

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Maria Fernanda Pontes Pentado e aprovada pela Comissão julgadora em 30 de março de 1990.

Campinas, 14 de maio de 1990

Maria Regina Sartori

Presidente da Banca

QUALIDADE DO ARROZ (*Oryza sativa*, L.),
ARMAZENADO SOB ATMOSFERA MODIFICADA,
EM SILO SUBTERRÂNEO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

QUALIDADE DO ARROZ (*Oryza sativa*, L.), ARMAZENADO
SOB ATMOSFERA MODIFICADA, EM SILO SUBTERRÂNEO

MARIA FERNANDA P. PENTEADO
Engenheira-agrônoma

Orientadora: Dra. Maria Regina Sartori

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Campinas - SP - 1990

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais, Ariovaldo e Nazira
e ao Paulo

AGRADECIMENTOS

À Dra. Maria Regina Sartori, pela sua valiosa e objetiva orientação.

Aos pesquisadores Emília Emico Miya Mori, Policarpo Vitti, Issao Shirose, Katumi Yotsuyanagi, Jane M. Turatti e Paulo R.N. Carvalho pela colaboração recebida na execução de análises do experimento.

Ao Sr. Moacir Franco Filho, técnico da Delegacia Agrícola de Campinas - C.A.T.I. pela colaboração nas análises de rendimento do grão e renda do benefício.

Às srtas. Antonieta Mattos e Floriana Lúcia D'Astuto, bibliotecárias do ITAL, pelo auxílio na elaboração das citações bibliográficas.

Aos funcionários do ITAL e principalmente aos técnicos, estagiários e colegas da Seção de Armazenamento e Beneficiamento de Grãos, pela colaboração e amizade.

À Faculdade de Engenharia Agrícola pelas condições oferecidas para o desenvolvimento do curso de pós-graduação.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL, Campinas, pe
la utilização de seus equipamentos, laboratórios e outras
facilidades.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
Critérios de qualidade do arroz.....	4
Algumas alterações que podem ocorrer no arroz du- rante a estocagem.....	8
Peso específico aparente.....	8
Teor de ácidos graxos livres.....	8
Infestação por insetos.....	9
Infecção fúngica.....	12
Rendimento do grão e renda do benefício.....	14
Teor de tiamina.....	15
Qualidade de cozimento.....	16
Modificação na atmosfera de armazenamento.....	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
Matéria-prima.....	21
Secagem.....	21
Armazenamento.....	22
Amostragem.....	25
Testes.....	27
Teor de umidade.....	27

	Página
Temperatura dos grãos no interior dos silos ..	27
Temperatura ambiente	27
Atividade de água	28
Teores de oxigênio e dióxido de carbono no ar intergranular	28
Peso específico aparente	28
Ácidos graxos livres	28
Infestação por insetos	28
Análise micológica	30
Rendimento do grão e renda do benefício	31
Vitamina B ₁	31
Qualidade de cozimento	31
. Viscosidade	31
. Razão de absorção de água e expansão de volume	32
. Sabor	32
Análise estatística dos dados	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
Caracterização da matéria-prima	33
Análise estatística dos dados	34
Teor de umidade	34
Temperatura no interior dos silos	38
Atividade de água	40
Teores de oxigênio e dióxido de carbono no ar intergranular	44
Peso específico aparente	47
Ácidos graxos livres	52
Infestação por insetos	52
Análise micológica	55

	Página
Rendimento do grão e renda do benefício	60
Vitamina B ₁	65
Qualidade de cozimento	69
. Viscosidade	69
. Absorção de água e expansão de volume	69
<hr/>	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICE	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 - Distribuição do produto com diferentes teores de umidade nas 27 unidades armazenadoras	23
<hr/>	
2 - Instalação das unidades armazenadoras	24
3 - Esquema do silo subterrâneo experimental ..	26
4 - Aparato para amostragem de ar dos silos ...	29
5 - Teor de umidade do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	36
6 - Temperaturas médias no interior dos silos ..	39
7 - Temperaturas ambientais médias	41
8 - Atividade de água, à 25°C, do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	42
9 - Curva de equilíbrio higroscópico do arroz em casca à 0°C, 20°C e 30°C	45
10 - Concentração média de CO ₂ e O ₂ do ar intergranular dos silos subterrâneos	46
11 - Peso específico aparente do arroz em casca (em g/cm ³), nas diferentes épocas de estocagem .	48

