando soluções coloidais, isso devido à presença de grupos polares (Deshpande, Cheryan e Salunkhe, 1986).

O escurecimento do tegumento tem sido atribuído à presença de compostos fenólicos e, nos últimos anos, as pesquisas intensificaram-se a respeito do papel que esses compostos podem ter em leguminosas e especialmente no feijão. Esses compostos ocorrem naturalmente nas sementes de cereais e leguminosas e, se presentes em grandes quantidades, podem diminuir a biodisponibilidade de proteínas e minerais (Iaderoza et al., 1989).

O conteúdo dos compostos polifenólicos varia de acordo com a coloração da casca onde se encontram. Em feijões marrons, pretos, vermelhos e brancos, o

teor médio é de 7,8 mg, 6,6 mg, 12,6 mg e 2,3 mg/g de equivalentes de catequina, respectivamente (Bressani, 1993).

Pinn (1992) relata que o conteúdo de fenólicos totais encontrados no cultivar Carioca é de 2,6 mg/g, expressos em equivalentes de catequina.

Em amostras de feijão dos cultivares Moruna 80, Aroara 80 e Rico 23, o teor de fenólicos totais foi de 1,5 mg/g, 3,3 mg/g e 2,7 mg/g, respectivamente, em equivalentes de catequina (Coelho, 1987).

Elias, Fernandez e Bressani (1979) trabalharam com amostras de feijão comum e encontraram, em equivalentes de ácido tânico/g de amostra, 3,8 e 3,9 para dois cultivares de feijão branco; 9,3 para um vermelho e 9,2 e 6,7 para dois cultivares pretos.

A presença de compostos fenólicos em feijões despertou interesse pelo estudo da influência dessas substâncias na dureza do grão. Mejía (1982), armazenando feijões negros (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de temperatura e umidade relativa do ar elevadas, verificou uma diminuição significativa dos teores de polifenóis durante o armazenamento, além do aumento da atividade da enzima polifenoloxidase, da dureza e do tempo de cozimento do grão. A redução do conteúdo polifenólico está associada à polimerização desses pela ação da polifenoloxidase.

A polimerização dos fenóis com a formação de lignina também pode estar relacionada com a enzima peroxidase. Rivera et al. (1989), estudando o efeito de pré-tratamentos e das condições de armazenamento sobre a atividade dessa enzima, observou que feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados sob condições tropicais demonstraram uma redução substancial da atividade da peroxidase. De acordo com Hincks e Stanley (1987) e Plhak et al. (1987), essa enzima pode estar envolvida no processo de lignificação da lamela média dos cotilédones.

Srisuma et al. (1989), armazenando feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) em três condições: a) 5°C e 40% UR; b) 23°C e 73% UR; c) 35°C e 80% UR, durante 9 meses, verificaram um aumento de ácidos fenólicos, principalmente o ácido ferúlico dos grãos endurecidos pela armazenagem em condições elevadas de temperatura e umidade relativa do ar. Esses autores sugerem que a resistência à cocção dos feijões ocorra em função da interação desses ácidos com pectinas e/ou proteínas na lamela média, provavelmente, pela ação catalítica da peroxidase.

A contribuição dos polifenóis no endurecimento dos feijões pode, também, estar associada com a formação de complexos proteína-lignina. Molina, De La Fluente e Bressani (1975) observaram valores maiores de proteína lignificada em feijões armazenados a 25°C do que em grãos armazenados a 4°C.

Os polifenóis podem ser responsáveis pelo endurecimento dos feijões através de dois mecanismos: por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes; o primeiro, dificultando a penetração da água, e o segundo, limitando a capacidade de embebição.

2.2.4 Composição Química e Aspectos Nutricionais

A composição centesimal do feijão varia de acordo com o local do plantio, fatores ambientais e com o cultivar. Em média, o conteúdo de proteínas situa-se entre 22 e 26%; carboidratos entre 62 e 67%; cinzas 3,8 e 4,5%, lipídeos 1,0 e 2,0% e fibra bruta 3,8 e 5,7% (Barampama e Simard, 1993).

Segundo Soares, Della Modesta e Carvalho (1996), o *Phaseolus vulgaris* L. possui, em média, de 4,5 a 13,0% de fibras alimentares.

Do ponto de vista nutricional, um aspecto importante é o aumento da qualidade protéica de dietas mistas contendo feijões e cereais, tais como, arroz e

milho, em decorrência do efeito complementar do alto conteúdo de lisina do feijão com os aminoácidos sulfurados dos cereais. O hábito da população brasileira em ingerir arroz com feijão torna o valor biológico da proteína da dieta próximo das proteínas de origem animal (Bressani, 1993).

De acordo com Paredes-López, Maza-Calvino e Castaneda-Gonzalez (1989), o endurecimento dos feijões não é capaz de provocar modificações na temperatura de gelatinização do amido; embora o armazenamento dos grãos possa promover alterações químicas e ou estruturais no amido, levando a uma depreciação da qualidade geral e do valor nutritivo do produto.

Segundo Hohlberg e Stanley (1987), outro componente que sofre alterações durante o endurecimento dos grãos de leguminosas é a proteína; feijões armazenados em duas condições: a) 25°C e 65% UR; b) 30°C e 80% UR, em um período de 10 meses, apresentaram um aumento significativo de pequenos peptídeos provenientes da hidrólise de proteínas de alto peso molecular, além de teores de aminoácidos aromáticos no extrato protéico.

2.2.5 Minerais

Um dos fatores mais importantes na determinação da qualidade dos alimentos é o seu conteúdo de vitaminas e minerais, e um dos problemas na avaliação do significado nutricional dos dados de consumo dietético é a informação insuficiente a respeito da composição dos alimentos. Muitos nutrientes importantes não são contemplados nas tabelas de composição dos alimentos publicadas, e, por outro lado, não se conhece com exatidão a biodisponibilidade de muitos desses nutrientes em alimentos específicos. Em razão das influências de ordem genética, características do solo, de colheita, etc.,

alimentos provenientes de diferentes regiões podem apresentar distintas composições nutritivas (Krause e Mahan, 1991).

A importância do arroz, trigo, milho, feijão e farinha de mandioca na alimentação humana, levou pesquisadores de 12 países a buscarem variedades genéticas mais nutritivas. O objetivo é fazer com que os solos pobres produzam alimentos com nutrientes normalmente escassos, como ferro, zinco e diversas vitaminas (Tannenbaun et al., 1993).

Os elementos minerais apresentam-se no organismo e nos alimentos em combinações orgânicas e inorgânicas. Atualmente, são conhecidos 21 elementos minerais essenciais à nutrição. Os minerais no organismo compreendem cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, cloro, magnésio, ferro, zinco, selênio, manganês, cobre, iodo, molibdênio, cobalto, cromo, flúor, vanádio, níquel, estanho e silício. O corpo humano contém quantidades relativamente pequenas de minerais individuais, aproximadamente de 4 a 5% do peso do corpo humano consiste de minerais, comparadas com aproximadamente 14 a 16% de proteínas e 12 a 20% de gorduras (Lehnhger, 1986).

A importância e função biológica dos minerais justificam o direcionamento de estudos que levem à determinação de sua concentração nos alimentos e na quantificação de sua ingestão (Lehnhger, 1986).

A Food and Agriculture Organization (1985) estabelece a ingestão de 400 a 500 mg de cálcio diariamente para o homem e a mulher adultos normais.

O magnésio ocorre abundantemente em alimentos de origem vegetal, nos quais é um constituinte essencial de clorofila (Krause e Mahan, 1991). O National Research Council (1989) recomenda a ingestão de 350 mg/ dia para homens adultos e 280 mg/ dia para mulheres adultas.

As melhores fontes de ferro são fígado, ostras, animais marinhos com conchas, rins, coração, carnes magras, aves e peixes. Alguns outros alimentos

que contém ferro são gema de ovo, frutas secas, melão escuro, pães de trigo integral e enriquecidos, vinhos, feijões e cereais (Krause e Mahan, 1991). De acordo com a National Research Council (1989), homens, mulheres após a menopausa e crianças de 6 meses até 10 anos de idade devem ingerir 10 mg/ dia de ferro. Para mulheres e adolescentes do sexo feminino, a recomendação é de 15 mg/ dia. Adolescentes do sexo masculino devem ingerir 12 mg/ dia.

Os alimentos pobres em ferro têm uma notável falta de pigmentação, o que é significativo, já que todos os sais de ferro são coloridos e geralmente dão cor aos alimentos ricos deste elemento (Mitchell et al., 1978).

O conteúdo de zinco dos alimentos é muito variável. Ele deve prover de uma dieta balanceada que contenha proteína animal suficiente. Carne, fígado, ovos e alimentos do mar, principalmente ostras, são boas fontes de zinco, contendo de 1,0 a 6,0 mg de Zn/ 100 g. Feijões contém aproximadamente 1,0 mg/100 g (Krause e Mahan, 1991). A National Research Council (1989) estabeleceu 15 mg/ dia para adolescentes e adultos do sexo masculino e 12 mg/ dia para a mulher.

O feijão é rico principalmente em potássio (cerca de 1%, correspondente a 25-30% do conteúdo total de minerais), fósforo (cerca de 0,4%), ferro (cerca de 0,007%), cálcio, cobre, zinco e magnésio, entre outros, e pobre em sódio, o que acarreta em vantagens nutricionais (Sathe, Deshpande e Salunkhe, 1984).

Em um trabalho no qual foram analisadas quatro variedades cultivadas em Burundi, a média encontrada foi de 525 mg de potássio, 55 mg de cálcio, 7,3 mg de zinco, 7,6 mg de ferro, 0,9 mg de cobre, 456 mg de fósforo e 38 mg de magnésio por 100 g de base seca (b.s) (Barampama e Simard, 1993).

Pesquisas realizadas por Pinn (1992) em feijões do cultivar Carioca apresentaram um conteúdo de 360 mg de potássio, 56 mg de cálcio, 2,7 mg de zinco, 16,5 mg de ferro e 0,7 mg de cobre por 100 g (b.s)

Uma porção de 170 g de feijão cozido (65% de umidade) equivale a 10% das necessidades diárias de cálcio e zinco, 20% das de potássio e cobre, 20 a 25% das de fósforo, magnésio e manganês e 29 a 55% das de ferro para mulheres e homens, respectivamente (Sathe, Deshpande e Salunkhe, 1984).