12 - Peso específico aparente do arroz sem casca (em g/cm ³), armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem	49
13 - Teor de ácidos graxos livres (em percentagem) presente no óleo extraído do arroz integral, armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem	54
14 - Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método do plaqueamento direto sobre o meio MY40G	56
15 - Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método do plaqueamento direto sobre o meio GMYE+.....	57
16 - Valores médios de grãos inteiros (em percentagem) obtidos do beneficiamento do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	61
17 - Valores médios de grãos quebrados (em percentagem) obtidos do beneficiamento do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	62

FIGURA

Página

18 - Valores médios da renda do benefício (em percentagem) do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	66
<hr/>	
19 - Viscosidade máxima a frio (em U.B.) do arroz polido, obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	70
" 20 - Viscosidade máxima a quente (em U.B.) do arroz polido, obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	71
21 - Razão de absorção de água do arroz polido, obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	72
22 - Razão de expansão de volume do arroz polido, obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem	73

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1 - Valores da estatística F de Snedecor para as causas de variação dentro de cada variável estudada	35
2 - Teor de umidade do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	37
3 - Atividade de água, à 25°C, do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	43
4 - Peso específico aparente do arroz em casca (g/cm ³), nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade ..	50
5 - Peso específico aparente do arroz sem casca (g/cm ³) armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	51

6 - Teor de ácidos graxos livres (em percentagem) presente no óleo extraído do arroz integral, armazenado em casca nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	54
7 - Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método de plaqueamento direto sobre o meio MY40G ...	58
8 - Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método de plaqueamento direto sobre o meio GMYE+ ...	59
9 - Valores médios de grãos inteiros (em percentagem) obtidos do beneficiamento do arroz em casca nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	63
10 - Valores médios de grãos quebrados (em percentagem) obtidos do beneficiamento do arroz em casca nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	64

11 - Valores médios da renda do benefício (em percentagem) do arroz em casca nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	63
12 - Teor de vitamina B ₁ (mg/100g) do arroz polido, armazenado em casca nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade	68
13 - Valores médios obtidos da avaliação organoléptica (sabor) nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Dunnett ao nível de erro de 5% de probabilidade	75

RESUMO

~~Arroz em casca, variedade IAC 4440, safra 87/88,~~
recém-colhido, seco ao sol até os teores médios de umidade de 15,0%; 14,1% e 12,1% foi armazenado a granel, em 27 silos subterrâneos revestidos com polietileno. Amostras foram retiradas inicialmente a após intervalos de 2, 4 e 6 meses abrindo-se nove silos a cada período de amostragem.

O progresso e a extensão das mudanças na qualidade do produto durante o armazenamento foram avaliadas submetendo-se as amostras assim obtidas, aos seguintes testes: teor de umidade, atividade de água, peso específico aparente, ácidos graxos livres, infestação por insetos, infecção por fungos, rendimento do grão, renda do benefício, vitamina B₁, viscosidade, absorção de água, expansão de volume e sabor. A temperatura e os teores de dióxido de carbono e oxigênio no interior dos silos foram verificados periodicamente. As temperaturas médias ambientais foram fornecidas por uma estação meteorológica localizada nas proximidades.

Após seis meses de estocagem, os resultados dos testes de teor de umidade, atividade de água, peso específico aparente, ácidos graxos livres, rendimento do grão, renda do benefício, razão de absorção de água e sa-

bor apresentaram variações mínimas em relação aos obtidos inicialmente. Não foi constatada a presença de insetos vivos ou mortos. Houve apenas uma ligeira degradação do teor de vitamina B₁ no arroz polido. Entretanto, verificou-se aumento acentuado da percentagem de infecção fúngica por spp do grupo *A. glaucus* para o teor de umidade de 14% e principalmente para o de 15%. Contudo, esse aumento não foi acompanhado por alterações na coloração, sabor e teor de ácidos graxos livres. Para esse mesmo teor de umidade constatou-se, ainda, que a viscosidade a frio diminuiu e a viscosidade a quente aumentou. A razão de expansão de volume diminuiu consideravelmente para o produto armazenado com diferentes teores de umidade.

As determinações periódicas da temperatura no interior dos silos indicaram que a amplitude de variação térmica nos mesmos foi menor que aquela observada no ambiente.

Ao final do experimento, os teores de CO₂ atingiram os valores máximos de 6,0%; 7,7; e 8,6% (em média), respectivamente, para as umidades de 12, 14 e 15%, e os de O₂ atingiram valores mínimos de 15,9%; 13,2% e 10,3%, respectivamente, para os mesmos teores médios de umidade iniciais.

Os resultados indicaram ser o silo subterrâneo revestido com polietileno uma alternativa viável para o armazenamento do arroz em casca, não infestado, com teor de umidade de até 15% e por um período de até 6 meses.

SUMMARY

Paddy, variety IAC 4440, produced during the 87/88 growing season sundried to average moisture contents of 15.0%; 14.1% and 12.1% was bulk stored in 27 small (60kg each) underground polyethylene silos. Samples were taken initially and at intervals of 2, 4, and 6 months of storage by opening nine silos after each period of storage.

The progress and extent of quality changes during storage were evaluated by submitting the samples to the following tests: moisture content, water activity, bulk density, free fatty acids, insect infestation, fungal infection, milling yield, vitamin B₁ content, viscosity, water absorption, volume expansion and flavour.

Measurements of the temperature and carbon dioxide and oxygen contents inside the silos were made at periodic intervals. Environmental average temperatures were supplied by an meteorological station located nearby.

After six months of storage, the analyses showed minimum variations in moisture content, water activity

ity, bulk density, free fatty acid content, milling yield, water absorption and flavour. It was not detected the presence of insects. There was only a slight reduction in the level of vitamin B₁ in the polished rice. However an accentuated increase in the percentage of fungal infection by species of *A. glaucus* group was found in the paddy with a moisture content of 14% and an even greater increase in that with 15% of moisture. This increase was not followed by changes in colour, flavour and free fatty acid content. In the samples with 15% moisture content the cold viscosity decrease and the hot viscosity increased. The volume expansion diminished considerably, in the product stored at different moisture contents.

The periodic determinations of the temperature in the interior of the silos indicated that the range of thermal variation was lower than that observed in the environment.

At the end of the experiment the CO₂ contents reached the average maximum values of 6,0%; 7,7% and 8,6%, and the O₂ contents reached average minimum values of 15.9%, 13.2% and 10.3%, respectively, in the silos at 12%, 14% and 15% moisture contents.

The results indicated that the underground polyethylene silo studied is a feasible alternative for the storage of non-infested paddy with a moisture content of up to 15%, for a period of six months.

INTRODUÇÃO

Os grãos, no ambiente de estocagem, comportam-se como um ecossistema, no qual os elementos bióticos (grãos, insetos e microflora) e abióticos (impurezas, ar intergranular, vapor d'água e estrutura da unidade armazenadora) são afetados, tanto química como biologicamente, por fatores ambientais, como temperatura, umidade e composição do ar. Esses componentes são as variáveis do sistema e estão continuamente interagindo entre si (CALDERON, 1981).

O armazenamento, sob atmosfera modificada, se baseia na alteração das concentrações dos gases do ar intergranular, de modo a controlar a atividade indesejável de insetos e fungos e minimizar as transformações químicas que ocorrem no grão, como consequência do processo normal de envelhecimento.

Nos silos subterrâneos, a atmosfera desenvolvida é resultado da atividade respiratória dos grãos e/ou dos organismos a eles associados. Essa técnica de conservação apresenta várias vantagens em relação a outras formas de estocagem, tais como simplicidade de construção, baixo custo e possibilidade de controle de pragas sem a utilização de produtos químicos.