Outro fator importante a ser considerado a respeito dos minerais, é sobre a atuação de vários deles como co-fatores. A função catalítica das enzimas não se deve somente à sua constituição protéica, mas também, nos casos devidos, à presença de elementos chamados co-fatores. Esses co-fatores são íons mono e bivalentes (Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+}) e diferentes substâncias orgânicas. Co-fatores orgânicos podem fixar-se à proteína enzimática por união forte (ligação covalente) ou fraca (ligação não covalente); no primeiro caso, tem ação específica e é o grupo prostético; no segundo caso, o co-fator liga-se temporariamente à proteína e é denominado co-enzima (Evangelista, 1992).

As peroxidases e polifenoloxidasas são enzimas oxidativas, sendo a primeira uma oxidase férrica e a segunda uma oxidase cúprica. As peroxidases apresentam grupo prostético hemo e a polifenoloxidase tem o cobre como grupo prostético (Evangelista, 1992).

Os metais, quer estejam firmemente ligados à molécula da enzima, quer sejam captados da solução junto com o substrato, podem participar de várias formas de catálise. As interações iônicas entre um metal ligado à enzima e o substrato podem ajudar a orientar o substrato para a reação ou estabilizar estados de transição carregados da mesma; os metais podem também mediar reações de oxido-redução por mudanças reversíveis no estado de oxidação do íon metálico. Aproximadamente um terço de todas as enzimas conhecidas requerem um ou mais íons metálicos para a atividade catalítica (Lehninger; Nelson e Cox, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Matéria-Prima

Os feijões utilizados no presente estudo foram fornecidos pelo Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA)/ Lavras/ MG.

Utilizaram-se feijões dos cultivares Carioca e Carioca MG (CMG) e da linhagem H4, sendo que os três materiais genéticos foram cultivados no Campus da UFLA durante os meses de janeiro a março de 1996 e colhidos no mês de maio de 1996.

3.2 Secagem, Armazenamento e Embalagem

Após a colheita, os feijões com e sem palha foram submetidos à secagem natural no Departamento de Biologia, Setor de Genética e Melhoramento de Plantas da UFLA. O produto permaneceu no terreiro cimentado durante um período de 48 horas, sendo que as amostras para a realização das análises foram coletadas de 12 em 12 horas, com exceção da primeira amostra, coletada logo após a colheita (tempo 0).

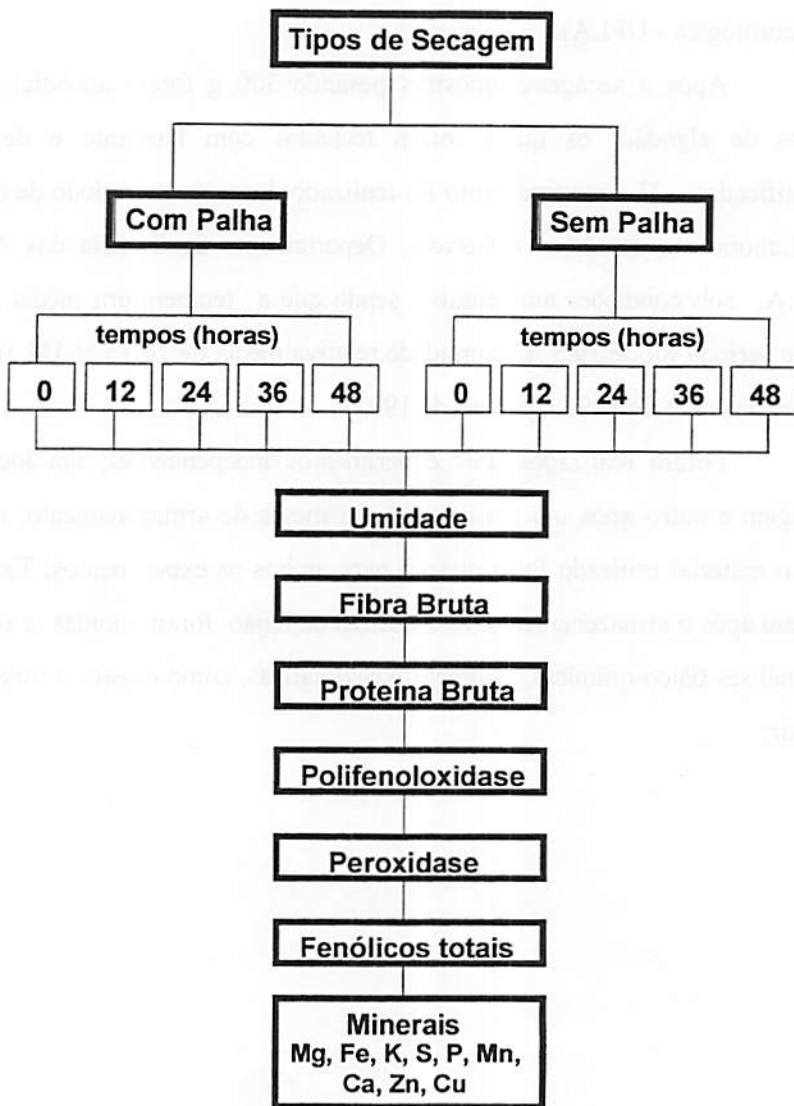
Nos feijões CMG e H4, a secagem tanto dos grãos com palha quanto dos grãos sem palha foi feita simultaneamente nos dias 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21

de maio e 05 de junho de 1996, recebendo um total de 43,4 horas de insolação (Estação Meteorológica - UFLA). A secagem do cultivar Carioca tanto dos grãos com palha quanto dos sem palha ocorreu nos dias 05, 06, 07, 08 e 09 de junho de 1996, os quais receberam um total de 40,9 horas de sol (Estação Meteorológica - UFLA).

Após a secagem, amostras pesando 300 g foram acondicionadas em sacos de algodão, os quais foram fechados com barbante e devidamente identificados. O armazenamento foi realizado durante um período de oito meses no Laboratório de Grãos e Cereais, Departamento de Ciência dos Alimentos/ UFLA, sob condições ambientais, sendo que a temperatura média registrada neste período foi de 19,5 °C e umidade relativa média de 74,15 % UR (média dos meses de junho de 1996 a janeiro de 1997).

Foram realizados dois experimentos independentes, um logo após a secagem e outro após um período de oito meses de armazenamento; ressalta-se que o material utilizado foi o mesmo para ambos os experimentos. Tanto antes quanto após o armazenamento, as amostras de feijão foram moídas e submetidas às análises físico-químicas, químicas e enzimáticas, como mostra o fluxograma, a seguir:

Esquema das Análises físico-químicas, químicas e enzimáticas realizadas antes e após o armazenamento nas amostras dos três materiais genéticos estudados.



3.3 Métodos e Análises

3.3.1 Enzimas

3.3.1.1 Peroxidase

A atividade enzimática da peroxidase ou PER (unidade/g de tecido) foi determinada de acordo com a técnica descrita por Fermann e Diamond (1967), com algumas modificações. O extrato enzimático foi obtido pela homogeneização de 0,5g de amostra em 15 mL tampão fosfato 0,1M, pH 6,0, durante 3 minutos a 4°C. Um mililitro de extrato enzimático foi incubado com 0,4 mL de peróxido de hidrogênio a 3%, e 2,0 mL de tampão fosfato-citrato 0,1 M, pH 5,0 e 0,4 mL de guaiacol durante 15 minutos a 30°C. Após ter sido retirado do banho-maria, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 470 nm. Uma unidade enzimática foi considerada como a quantidade de enzima que provocou o aumento de 0,001 unidades de absorbância por minuto de reação nas condições do ensaio.

3.3.1.2 Polifenoloxidase

Determinada de acordo com a técnica descrita por Ponting e Joslyn (1948), com algumas modificações. O extrato enzimático utilizado no doseamento foi o mesmo da peroxidase. 1,0 mL do extrato foi incubado com 3 mL de DOPA 0,005 M (substrato), na presença de 1,0 mL de glicina 0,2 M, durante uma hora a 35°C. Após ter sido retirado do banho-maria, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi feita em espectrofotômetro à 420 nm. A atividade enzimática de PFO foi expressa em unidade/g de tecido. Uma unidade enzimática

foi considerada como a quantidade de enzima que provocou o aumento de 0,001 unidades de absorvância por minuto de reação, nas condições do ensaio.

3.3.2 Compostos Fenólicos

Extraído pelo método de Swain e Hillis (1959) utilizando metanol (80%) como extrator e identificados de acordo com o método de Folin - Denis, descrito pela AOAC (1990).

3.3.3 Umidade

Foi determinada por secagem em estufa a 105^o C até obtenção de peso constante, segundo procedimento da AOAC (1990).

3.3.4 Determinação de Fibra Bruta

Extraída por hidrólise ácida, segundo a metodologia de Von de Kamer e Van Ginkel (1952).

3.3.5 Determinação da Fração Protéica

Determinada pelo método Kjeldahl (semi - micro), conforme procedimento da AOAC (1990). Os resultados foram expressos em gramas de proteína por 100 gramas de amostra “in natura” ou seca, empregando-se 6,25 como fator de conversão de nitrogênio.

3.3.6 Minerais

As determinações de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e S foram feitas segundo Sarruge e Haag (1974) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Os extratos da matéria seca foram obtidos por digestão nitroperclórica. O P e S foram determinados por colorimetria, segundo método da AOAC (1990); Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e K por fotometria de chama.

3.3.4. Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo que os fatores analisados foram dispostos num esquema fatorial (3 X 2 X 5) nos dois experimentos, antes e após o armazenamento, onde estudou-se o comportamento dos três feijões (CMG, Carioca e H4) submetidos a dois tipos de secagem natural (secagem com e sem palha), durante cinco períodos de exposição ao sol (0, 12, 24, 36 e 48 horas). A parcela experimental foi composta de 300 gramas de feijão, sendo utilizadas duas repetições para todos os tratamentos.

As comparações múltiplas entre as médias dos parâmetros estudados foram realizadas utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os modelos de regressão polinomiais foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e, também pelo coeficiente de determinação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atividade de Peroxidase (PER)

A atividade da peroxidase está representada na Figura 1. Observou-se que a atividade desta enzima apresentou diferenças significativas entre as três causas de variação estudadas (Tabela 3 A - apêndice).

O cultivar CMG apresentou atividade enzimática sensivelmente diferenciada das demais, com valores aproximadamente três vezes maiores, confirmando, portanto, a cor escura de seu tegumento logo após a colheita.