Os silos subterrâneos têm sido utilizados para armazenagem de grãos em vários países do Mediterrâneo e da África durante muitos séculos. Evidências arqueológicas de silos subterrâneos foram descobertas em Chipre, Egito e Palestina. Essas estruturas de estocagem ainda são amplamente utilizadas para armazenagem de grãos alimentícios em muitos países africanos (ABDALLA, 1982).

Desde 1973, o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL/Campinas) vem trabalhando com silos subterrâneos revestidos com polietileno e as pesquisas desenvolvidas indicaram a viabilidade de utilização dessa técnica de armazenagem para milho e feijão (SARTORI & COSTA, 1975; SARTORI & VITTI, 1986; SARTORI *et alii*, 1981a; SARTORI *et alii*, 1981b; SARTORI *et alii*, 1981c; SARTORI *et alii*, 1985). Milho conservou-se bem, do ponto de vista da qualidade tecnológica para fins industriais (separação de amido, germen, glúten, fibras e rendimento do processo), por um período de seis meses até mesmo quando armazenado a 16,4% de umidade. Desconhece-se ainda o comportamento do arroz, quando armazenado a diferentes teores de umidade nos silos subterrâneos revestidos com polietileno. Entretanto, WILLS (1983), ao realizar estudos de laboratório, verificou que arroz umedecido contendo 20% de umidade poderia ser satisfatoriamente armazenado durante seis semanas a 30°C em recipientes herméticos de vidro ou sacos de polietileno.

O arroz é alimento básico da população brasileira e para que sua qualidade seja mantida, até ser con-

sumido, é necessário que, após a colheita, o produto seja rapidamente secado e armazenado em estruturas e condições adequadas.

Uma vez que no silo subterrâneo revestido com polietileno é possível conseguir, por um baixo custo, o armazenamento sob atmosfera modificada, este poderia ser uma solução recomendável para os locais onde existisse dificuldade em se promover a secagem do arroz, até os níveis considerados seguros para sua armazenagem, bem como, onde houvesse inexistência de infra-estrutura para a estocagem dos grãos. Ressalta-se ainda o problema da resistência de insetos a inseticidas e fumigantes, que vem sendo constatado pelos trabalhos de SARTORI *et alii* (s.d.) e PACHECO *et alii* (s.d.).

Este trabalho de pesquisa teve por objetivo verificar o comportamento do arroz, quando armazenado em casca, a granel, sob atmosfera modificada em silo subterrâneo revestido com polietileno, com teores médios de umidade de 12, 14 e 15% por um período de até seis meses.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CRITÉRIOS DE QUALIDADE DO ARROZ

BOXAL & CALVERLEY (1986) comentam que o termo qualidade terá diferentes significados para as diferentes pessoas envolvidas com o manuseio, armazenamento, processamento e utilização do grão, mesmo que todos estejam procurando grão de "boa qualidade". Esses mesmos autores agrupam as qualidades em duas amplas categorias denominadas de qualidades intrínsecas e adquiridas e mencionam algumas características físicas do grão, tais como peso específico aparente, condutividade térmica, teor de umidade de equilíbrio e fluidez como qualidades intrínsecas importantes em relação aos projetos de equipamentos e estruturas para manuseio e armazenamento de grãos.

WEBB & STERMER (1972) relatam que a qualidade do arroz, como de todos os outros numerosos produtos alimentícios, é avaliada de acordo com a sua adequação para uso específico de um consumidor particular e está muito relacionada com a qualidade do grão inteiro brunido, uma vez que todas as culturas de arroz doméstico apresentam elevado grau de polimento. Esses autores ainda afirmam que a "qualidade do arroz" apresenta dois significados gerais:

1. Qualidades para o processamento, cozimento e beneficiamento, as quais se referem à adequação do grão para um uso particular; 2. Qualidade física, que significa limpeza, sanidade e ausência de materiais estranhos.

PILLAIYAR (1979) afirma que o conceito de qualidade varia com os hábitos alimentares das pessoas e muda de país para país e dentro do próprio país.