O pico da atividade ocorreu após 12 horas de secagem nos cultivares CMG, seco sem palha e Carioca, seco com e sem palha, no cultivar CMG, seco com palha a maior atividade foi observada no tempo 0 de secagem e na linhagem H4, seco com e sem palha, os picos ocorreram às 24 horas de secagem .

Verifica-se que a atividade enzimática da peroxidase foi levemente maior nos cultivares CMG e Carioca, que foram submetidos à secagem do grão integral, sem a presença da palha, em relação à secagem com palha. Esse fato pode ter ocorrido devido à temperatura mais elevada na massa de grãos e também mais adequada à atividade enzimática da peroxidase.

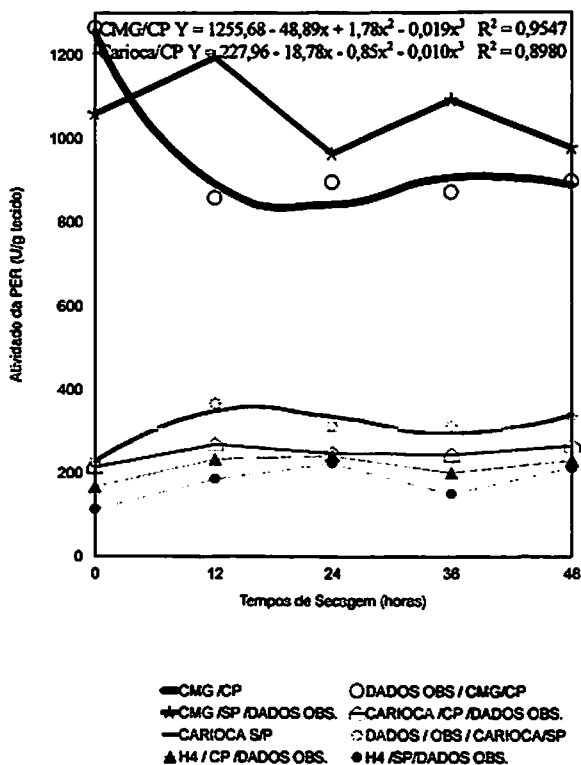


FIGURA 1: Curvas e equações de regressão representativas dos níveis de atividade da PER (U/g tecido), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) antes do armazenamento.

Observa-se que, após o armazenamento, houve um sensível aumento da atividade da peroxidase nos três feijões em questão. O cultivar que apresentou maior atividade foi o CMG, com a atividade média de 2122,715 U/g de tecido, seguido do cultivar Carioca com atividade média de 1989,595 U/g de tecido e da linhagem H4 que apresentou a menor atividade, média de 440,774 U/g tecido. Nota-se que no cultivar CMG a atividade da peroxidase foi mais elevada quando a secagem procedeu-se com a palha; no Carioca, a atividade enzimática foi maior

nos grãos secos sem a palha; na linhagem H4, o tipo de secagem não influenciou na atividade da peroxidase (Tabela 1).

Após o período de armazenamento, os grãos de feijão do cultivar Carioca foram os que apresentaram visualmente o maior escurecimento do tegumento em relação ao dia da colheita, mesmo assim, ainda apresentaram-se mais claros que o CMG no final do armazenamento. Já os da linhagem H4 apresentaram o menor escurecimento, isso verifica-se pela análise dos resultados, quando comparados com os resultados dos grãos sem armazenamento.

TABELA 1: Níveis de atividade da PER (U/g tecido) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)	2363,878 a A	1733,759 b B	514,814 c A
Secagem sem palha (SP)	1881,552 b B	2245,431 a A	366,734 c A
Média	2122,715	1989,595	440,774

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.2 Atividade da Polifenoloxidase (PFO)

A atividade de polifenoloxidase apresentou níveis médios de 238,17; 227,96 e 37,91 U/g de tecido para os feijões Carioca, CMG e H4 respectivamente; ressalta-se que os valores encontrados para os cultivares Carioca e CMG não diferiram estatisticamente entre si.

Pela Figura 2, nota-se que no cultivar CMG, o nível máximo da atividade da polifenoloxidase ocorreu no tempo 0 de secagem, decrescendo após esse período. No cultivar Carioca observa-se o inverso, a atividade teve seu nível máximo após 48 horas de secagem. A linhagem H4 foi a que apresentou a menor atividade da enzima, permanecendo mais ou menos estável ao longo do período de secagem.

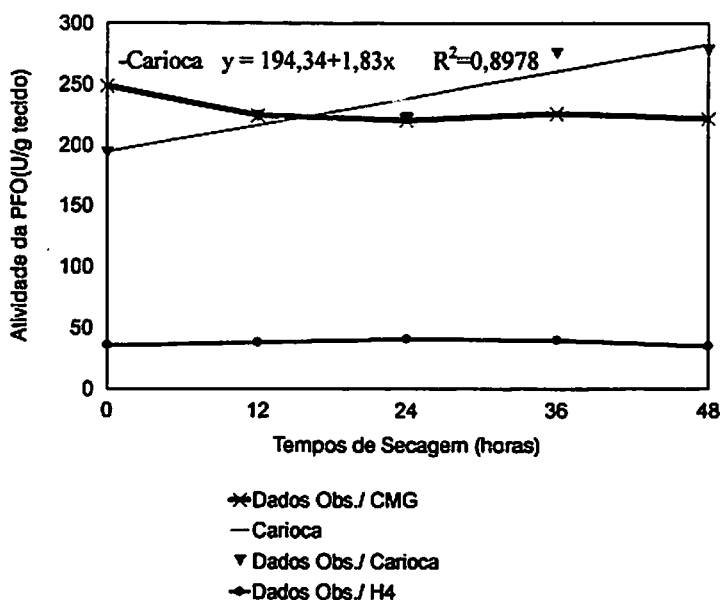


FIGURA 2: Curvas e equações de regressão representativas dos níveis de atividade da PFO (U/g tecido), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) antes do armazenamento.

Após 8 meses de armazenamento, ocorreu um decréscimo da atividade de polifenoloxidase nos cultivares CMG e Carioca; esse decréscimo na atividade foi também notado por Iaderoza et al. (1989), que observaram decréscimos de 22 a 48% na atividade de polifenoloxidase em cultivares de feijão armazenados a

25°C. Apenas na linhagem H4 observou-se um pequeno aumento da polifenoloxidase em relação aos grãos sem armazenamento.

O cultivar CMG apresentou a maior atividade de polifenoloxidase: 128,042 U/g de tecido, sendo esse cultivar o de tegumento mais escuro, seguido do cultivar Carioca, com 73,87 U/g de tecido, e da linhagem H4, com teor médio de 57,88 U/g de tecido (Figura 3). Esses valores, entretanto, discordam do estudo de Hohlberg e Stanley (1987), que não encontraram atividade de polifenoloxidase (catecolase) nos extratos de proteína obtidos de feijão preto armazenados durante 10 meses, sob três condições ambientais (30 °C e 85% UR, 25 °C e 65% UR e 15 °C e 35% UR). Porém, Iaderoza et. al (1989) encontraram atividade dessa enzima no cultivar Carioca 80 durante o período de armazenamento de 360 dias. Essas discordâncias podem ser devidas a diferenças inerentes aos feijões estudados.

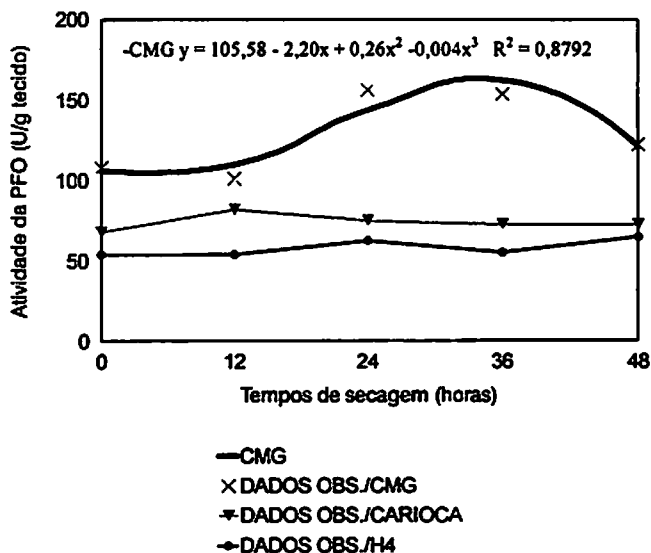


FIGURA 3: Curvas e equações de regressão representativas dos níveis de atividade da PFO (U/g tecido), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) após o armazenamento.

4.3 Fenólicos Totais

O cultivar CMG foi o que apresentou o maior conteúdo de fenólicos totais, tendo um teor médio de 363,65 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s. Como mostra a Figura 4, o maior nível ocorreu no tempo 0 de secagem. No cultivar Carioca, o teor médio de fenólicos foi de 313,25 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s e o teor mais elevado foi também observado a 0 hora de secagem. A linhagem H4, que possui tegumento branco, foi a que apresentou o menor nível de fenólicos totais (291,55 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s). Pinn (1992) encontrou um conteúdo de compostos fenólicos totais de 260 mg em equivalentes de catequina/100 g de tecido b.s para o cultivar Carioca e Bressani (1993) encontrou em feijões brancos, 230 mg em equivalentes de catequina/100 g de tecido b.s.

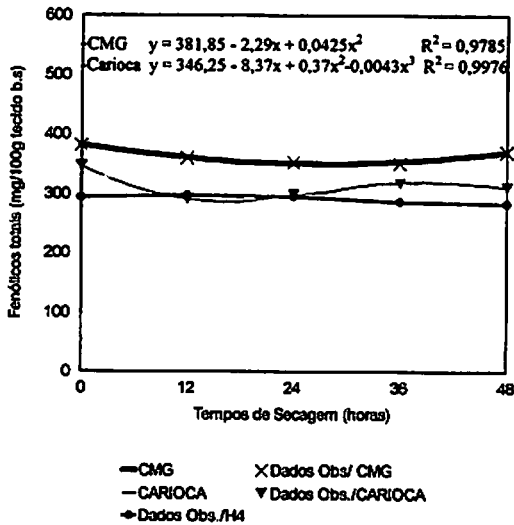


FIGURA 4: Curvas e equações de regressão representativas dos níveis de fenólicos totais (mg de ácido tânico/100g tecido b.s), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) antes do armazenamento.

De acordo com a Figura 5, nota-se que o cultivar Carioca foi o que apresentou os maiores teores de fenólicos totais, tanto na secagem com palha quanto na sem palha, após o período de armazenamento. Esses conteúdos foram de 408,10 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s para a secagem com palha e 346,50 mg de ácido tânico/100g para a secagem sem palha, tendo um nível médio de 377,30 mg de ácido tânico/100g de tecido b.s. Nos feijões CMG e H4, notam-se que os grãos submetidos à secagem sem palha apresentaram os teores mais elevados de fenólicos totais, quando comparados aos grãos secos com a palha; esses teores foram de 390,60 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s (secagem sem palha) para o cultivar CMG, e 266,70 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s (secagem com palha), e para a linhagem H4, de 233,10 (secagem sem palha) e 214,90 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s (secagem com palha), sendo os valores médios entre os dois tipos de secagem de 328,65 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s para o CMG e 224,00 mg de ácido tânico/100 g de tecido b.s para a linhagem H4.

Observou-se, ainda, que os teores máximos de fenólicos totais nos cultivares CMG e Carioca secos com palha ocorreram após 48 horas de secagem. No CMG, quando a secagem procedeu-se sem a palha, os níveis mais elevados foram notados no período compreendido entre 12 e 24 horas. Nos feijões Carioca, cujos grãos foram secos sem a palha, e na linhagem H4, na secagem com e sem palha, observam-se os máximos níveis após 36 horas de secagem.

Os feijões CMG e H4 apresentaram um decréscimo nos teores de fenólicos totais após o armazenamento. Já o cultivar Carioca apresentou um leve aumento nos seus conteúdos de fenólicos totais, sendo também observado um maior escurecimento do tegumento em relação aos demais, após o período de armazenagem. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Iaderoza

et al. (1989) quanto à alteração dos compostos fenólicos. Em seus estudos nota-se que aos 3 meses de armazenamento, tanto a 7°C como a 25°C, ocorreu um aumento no teor de taninos condensados em 6 cultivares estudados, porém, aos seis meses, todos os cultivares apresentaram valores menores que os valores observados aos 3 meses, sendo que apenas os cultivares Carioca 80 e Aroana, estocados a 25°C, apresentaram valores maiores que os observados no início do experimento.

Pelos resultados apresentados, observaram-se que os cultivares CMG e Carioca apresentaram teores de fenólicos totais superiores à linhagem H4, confirmando que esse parâmetro está intimamente ligado à cor do tegumento, já que a H4 é a linhagem que apresenta-se com tegumento mais claro.

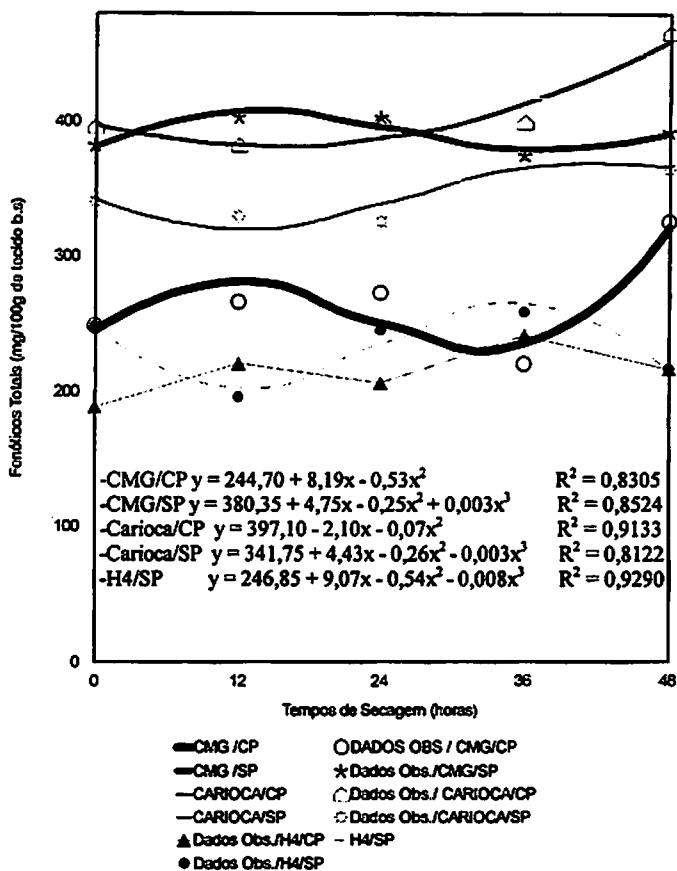


FIGURA 5: Curvas e equações de regressão representativas dos níveis de fenólicos totais (mg de ácido tânico/100g tecido b.s), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) após o armazenamento.

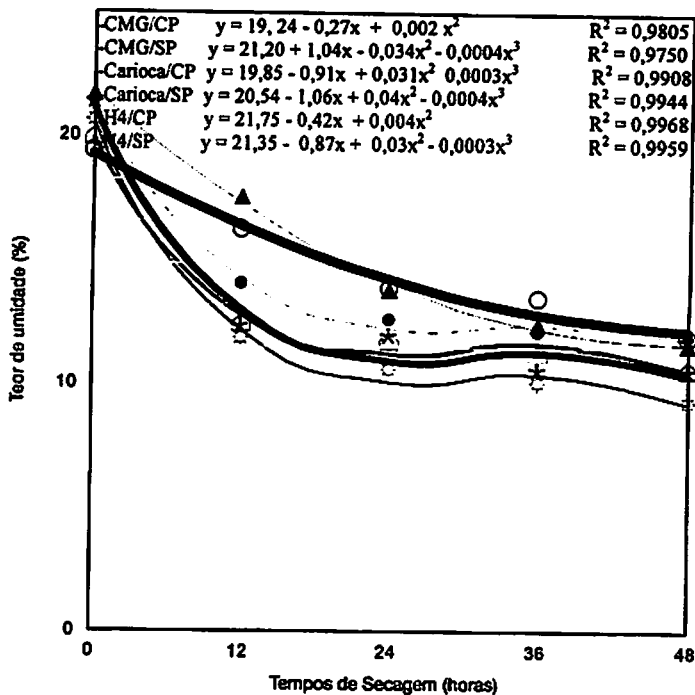
4.4 Umidade

As curvas de secagem dos três feijões estão representadas na Figura 6, na qual observa-se que as mesmas apresentaram mesma tendência nos dois tipos de secagem, com palha (CP) e sem palha (SP).

O teor médio de umidade inicial dos cultivares CMG e Carioca e da linhagem H4 foi de 19,38%; 19,94% e 21,68% respectivamente para a secagem com palha, e 21,37%; 20,62% e 21,42% para a secagem sem palha.

Os resultados mostram que durante o período de secagem sem palha, os feijões apresentaram, no geral, índices menores de umidade, devido a maior exposição do grão ao ambiente de secagem. O cultivar que apresentou menor teor de umidade após 48 horas de secagem foi o Carioca, 10,64% (secagem com palha) e 9,13% (secagem sem palha), e o que apresentou maiores teores foi a linhagem H4 com 11,64% (secagem com palha) e 11,90% (secagem sem palha).

Após o período de 8 meses de armazenamento, verificou-se que na secagem com palha, os teores médios de umidade foram estatisticamente iguais entre os materiais genéticos; entretanto, na secagem sem palha, o cultivar Carioca apresentou o maior teor de umidade, 11,09%, seguido dos feijões H4, com 10,40% e CMG, com 9,10% UR, (Tabela 2). O cultivar Carioca também não diferiu estatisticamente quanto ao tipo de secagem (com e sem palha), o que pode demonstrar ser esse cultivar mais resistente à perda de água.



- CMG / CP ○ DADOS OBS / CMG/CP
- CMG / SP ✱ DADOS OBS/ CMG/SP
- CARIOCA / CP △ DADOS OBS / CARIOCA/CP
- CARIOCA / SP ✧ DADOS OBS/ CARIOCA/SP
- H4 / CP ▲ DADOS OBS/ H4/CP
- H4 / SP ● DADOS OBS/ H4/ SP

FIGURA 6: Curvas e equações de regressão representativas dos teores médios de umidade (%), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) antes do armazenamento.

TABELA 2: Teores médios de umidade (%) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Secagem \ Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)	10,84 a A	11,12 a A	10,81 a A
Secagem sem palha (SP)	9,10 c C	11,09 a A	10,40 b B
Média	9,97	11,105	10,605

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.5 Fibra Bruta

Na Tabela 3A (apêndice), observa-se que o percentual de fibra bruta entre os três materiais genéticos estudados não diferiram estatisticamente entre si, ficando na faixa de 5,72%; o que está de acordo com os resultados encontrados por Barampama e Simard (1993) em feijões *Phaseolus vulgaris* L., os quais ficaram na faixa de 3,8 a 5,7%, e por Soares, Della Modesta e Carvalho (1996), cuja faixa encontrada para o *Phaseolus vulgaris* L. está entre 4,5 a 13,0% de fibras alimentares. Neste mesmo trabalho, os autores constataram que os cultivares CMG e Carioca apresentaram teor de fibra alimentar sem variações significativas.

De acordo com a Figura 7, verifica-se que durante a secagem ocorreu uma pequena variação nos percentuais de fibra bruta nos três materiais genéticos em estudo, sendo o CMG aquele que apresentou uma maior queda nesses teores durante o período de secagem.

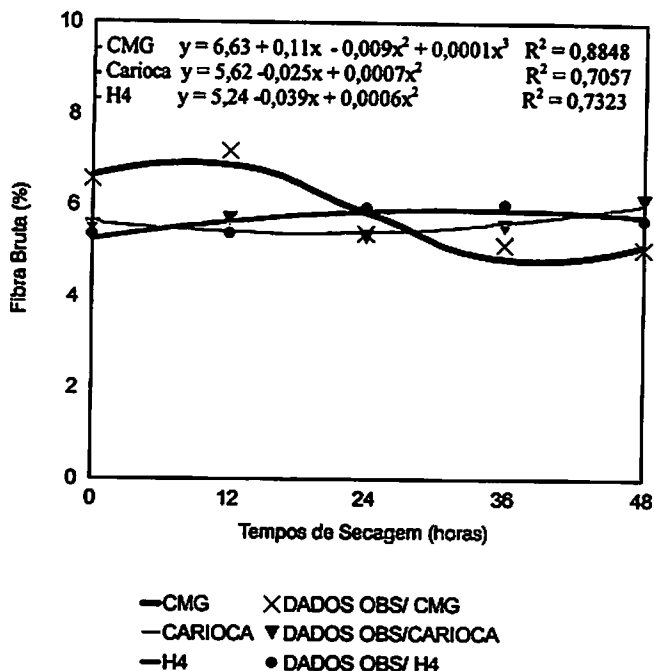


FIGURA 7: Curvas e equações de regressão representativas dos percentuais médios de fibra bruta (%), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) antes do armazenamento.