FAURE (1986) menciona as diferenças no conceito de "boa qualidade" em vários locais. Na Tailândia, "boa qualidade" se refere ao grão de arroz longo, fino e translúcido que resulta em produtos cozidos macios e soltos, mas os consumidores do nordeste daquele país preferem arroz ceroso e viscoso, cozido no vapor, após permanecer embebido em água durante a noite. No Japão, o parâmetro mais importante para se avaliar a qualidade para o consumo é a viscosidade e o brilho. Nas Filipinas, um arroz cozido com características desejáveis é descrito como aquele que permanece macio mesmo quando frio, é moderadamente aromático, branco, ligeiramente viscoso, brilhante e possui um sabor característico de moderado a forte. No Senegal, arroz quebrado branco é definitivamente preferido ao arroz inteiro, sendo que a maioria das 600.000 toneladas anuais de arroz importado da Tailândia são grãos quebrados.

Nos EUA, a qualidade do arroz é avaliada, como relatam WEBB & STERMER (1972), de acordo com o tamanho do grão, uniformidade e aparência geral (cor e translucidez), rendimento no beneficiamento, cozimento e características para o processamento, limpeza, sanidade e pureza. Esses

autores enfatizam o significado das propriedades físicas, tais como tamanho, forma, uniformidade e aparência geral, na descrição da qualidade do produto, baseando-se em que a maior parte desse cereal é processada e consumida na forma de grão inteiro.

No Brasil, os consumidores de modo geral, preferem arroz de coloração branca e que permanece solto e macio após o cozimento e com sabor e odor característicos.

A classificação desse produto, beneficiado, polido em nosso país, se baseia na percentagem de matérias estranhas e impurezas, percentagem de grãos mofados e ardidados, percentagem de defeitos gerais agregados (grãos danificados, manchados, picados, amarelos, rajados, gessados e não parboilizados), percentagem total de quebrados e quirera e percentagem máxima de quirera (BRASIL, 1988).

De modo geral, comenta PILLAIYAR (1979), os consumidores de arroz preferem os grãos inteiros de coloração branca e polimento adequado.

FAURE (1986) relata que a aceitabilidade pelos consumidores dos cereais de clima tropical, entre os quais o arroz, está diretamente relacionada com:

- tamanho e formato dos grãos, que não se modificam durante a armazenagem mas dependem da variedade;
- rendimento no beneficiamento e quantidade de grãos quebrados, os quais se alterem durante a estocagem;
- descoloração, sabor, textura e qualidades culinárias, os quais dependem das mudanças bioquímicas que

ocorrem durante a estocagem e também dos fatores físicos anteriores aos quais os grãos foram submetidos durante a colheita, secagem, manuseio e beneficiamento;

- nível de contaminação por bolores e outros fungos, insetos e roedores;

- hábitos alimentares, que diferem de país para país, e dentro do próprio país.

As qualidades dos grãos são definidas, deste modo, segundo esse mesmo autor, como características relacionadas com a aceitabilidade pelo consumidor ou preferência, quando uma escolha é possível entre pelo menos duas variedades ou lotes do mesmo cereal.

PILLAIYAR (1979) menciona que, apesar da composição inerente do arroz governar a maioria das suas características culinárias e para consumo, as condições de estocagem e processamento podem afetar consideravelmente as propriedades físico-químicas e a aceitabilidade por parte do consumidor. As condições de estocagem, de acordo com esse mesmo autor também podem, além de alterar os constituintes e composição do arroz, ocasionar problemas nutricionais e de saúde.

O objetivo da prática do bom armazenamento, é conforme afirmam BOXALL & CALVERLEY (1986), manter condições de estocagem que preservarão no grão as qualidades ou propriedades consideradas importantes pelo usuário final (no comércio, processamento, etc.) a um nível apropriado.

ALGUMAS ALTERAÇÕES QUE PODEM OCORRER NO ARROZ DURANTE A ESTOCAGEM

Peso específico aparente

BENEDETTI (1987) estudou a influência do teor de umidade sobre o peso específico aparente do arroz em casca, na faixa de umidade de 11,18% a 25,52% e verificou que o produto apresentou um acréscimo nos pesos específicos, aparente e real, como o aumento do teor de umidade. De acordo com citação do mesmo autor, WRATTEN *et alii* (1969) e MORITA & SINGH (1979) concluíram que existe uma relação linear positiva entre o teor de umidade do arroz em casca e o seu peso específico aparente. Em contraposição, CHRISTENSEN (1974) afirma que um aumento no conteúdo de umidade reduz o peso específico aparente e, conseqüentemente, grãos úmidos ocupariam mais espaço no transporte ou armazenagem do que grãos mais secos.