Após 8 meses de armazenamento, somente o tipo de secagem dos grãos apresentou diferença significativa no percentual de fibra bruta (Tabela 4A - apêndice). Nota-se que os grãos secos com palha apresentaram maior percentual de fibra do que os que foram submetidos à secagem sem palha (Tabela 3). Sawazaki et al. (1985), num estudo com feijões dos cultivares Carioca e Rico 23, observaram um aumento nos teores de fibra bruta desses feijões, após um período de 11 meses de armazenamento.

TABELA 3: Percentuais médios de fibra bruta (%) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento

Secagem	Secagem com palha (CP)	Secagem sem palha (SP)
Médias	6,67 a	6,30 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.6 Proteína Bruta

Pelas Tabelas 3A e 4A (apêndice), verifica-se que somente os materiais genéticos apresentaram diferenças significativas no teor médio de proteína bruta antes e após o armazenamento.

Na tabela 4, nota-se que antes do armazenamento, o cultivar CMG foi a que apresentou o nível mais elevado de proteína bruta, 22,615%, seguido do feijão Carioca com 21,196% e H4 com 21,041%; esses teores estão de acordo com Barampama e Simard (1993) que encontraram índices variáveis entre 22 e 26% de proteína bruta em seus estudos com feijões comuns.

TABELA 4: Teores médios de proteína bruta (%) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	22,615 a	21,196 b	21,041 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

Comparando-se as Tabelas 4 e 5 (antes e após o armazenamento), observam-se teores aproximados de proteína bruta para os três feijões, indicando que essa variável não foi afetada pelo armazenamento; esses resultados estão de acordo com os estudos de Tanteeratarm, Wei e Steinberg (1989), que mostraram que durante o armazenamento dos grãos de soja, os conteúdos de proteína não foram afetados. Sawazaki et al. (1985) também não observaram alterações sensíveis nos teores de proteína bruta dos grãos de feijão dos cultivares Carioca e Rico 23, que foram armazenados durante 11 meses.

TABELA 5: Teores médios de proteína bruta (%) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	22,475 a	21,554 ab	21,229 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.7 Minerais

4.7.1 Magnésio

Pela tabela 1A (apêndice), constata-se que apesar da interação tripla ter se apresentado significativa, verificou-se que os coeficientes de determinação e as equações de regressão não apresentaram valores adequados para ilustrar tais resultados. Observando a tabela 2A (apêndice), nota-se que após o armazenamento, nenhuma das causas de variação estudadas apresentou significância para os teores de magnésio entre os feijões estudados. O valor médio

de magnésio encontrado para os três materiais foi de 0,202 g/100g b.s (Tabela 6); esses resultados concordam com os de Augustin et al. (1981) que encontraram 0,200 g/100g b.s de magnésio, teor este que é média de nove classes de feijões produzidos comercialmente nos Estados Unidos e são superiores aos observados por Barampama e Simard (1993), que foram de 0,038 g/100g b.s, teor médio de quatro variedades cultivadas em Burundi.

TABELA 6: Teores médios de magnésio (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	0,204	0,200	0,204

Após o período de armazenamento, nota-se que o nível de magnésio decresceu de 0,202 g/100g b.s (Tabela 6) para o teor médio de 0,177 g/100g b.s, valor relativo aos três feijões em estudo (Tabela 7).

TABELA 7: Teores médios de magnésio (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	0,178	0,178	0,177

4.7.2 Ferro

Pela tabela 1A - apêndice, observa-se que os materiais genéticos, os tipos de secagem e a interação entre tempos e tipos de secagem apresentaram diferenças significativas. Na Tabela 8, observa-se que o cultivar Carioca foi a que obteve o maior teor de ferro, 0,00875 g/100g b.s, seguida do CMG com 0,00669 g/100g b.s e da linhagem H4 com 0,005606 g/100g b.s. Observa-se que os feijões Carioca e CMG que apresentaram os teores mais elevados de ferro, sendo também os que apresentaram as maiores atividades da peroxidase, indicando que o elemento em questão atuou como co-fator da reação.

Na Figura 8 encontram-se os níveis médios de ferro durante a secagem. Nota-se que na secagem feita sem palha, os teores de ferro foram mais elevados do que na secagem feita com a palha. Isso pode ter ocorrido devido a maior perda de água dos grãos secos sem a palha, havendo, portanto, uma maior concentração desse mineral; ou, ainda, na secagem feita com palha, pode ter ocorrido lixiviação de ferro da semente para a vagem, com decréscimos nos teores do mineral em questão.

TABELA 8: Teores médios de ferro (g/100g b.s) dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	0,00669 b	0,00875 a	0,005606 c

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

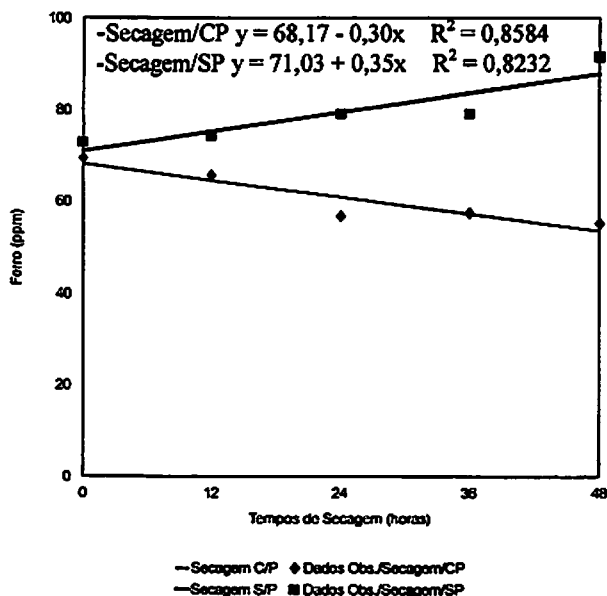


FIGURA 8: Curvas e equações de regressão representativas dos teores médios de ferro (ppm), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP), antes do armazenamento.

Nos grãos de feijão armazenados durante 8 meses, houve decréscimo nos teores de ferro, com exceção da linhagem H4, que manteve os níveis semelhantes ao período antes do armazenamento. Os feijões Carioca e H4 foram os que apresentaram maiores teores de ferro, sendo que os níveis encontrados para esses feijões foram de 0,00589 e 0,00564 g/100g b.s, respectivamente (Tabela 9); teores estes estatisticamente iguais. O cultivar CMG apresentou o menor teor (0,00414 g/100g b.s). Esses resultados aproximam-se dos de Augustin et al. (1981), que encontraram 0,00584 g/100g b.s de ferro para nove classes de feijão produzidas e comercializadas nos Estados Unidos.

TABELA 9: Teores médios de ferro (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	0,00414 b	0,00589 a	0,00564 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.3 Potássio

A tabela 1A - apêndice, mostra que os teores de potássio apresentaram diferenças significativas entre os feijões estudados, os tipos de secagem e a interação entre esses dois fatores. O teor de potássio foi mais elevado nos feijões CMG e H4, cujos níveis foram de 1,665 para o CMG e 1,624 g/100g b.s para a H4, valores esses estatisticamente iguais. Nesses materiais, o tipo de secagem não influenciou no teor de potássio. O cultivar Carioca foi o que apresentou o menor teor de potássio, nível médio de 1,1905 g/100g b.s; nota-se que o teor foi mais elevado nos grãos secos sem a palha (Tabela 10), esses resultados aproximam-se dos de Augustin et al. (1981) que encontraram 1,54 g/100g b.s de potássio.

TABELA 10: Teores médios de potássio (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Secagem	Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)		1,699 a A	0,998 b B	1,622 a A
Secagem sem palha (SP)		1,632 a A	1,383 b A	1,625 a A
Valores Médios		1,665	1,1905	1,624

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que, após o armazenamento, houve um aumento nos teores de potássio em todos os feijões em estudo. O cultivar Carioca foi o que apresentou o maior aumento, tendo como teor médio 1,922 g/100g b.s; esse fato pode ter ocorrido pela influência de algum fator aleatório ao experimento (Tabela 11).

TABELA 11: Teores médios de potássio (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	1,835 b	1,922 a	1,829 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.4 Enxofre

De acordo com a tabela 1A - apêndice, constata-se que apenas os materiais genéticos estudados apresentaram diferenças significativas. Pela Tabela 12, nota-se que a linhagem H4 foi a que apresentou o maior teor de enxofre, 0,262 g/100g b.s, seguida dos cultivares CMG e Carioca, que apresentaram teores estatisticamente iguais.

TABELA 12: Teores médios de enxofre (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	0,232 b	0,230 b	0,262 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Após o período de armazenagem, nota-se que o teor de enxofre sofreu um pequeno decréscimo nos feijões CMG e H4, permanecendo o cultivar Carioca com praticamente o mesmo teor de enxofre de antes do armazenamento (Tabela 13). Pela tabela 2A - apêndice, observa-se que os três feijões estudados e os tempos de secagem apresentaram diferenças significativas.

Pela Figura 9, observa-se que o maior teor de enxofre ocorreu nas amostras que foram armazenadas com 0 hora de secagem, indicando que a secagem antes do armazenamento diminuiu o teor desse mineral.

TABELA 13: Teores médios de enxofre (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	0,183 b	0,234 a	0,224 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

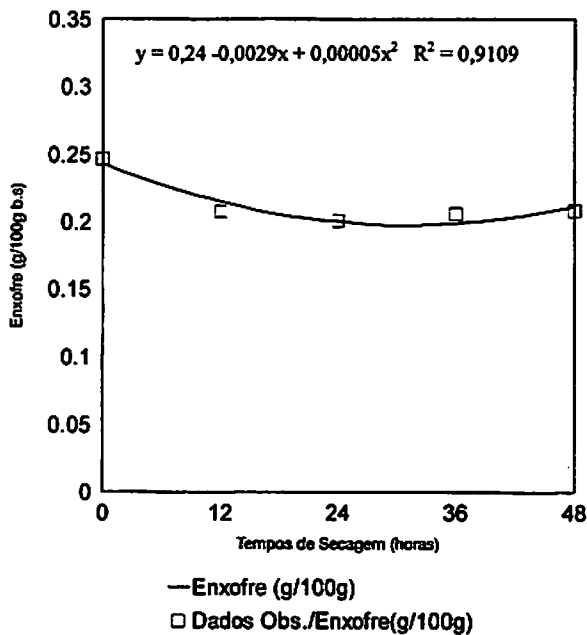


FIGURA 9: Curvas e equações de regressão representativas dos teores médios de enxofre (g/100g b.s), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) após o armazenamento.

4.7.5 Fósforo

Observando a tabela 1A - apêndice, nota-se que os materiais genéticos e os tipos de secagem apresentaram diferenças significativas entre si. Na Tabela 14, encontram-se os níveis de fósforo para os três feijões (secos com e sem palha). Podemos observar que na secagem dos grãos com palha, os feijões Carioca e H4 foram os que obtiveram os maiores teores de fósforo, 0,541 g/100g b.s (Carioca) e 0,536 g/100g b.s (H4), teores esses estatisticamente iguais, sendo que o menor teor foi o do cultivar CMG; 0,501 g/100g b.s.

Quando os grãos foram submetidos à secagem sem palha, ocorreu uma inversão no comportamento do cultivar Carioca, o qual apresentou-se com um teor médio de fósforo estatisticamente inferior aos feijões CMG e H4 (Tabela 14). Os teores médios encontrados para os materiais em estudo aproximam-se dos teores encontrados por Augustin et al. (1981) no mesmo trabalho citado anteriormente, que foi de 0,460 g/100g b.s de fósforo, e também dos valores encontrados por Barampama e Simard (1993) em um trabalho, no qual foram analisadas quatro variedades cultivadas em Burundi, cuja média de fósforo encontrada foi de 0,456 g/100g b.s.

TABELA 14: Teores médios de fósforo (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Secagem \ Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)	0,501 b A	0,541 a A	0,536 a A
Secagem sem palha (SP)	0,502 b A	0,467 c B	0,542 a A
Valores Médios	0,5015	0,504	0,539

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Após 8 meses de armazenamento, constatou-se que ocorreu um pequeno decréscimo nos teores médios de fósforo dos feijões H4 e CMG; o cultivar Carioca não sofreu alterações nos teores de fósforo quando comparado aos dos grãos não armazenados.

O cultivar Carioca foi o que apresentou o teor de fósforo mais elevado: 0,531g/100g b.s, na secagem com palha; os demais não apresentaram diferenças significativas no teor de fósforo nesse tipo de secagem (Figura 10).

Na secagem feita sem a palha, o maior teor de fósforo foi observado na linhagem H4, sendo esse teor de 0,526 g/100g b.s.

No geral, as médias dos teores de fósforo para a secagem com e sem palha foram de 0,505 e 0,503 g/100g b.s respectivamente, médias essas consideradas estatisticamente iguais.

Ressalta-se que, o maior teor de fósforo foi observado nas amostras de feijão do cultivar Carioca, que foi submetido à secagem com palha durante o período de 48 horas (Figura 10).

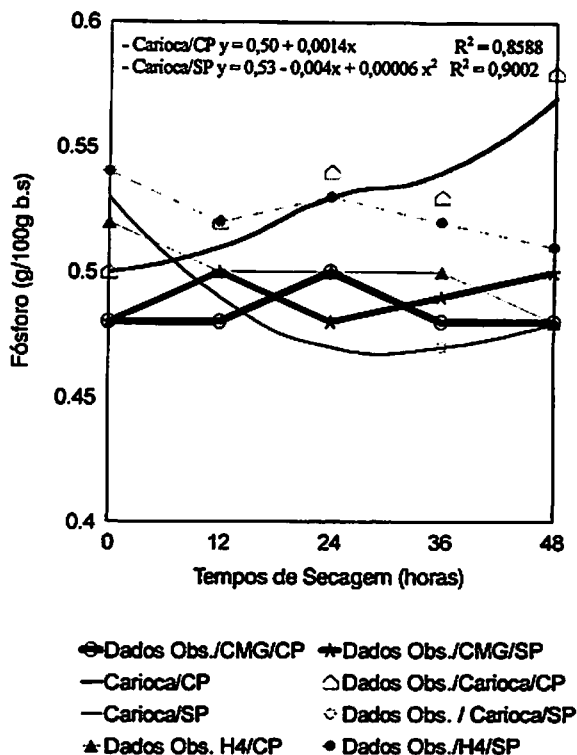


FIGURA 10: Curvas e equações de regressão representativas dos teores médios de fósforo (g/100g b.s), durante 5 tempos de secagem, dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha (CP) e à secagem sem palha (SP) após o armazenamento.

4.7.6 Manganês

Tanto na secagem com palha, como na secagem sem palha, os níveis de manganês seguiram a mesma tendência, sendo mais elevados nos feijões CMG e H4, valores esses estatisticamente iguais. O cultivar Carioca foi o que apresentou os menores níveis observados (Tabela 15). Esses teores foram um pouco maiores do que os níveis de manganês encontrados por Augustin et al. (1981), que se apresentam na faixa de 0,00020 g/100g b.s.

TABELA 15: Teores médios de manganês (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Secagem	Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)		0,00157 a A	0,00063 b B	0,00152 a A
Secagem sem palha (SP)		0,00164 a A	0,00111 b A	0,00150 a A
Valores Médios		0,001605	0,00087	0,00151

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se que, após o período de 8 meses de armazenamento, os teores de manganês sofreram um aumento em todos os materiais genéticos estudados, tal fato pode ter sido causado pela influência de algum fator aleatório ao experimento.

Nos grãos secos com palha, os cultivares Carioca e CMG obtiveram os maiores teores de manganês, e a linhagem H4 apresentou o menor teor desse mineral. Na secagem sem palha, não houve diferença significativa entre os três feijões estudados para o teor médio de manganês (Tabela 16).

TABELA 16: Teores médios de manganês (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Secagem	Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)		0,00174 a A	0,00170 a A	0,00160 b B
Secagem sem palha (SP)		0,00172 a A	0,00170 a A	0,00168 a A
Valores Médios		0,00173	0,00170	0,00164

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.7 Cálcio

O teor médio de cálcio foi mais elevado na linhagem H4, alcançando nível de 0,235 g/100g b.s; nos cultivares Carioca e CMG, os níveis foram de 0,201 e 0,192 g/100g b.s, respectivamente, considerados estatisticamente iguais (Tabela 17). Augustin et al. (1981) encontraram teor médio de cálcio de 0,15 g/100g b.s para os grãos antes do cozimento e Pinn (1992), em feijões do cultivar Carioca, encontrou 0,056 g/100g b.s.

TABELA 17: Teores médios de cálcio (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Médias	0,192 b	0,201 b	0,235 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Pela Tabela 18, nota-se que os teores de cálcio decresceram em todos os feijões após o período de armazenamento.

Na secagem com e sem palha, o cultivar Carioca foi o que apresentou os maiores teores médios de cálcio, seguido do CMG e da linhagem H4, estes por sua vez na secagem com palha, foram estatisticamente iguais, diferenciando-se apenas na secagem sem palha, na qual a linhagem H4 obteve o menor teor de cálcio.

TABELA 18: Teores médios de cálcio (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Secagem \ Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)	0,161 b A	0,194 a A	0,150 b A
Secagem sem palha (SP)	0,168 ab A	0,179 a A	0,156 b A
Valores Médios	0,1645	0,184	0,153

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.8 Cobre

Nos grãos submetidos à secagem com palha, constataram-se diferenças significativas entre os três materiais genéticos estudados; a linhagem H4 foi a que apresentou o maior teor de cobre, superando o cultivar Carioca e o CMG, cujo teor médio foi o menor dos três feijões (Tabela 19).

Nos grãos secos sem palha, a linhagem H4 foi a que também obteve o maior percentual de cobre, diferindo significativamente dos cultivares Carioca e

CMG, que apresentaram valores estatisticamente iguais (Tabela 19). Esses resultados foram menores do que os obtidos por Augustin et al. (1981), que foi de 0,00695 g/100g b.s, e Pinn (1992), que encontrou para 4 variedades de feijão cultivadas em Burundi, o valor médio de cobre de 0,0007 g/100g b.s.

O feijão H4 foi o que apresentou os maiores teores de cobre, sendo que, nessa linhagem a atividade da polifenoloxidase foi a menor quando comparada aos outros feijões. Sendo o cobre um grupo prostético dessa enzima, a mesma deveria ter apresentado maiores atividades; entretanto, nota-se pela Figura 4 (p. 31), que o H4 apresentou os menores teores de fenólicos, que é o substrato para a polifenoloxidase, o que explica sua baixa atividade.

TABELA 19: Teores médios de cobre (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem			
Secagem com palha (CP)	0,00028 c B	0,00065 b A	0,0014 a A
Secagem sem palha (SP)	0,00039 b A	0,00040 b B	0,0015 a A
Valores Médios	0,000335	0,000525	0,00145

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que, após o armazenamento, ocorreu um aumento no teor de cobre nos feijões Carioca e CMG e um decréscimo na linhagem H4, nos dois tipos de secagem (com e sem palha). Esse aumento pode ter ocorrido devido à presença de algum fator aleatório ao experimento (Tabela 20). Na secagem feita com palha o cultivar Carioca apresentou o maior teor de cobre 0,00124 g/100g

b.s, e na secagem sem palha, a linhagem H4 foi a que apresentou o maior teor 0,00128 g/100g b.s .

TABELA 20: Teores médios de cobre (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Secagem \ Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)	0,00106 b A	0,00124 a A	0,00102 b B
Secagem sem palha (SP)	0,00114 b A	0,00108 b B	0,00128 a A
Valores Médios	0,00110	0,00116	0,00115

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.9 Zinco

Os teores médios de zinco para os feijões Carioca, H4 e CMG submetidos à secagem com e sem palha, encontram-se na Tabela 21. Analisando-se os três materiais genéticos, constata-se que os feijões Carioca e H4, na secagem com palha, não apresentaram diferenças estatísticas entre si; porém, superaram significativamente o cultivar CMG. Com relação à secagem sem palha, nota-se que os feijões Carioca e CMG apresentaram valores estatisticamente iguais, mas significativamente inferiores ao da linhagem H4. Os resultados obtidos encontram-se próximos aos de Augustin et al. (1981), que foi de 0,0032 g/100g b.s.

TABELA 21: Teores médios de zinco (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, antes do armazenamento.

Secagem \ Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)	0,0031 b A	0,0036 a A	0,0035 a B
Secagem sem palha (SP)	0,0032 b A	0,0034 b B	0,0038 a A
Valores Médios	0,00315	0,0035	0,00365

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores médios de zinco não sofreram alteração após 8 meses de armazenamento, permanecendo praticamente constantes (Tabela 22).