Teor de ácidos graxos livres

CHRISTENSEN (1982) indica que a matéria graxa no grão é prontamente hidrolisada pelas lipases em ácidos graxos livres e glicerol durante o armazenamento, particularmente quando a temperatura e o conteúdo de umidade são elevados e, deste modo, favoráveis à deterioração total, sendo este tipo de mudança muito acelerado pelo crescimento fúngico devido à alta atividade lipolítica dos fungos. Esse mesmo autor ainda menciona que, pelo fato da hidrólise da matéria graxa ocorrer muito mais rapidamente do que

a hidrólise das proteínas e carboidratos, o conteúdo de ácidos graxos livres tem sido proposto como um índice sensível da deterioração incipiente dos grãos armazenados.

HUANG (1986) relata que o conteúdo total de lipídios do arroz polido permanece constante durante o armazenamento convencional ou durante o armazenamento hermético, sob uma larga amplitude de condições de umidade e temperatura. Contudo, de acordo com o mesmo autor, sua composição se modifica: a fração de ácidos graxos livres aumenta e a matéria graxa neutra e os fosfolípídeos diminuem.

DE LUCCA & ORY (1987) verificaram em seu trabalho que a atividade das lipases nos cereais é muito inferior à das sementes oleaginosas, sendo muito possível, deste modo, que as lipases microbianas sejam a causa primária da liberação dos ácidos graxos livres no arroz integral e no farelo de arroz.

PILLAIYAR (1979) relata que elevados teores de umidade e temperatura e baixo grau de polimento aceleram as mudanças relativas à acidez no arroz, sendo que essas ainda são intensificadas pelo crescimento fúngico.

Infestação por insetos

O controle dos insetos que atacam os grãos armazenados pode ser conseguido pelo armazenamento em uma atmosfera com baixa concentração de oxigênio ou baixa temperatura (PIXTON *et alii*, 1964).

SPRATT (1975) demonstrou que, quando o dióxido

de carbono está presente, o oxigênio é utilizado mais rapidamente e os insetos morrem em concentrações de oxigênio mais elevadas.

BAILEY & BANKS (1975) observaram que altas mortalidades de *Tribolium castaneum* foram obtidas com concentrações de oxigênio abaixo de 3% e com concentrações de dióxido de carbono excedendo 35% no ar.

BAILEY (1955), de acordo com citação de BAILEY & BANKS (1975), concluiu que a redução no teor de oxigênio é que foi importante para se conseguir uma significativa mortalidade dos insetos e que eles foram mortos quando a concentração de oxigênio decresceu abaixo de 2% em volume.

PYRAH & JAY (1986) relatam que o dióxido de carbono é um regulador da respiração e uma concentração entre cerca de 40% e 80% aumenta a velocidade de respiração dos insetos. Nestas condições, eles eliminam uma quantidade anormal de água e CO_2 , conduzindo à dissecação e eventual morte.

BANKS (1978) menciona que 60% de CO_2 no ar tem sido estabelecido como o nível biológico ótimo para a ação tóxica do dióxido de carbono. Essa mistura contém cerca de 8% de oxigênio, o qual é suficiente, na ausência de CO_2 , para a sobrevivência da maioria das pragas dos grãos armazenados. Esse mesmo autor, ainda comenta que uma concentração de 35% de dióxido de carbono no ar mata os insetos, mas a uma taxa bem reduzida.

KASHI (1981) relata que o dióxido de carbono é

apenas moderadamente tóxico aos insetos e é efetivo somente, quando concentrações em excesso de 40% são mantidas por um período de tempo suficientemente longo. De acordo com esse mesmo autor, testes de laboratório têm demonstrado que tempos de exposição superiores a 14 dias são requeridos para matar os insetos, quando a atmosfera contém menos do que 40% de CO₂.