Tanto na secagem com palha quanto na secagem sem palha, os feijões Carioca e H4 apresentaram-se estatisticamente iguais, porém, com valores significativamente mais elevados de zinco em relação ao cultivar CMG.

TABELA 22: Teores médios de zinco (g/100g b.s) dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com palha e sem palha, após o armazenamento.

Secagem \ Cultivar	CMG	CARIOCA	H4
Secagem com palha (CP)	0,0032 b A	0,0036 a A	0,0035 a A
Secagem sem palha (SP)	0,0033 b A	0,0035 a B	0,0036 a A
Valores Médios	0,00325	0,00355	0,00355

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

4.8 Considerações Gerais

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, notou-se que a cor escura do tegumento dos grãos dos feijões do cultivar CMG logo após à colheita, é devida a atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase e quantidade de fenólicos totais presentes.

O CMG é um feijão resistente a algumas raças de *Coletotrichum lindemuthianum*, agente causador da antracnose do feijoeiro, além de ser um cultivar rico em minerais; e, em recentes pesquisas desenvolvidas por Soares, Della Modesta e Carvalho (1996), notou-se também que o cultivar CMG apresentou-se como o de melhor sabor característico quando comparado a outros cultivares do tipo Carioca e Preto.

Mesmo tratando-se de um produto dotado de várias características positivas, o feijão CMG sofre rejeição por grande parte dos consumidores, devido à cor escura de seu tegumento logo após a colheita, o que o faz parecer um produto velho que esteve armazenado por vários meses.

Como a aparência é um atributo de grande importância para o consumidor, novos trabalhos deverão ser realizados na área de melhoramento genético, a fim de melhorar essa característica.

A linhagem H4 é resistente a todas as raças de *Coletotrichum lindemuthianum* estudadas até o presente momento, e, de acordo com os resultados encontrados, notou-se que apresenta altos teores de minerais. Possui o tegumento claro, o que a torna bem aceita pelo consumidor. Por se tratar de uma linhagem recentemente desenvolvida, ainda serão necessárias pesquisas relacionadas aos aspectos tecnológicos, tais como: tempo de cocção e análise sensorial, mas ao que tudo indica, a linhagem H4 será uma boa alternativa tanto para agricultores quanto para o mercado consumidor.

5 CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos e nas condições experimentais utilizadas no presente trabalho, conclui-se que:

- O cultivar CMG apresentou a maior atividade de peroxidase, polifenoloxidase e fenólicos totais antes do armazenamento, confirmando portanto, a cor mais escura de seu tegumento logo após a colheita.
- A linhagem H4 apresentou os menores teores da atividade de peroxidase, polifenoloxidase e fenólicos totais antes e após o armazenamento. Ressalta-se que esta linhagem possui o tegumento mais claro quando comparado aos outros cultivares.
- Em relação ao dia da colheita, o cultivar Carioca foi o que visualmente apresentou o maior escurecimento do tegumento após o armazenamento, fato comprovado através dos teores encontrados para a atividade da polifenoloxidase, que foi igual à encontrada para o cultivar CMG, e de fenólicos totais, cujo valor, após o armazenamento, foi o maior de todos os feijões estudados.
- Os teores médios de umidade foram mais elevados antes do armazenamento; após o armazenamento, os grãos entraram em equilíbrio higroscópico com o ambiente nos três feijões estudados.
- O percentual de fibra bruta não apresentou diferenças significativas entre os três materiais genéticos, nem antes e nem após o armazenamento; porém, após o armazenamento, verificou-se um aumento neste parâmetro.

- O cultivar CMG apresentou, antes e após o armazenamento, o maior percentual de proteína bruta, e a linhagem H4 apresentou o menor teor após o período de armazenagem.
- Após a secagem, observou-se que a linhagem H4 apresentou os teores mais elevados de magnésio, potássio, enxofre, fósforo, manganês, cálcio, cobre e zinco e o menor nível de ferro; o Carioca apresentou teores mais elevados de ferro, manganês e zinco, e o cultivar CMG apresentou altos teores de magnésio, potássio e manganês e o menor teor de cobre.
- Após o armazenamento, o feijão Carioca apresentou os maiores teores de manganês, ferro, potássio, enxofre, fósforo, cálcio, cobre e zinco. A linhagem H4 apresentou teores elevados de magnésio, ferro, enxofre, fósforo, cobre e zinco e o menor nível de cálcio; o cultivar CMG apresentou altos teores de magnésio, manganês e cobre.
- Foi observado que os tempos de secagem exerceram influência sobre os teores de umidade, fibra bruta, cobre, enxofre, potássio, fenólicos totais, atividade de peroxidase e polifenoloxidase, e os tipos de secagem (com e sem palha) influenciaram nos mesmos parâmetros acima citados e também nos teores de fósforo, cálcio, manganês e ferro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J. M. A . **Química de alimentos - teoria e prática**. Viçosa - MG: UFV, 1995. 335p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, 1990. 684 p.
- AUGUSTIN, J.; BECK, C.B.; KALBFLEISH, G.; KAGEL, L.C. Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* classes. **Food Technology**, Chicago, v.35, n.3, p. 75- 76, Mar. 1981.
- BARAMPAMA, Z. ; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality, and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Oxford, v.47, p. 159-167, 1993.
- BRAGANTINI, C. Produção de sementes. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. Sç. 4, p p. 639-667.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Companhia Nacional de Abastecimento. **Anuário Estatístico 1994/95**. Brasília, 1995. v.1
- BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v.9, p.237-297, 1993.
- CAULLIEZ, A.; POISSON, J.; DROVET, H.; CHARPENTIER, M. Stockage de haricot secs (*Phaseolus vulgaris*). Evolution de leur microflore, de leur faculté germinative et de leur qualité technologique en fonction de caracteristiques de stockage. **Annales de Technologie Agricole**, Paris, v.28, p.57-77, 1979.

- COELHO, J. V. **Fenólicos totais e taninos durante o desenvolvimento e o armazenamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. São Paulo: USP, 1987. 117p. (Tese - Doutorado em Nutrição)
- DEL GIUDICE, P.M.; ALVARENGA, S.C.; CONDE, A.R. Estudo comparativo de diferentes processos de armazenagem de feijão preto. **Experientiae**, Viçosa, v.13, n.9, p.273-313, jan. 1972.
- DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D. K. Tannin analyses of food products. **CRC Critical Reviews in Food Science Nutrition**, Boca Raton, v.24, p.401-449, 1986.
- ELIAS, L.G.; BRESSANI, R.; FLORES, M. Problems and potentials in storage and processing of legumes in Latin America. In: SEMINAR ON POTENTIALS OF FIELD BEANS AND OTHER FOOD LEGUMES IN LATIN AMERICA, Cali, 1973. **Proceedings...** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1973. p.52-87.
- ELIAS, L.G.; FERNANDEZ, D.G.; BRESSANI, R. Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. **Journal Food Science**, Chicago, v.44, n.2, p.524-527, Mar./Apr. 1979.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. Rio de Janeiro - São Paulo: Atheneu, 1992. 644 p.
- FERHMAN, H.; DIAMOND, A. E. Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of the potato plant. **Phytopathology**, Lancaster, v.57, p. 69 - 72, 1967.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Prevención de pérdidas alimentos pos-cosecha**: manual de capacitación. Roma: ONU/FAO, 1985. 130p.
- FOX, P. F. (ed.) **Food enzymology**. London ; New York,: Elisevier Applied Science, 1991. v. 2, 378 p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. 303p. (Circular, 63)

- HARBORNE, J. B. General procedures and measurement of total phenolics. In: DEY, P.M ; HARBONE, J. B. **Methods in plant biochemistry**. San Diego: Academic, 1989. v.1, p. 2-3.
- HASLAM, E. Vegetable tannins. **Recent Advances Phytochemistry**, New York, v.12, p. 475 - 523, 1979.
- HINCKS, M. J. ; STANLEY, D.W. Lignification: evidence for a role in hard-to-cook beans. **Journal Food Biochemistry**, Westport, v.11, n.1, p. 41 - 58, Mar. 1987.
- HOHLBERG, A . I. ; STANLEY, D. W. Hard-to-cook defect in black beans: protein and starch considerations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.35, n.4, p. 571 - 576, July/Aug. 1987.
- IADEROZA, M.; SALES, A. M.; BALDINI, V. L. S.; SARTORI, M. R.; FERREIRA, V. L. P. Atividade de polifenoloxidase e alterações da cor e dos teores de taninos condensados em novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v.19, n.2, p. 154 - 164, jul./dez. 1989.
- JORDÃO, B.A.; CARVALHO, G.R.; SARTORI, M.R.; ANGELUCCI, E.; LEITÃO, M.F.F.; COSTA, S.I.; MIYA, E.E. Armazenamento de feijão de mesa em escala industrial, a granel em silo ventilado artificialmente. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v.7, n.2, p.265-298, dez. 1976.
- KRAUSE, M. V. ; MAHAN, L. K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 7. ed. São Paulo: Roca, 1991. 981p.
- LEHNINGER, A . L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1986. 725p.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.
- LUH, B. S. ; PHITHAKPOL, B. Characteristics of polyphenoloxydase related to browning in cling peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, n.1, p.264, jan./fev. 1972.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MEJÍA, E.G. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Guatemala, v.32, n.2, p.258-274, jun. 1982.
- MIRANDA, C.S. Origem do *Phaseolus Vulgaris* L.. **Agronomia Tropical**, Maracay, v.18, n.2, p.191-205, 1968.
- MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J.; ANDERSON, L.; DIBBLE, M. V. **Nutrição**. 16. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978. 567p.
- MOLINA, M.R.; DE LA FUENTE, G. ; BRESSANI, R. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, n.3, p.587-591, Jan./Feb. 1975.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended dietary allowances (RDA)**. 10 ed. Washington, 1989. 283p.
- PAREDES-LÓPEZ, O.; MAZA-CALVINO, E. ; CASTANEDA-GONZALEZ, J. Effect of the hardening phenomenon on some physico-chemical properties of common bean. **Food Chemistry**, Essex, v.31, n.3, p.225-236, 1989.
- PLHAK, L. C.; STANLEY, D. W.; HOHLBERG, A. I. ; AGUILERA, J. M. Hard-to-cook defect in black beans - effect of pretreatment and storage condition on extratable phenols and peroxidase activity. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v.20, n.5, p. 378 - 382, Aug. 1987.
- PINN, A. B. R. O. Efeito das radiações gama sobre a biodisponibilidade do ferro em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). São Paulo: USP, 1992. 129p. (Dissertação - Mestrado em Nutrição).
- POTING, J. D.; JOSLYN, M. A. Ascorbic acid and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, New York, v. 19, p. 47 - 63, 1948.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 604p.

- RIBÉREAU-GAYON, P. **Plant phenolics**. Edinbrigh: T&A Constable, 1972. 247p.
- RIVERA, J. A.; HOHLBERG, A.I.; AGUILERA, J.M.; PLHAK, L.C. ; STANLEY, D.W. Hard-to-cook defect in black beans- peroxidase characterization and effect of heat pretreatment and storage conditions on enzyme inactivation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v.22, n.3, p.270-275, 1989.
- ROZO, C.; BOURNE, M.C.; HOOD, L.F. Effect of storage time, relative humidity and temperature on the cookability of whole red kidney beans and cell wall components of the cotyledons. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v.23, n.1, p. 72-75, July 1990.
- SARRUGE, J. R. ; HAAG, N. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. Sç. 3, p. 543-562.
- SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Dry beans of Phaseolus. A review. Part 2. Chemical composition: Carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.21, p.41-91, 1984.
- SAWAZAKI, H. E.; TEIXEIRA, J. P. F.; MORAES, R. M.; BULISANI, E. A. Modificações bioquímicas em grãos de feijão durante o armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v.44, n.1, p.375-390, 1985.
- SOARES, A. G.; DELLA MODESTA, R. C. ; CARVALHO, J. L. V. Avaliação tecnológica de algumas cultivares de feijão visando avaliar as suas reais potencialidades de consumo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, Goiânia, 1996. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAS, 1996. v.1, p. 495 - 497.

- SRISUMA, N.; HAMMERSCHMIDT, R.; UEBERSAX, M.A.; RUENGSAKULRACH, S.; BENNINK, M.R. ; HOSFIELD, G.L. Storage induced changes of phenolic acids and development of hard-to-cook in dry beans (*Phaseolus vulgaris*, var. seafarer). **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.2, p.311-314, Mar./Apr. 1989.
- SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.10, n.1, p. 63 - 68, Jan. 1959.
- TANTEERATARM, K.; WEI, L.S.; STEINBERG, M. P. Effect of soybean maturity on storage stability and process quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p. 593 - 597, May/June 1989.
- TANNENBAUM, S. R.; YOUNG, V. R.; ARCHER, M. C. Vitaminas y minerales . In: FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1993. p . 537 - 613.
- VON de KAMER, F. B.; VAN GINKEL, L. Rapid Determination of Cruide Fiber in Cereals. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.19, n.4, p. 239 - 251, July/Aug. 1952
- VIEIRA, C. **O feijoeiro comum, cultura, doença e melhoramento**. Viçosa: UFV, 1967. 220p.
- VILHORDO, B. W.; MIKUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. Sç. 2, p. 71- 99.
- VALLE-VEJA, P.; NIETO-VILLALOBOS, Z.; ALVARES-RIOS, J.; VERDEJO-CROSS, V.; BERNAL-LUGO, I. Efectos del envejecimiento acelerado sobre factores antinutricionales en frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.10, n.1, p.1-22, jan./jun. 1990.
- WHITEHEAD, C. S. ; SWARDT, G. H. Extraction and activy of poluphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea nerifolia*. **South African Journal of Botany**, Pretória, v.1, p. 127-130, 1982.

ANEXOS

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1A	Resumo das análises de variância dos mineirais: magnésio, ferro, potássio, enxofre, fósforo, manganês, cálcio, cobre e zinco dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, antes do armazenamento.....	67
2A	Resumo das análises de variância dos mineirais: magnésio, ferro, potássio, enxofre, fósforo, manganês, cálcio, cobre e zinco dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, após o armazenamento.....	68
3A	Resumo das análises de variância do teor de fibra bruta, proteína bruta, polifenoloxidase (PFO), peroxidase (PER) e fenólicos totais dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, antes do armazenamento.....	69
4A	Resumo das análises de variância do teor de fibra bruta, proteína bruta, polifenoloxidase (PFO), peroxidase (PER) e fenólicos totais dos feijões CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, após o armazenamento.....	70

TABELA 1A: Resumo das análises de variância dos minerais: magnésio, ferro, potássio, enxofre, fósforo, manganês, cálcio, cobre e zinco dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, antes do armazenamento.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios								
		Mg	Fe	K	S	P	Mn	Ca	Cu	Zn
Cultivar (A)	2	0,000095NS	5101,8353**	1,3829**	0,0064**	0,0088**	318,7125**	0,0105**	691,4000**	142,1845**
Secagem (B)	1	0,000042NS	5192,1904**	0,1717 *	0,00004NS	0,0075**	48,6000*	0,0037**	0,9375NS	4,0828NS
Tempos (C)	4	0,000025NS	59,0443NS	0,0088NS	0,00010NS	0,0009NS	0,4729NS	0,0004NS	3,5979*	5,5894NS
A*B	2	0,000062NS	24,8154NS	0,2959**	0,00053NS	0,0100**	36,0125*	0,0007NS	18,3500**	21,1159*
A*C	8	0,000070NS	141,8093NS	0,0096NS	0,00050NS	0,0010NS	0,4417NS	0,0002NS	1,4573NS	4,1244NS
B*C	4	0,000083NS	497,8935**	0,0060NS	0,00054NS	0,0008NS	0,5062NS	0,0002NS	1,3021NS	1,3826NS
A*B*C	8	0,000190*	61,2529NS	0,0024NS	0,00030NS	0,0004NS	0,9812NS	0,0004NS	1,4802NS	7,0188NS
Resíduo	30	0,00205	87,5745	0,0294	0,00028	0,0005	9,8250	0,0003	1,1125	6,2539
CV (%)		4,082	13,34	11,480	6,981	4,322	23,568	8,923	13,743	7,299

* / ** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente

TABELA 2A: Resumo das análises de variância dos minerais: magnésio, ferro, potássio, enxofre, fósforo, manganês, cálcio, cobre e zinco dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, após o armazenamento.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios								
		Mg	Fe	K	S	P	Mn	Ca	Cu	Zn
Cultivar (A)	2	0,000002NS	1798,8940**	0,0538**	0,0148**	0,0033**	3,2866**	0,0060**	2,1046NS	68,8797**
Secagem (B)	1	0,000027NS	3649,6223**	0,0058NS	0,0034NS	0,00008NS	0,5705NS	0,000007NS	4,8792*	0,0125NS
Tempos (C)	4	0,000039NS	123,4917NS	0,0124*	0,0041**	0,0002NS	0,6006NS	0,00033NS	0,2895NS	1,9495NS
A*B	2	0,000012NS	101,9417NS	0,0046NS	0,0003NS	0,0064**	2,5154*	0,00077*	23,6791**	5,8539*
A*C	8	0,000083NS	81,3229NS	0,0046NS	0,0013NS	0,0005NS	0,6371NS	0,00011NS	0,4584NS	1,1424NS
B*C	4	0,000022NS	183,8937NS	0,0021NS	0,0008NS	0,0007NS	0,4231NS	0,00034NS	0,5608NS	1,9696NS
A*B*C	8	0,000064NS	182,1612NS	0,0029NS	0,0003NS	0,0011*	0,5683NS	0,00025NS	0,2430NS	1,1816NS
Resíduo	30	0,000097	100,0848	0,0047	0,0009	0,0004	0,5059	0,00021	0,6846	1,6349
CV (%)		5,544	19,144	3,677	13,833	3,722	4,208	8,557	7,281	3,674

*/ ** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente

TABELA 3A: Resumo das análises de variância do teor de umidade, fibra bruta, proteína bruta, fibra bruta, peróxidase (PER) e fenólicos totais dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, antes do armazenamento.

Causas da		Quadrados Médios					
Variação	GL	Umidade	Fibra Bruta	Proteína Bruta	PER	Fenólicos Totais	
Cultivar (A)	2	22,0412**	0,3075NS	15,0308**	254437,2778**	397436,1312**	
Secagem (B)	1	18,4702**	0,5472*	4,6482NS	13198,2885**	26245,2063**	
Tempos (C)	4	186,9572**	0,6090**	0,7906NS	1223,1302*	3653,3793NS	
A*B	2	1,0588NS	0,2190NS	0,4842NS	6770,1453**	25474,6282**	
A*C	8	1,1865*	1,8629**	3,1267NS	2344,0955**	21991,7878**	
B*C	4	4,8160**	0,0636NS	2,8495NS	441,2851NS	18635,8051**	
A*B*C	8	1,5685**	0,1146NS	2,1344NS	657,8856NS	12128,3319**	
Resíduo	30	0,4388	0,0999	1,7977	382,9596	1543,9021	
CV (%)		4,738	5,527	6,202	11,647	7,957	

* / ** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente

3,969

TABELA 4A: Resumo das análises de variância de teor de umidade, fibra bruta, proteína bruta, polifenoloxidase (PFO), peroxidase (PER) e fenólicos totais dos feijões, CMG, Carioca e H4, submetidos à secagem com e sem palha durante 5 períodos, após o armazenamento.

Causas da Variação	GL	Umidade	Fibra Bruta	Proteína Bruta	PFO	PER	Fenólicos Totais	* / ** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente	
								CV (%)	
Cultivar (A)	2	6,4448**	0,1452NS	8,3619**	27042,7489**	1784985,4068**	12273,1167**		
Secagem (B)	1	7,9717**	1,9802*	0,2320NS	6210,6770**	23493,4412NS	10800,4167**		
Tempos (C)	4	1,3296**	0,3886NS	2,6146NS	1003,1404*	45302,3714NS	1855,0583**		
A*B	2	4,0439**	0,9082NS	3,8801NS	4948,2417**	1279187,9575**	43292,3167**		
A*C	8	0,2552NS	0,2781NS	1,5655NS	909,3039*	43666,7671NS	1819,5333**		
B*C	4	0,2960NS	0,1506NS	3,1209NS	96,2049NS	163134,9320*	1794,6250**		
A*B*C	8	0,1998NS	0,2898NS	2,7044NS	336,7574NS	67884,4134NS	599,0250*		
Resíduo	30	0,1792	0,3072	1,4146	285,9446	42139,7308	209,8833		
CV (%)		4,009	8,542	5,468	19,527	13,526	4,674		