JAY (1984) verificou que foram necessárias de 2 a 3 semanas para reduzir em 100% a emergência de *Sitophilus oryzae*, quando formas imaturas foram expostas a uma atmosfera com 60% de CO₂ a 15°C. Esse mesmo autor ainda comentou que o dióxido de carbono pode ser utilizado em estruturas que apresentem vazamentos, porque é efetivo contra os insetos de grãos armazenados em concentrações ao redor de 50%, e torna-se mais efetivo a 60% ou mais.

BAILEY & BANKS (1975) comentam que há um pronunciado efeito da temperatura sobre o período de tempo requerido para se alcançar um dado nível de mortalidade, quando se utilizam baixos teores de oxigênio.

DAVIS & JAY (1983) indicam que a temperatura dos grãos deve estar acima de 21°C durante o tratamento com CO₂ para controlar os insetos.

PYRAH & JAY (1986) relatam que o dióxido de carbono não é efetivo abaixo de 15,5°C, porque a respiração é muito baixa. Entre 21,1°C e 26,6°C, uma atmosfera com 60 a 80% de dióxido de carbono virtualmente matará todos os insetos de grãos armazenados em 5 a 7 dias. Acima de 26,6°C, o gás faz efeito mais rapidamente.

KASHI (1981) menciona que a efetividade do CO₂ contra os insetos aumenta, quando a temperatura ambiente também aumenta; as mudanças são maiores entre 15 e 25°C e são mais pronunciadas em adultos. Deste modo, esse mesmo autor ainda indica que o nível de CO₂ deve ser mantido em 60% ou próximo deste teor por pelo menos 10 dias em locais de clima quente e por períodos superiores a 14 dias sob condições de clima frio, por meio da adição de gás extra ou da recirculação, se o silo for hermético.

Infeção fúngica

DE LUCCA & ORY (1987) indicam que a qualidade do arroz beneficiado pode ser afetada por diversos fatores - grãos danificados, descoloridos ou com odor a mofo - todos associados direta ou indiretamente com contaminação fúngica.

CHRISTENSEN & KAUFMAN (1969) afirmam que as condições que influenciam o desenvolvimento de fungos de armazenamento sobre os grãos armazenados são: (1) conteúdo de umidade do grão armazenado; (2) temperatura; (3) período de tempo em que o grão é armazenado; (4) nível de invasão dos grãos por fungos de armazenamento anterior à chegada do produto no local de armazenamento; (5) quantidade de material estranho presente no grão; (6) atividade de insetos e ácaros.

As concentrações de dióxido de carbono e particularmente de oxigênio na atmosfera intergranular também afetam o desenvolvimento fúngico (CALDERON, 1981; MAGAN &

LACEY, 1984; MAGAN & LACEY, 1988; HYDE *et alii*, 1973). Embora o crescimento fúngico possa ocorrer, apesar do decréscimo na concentração de O₂ e acréscimo de CO₂, o início do crescimento é consideravelmente retardado, especialmente, em baixa atividade de água, podendo ser ainda mais acentuado com a diminuição da temperatura e do pH (MAGAN & LACEY, 1984).

PASTER & BULLERMAN (1988) comentam que a habilidade dos fungos para tolerar altos níveis de CO₂ é bem conhecida. *A. flavus*, *A. ochraceus* g., *Penicillium patulum* e espécies do *A. glaucus* e *Fusarium sporotrichioides* estariam entre as espécies de fungos somente inibidas quando os níveis de CO₂ excedessem em 50%. Entretanto, MAGAN & LACEY (1984) demonstraram claramente que a resposta de muitos fungos de campo e de armazenamento a baixos teores de O₂ e altas concentrações de CO₂ é altamente dependente da atividade de água e temperatura.

KASHI (1981) comenta que o CO₂ além de outros benefícios, tem um efeito depressivo sobre o crescimento de fungos de armazenamento. O nível de tal retardamento é influenciado pela umidade relativa e temperatura: a maioria dos fungos não são mortos mesmo por altas concentrações de CO₂ e reassumem o crescimento normal, uma vez que os teores do gás diminuem.

BOTTOMLEY *et alii* (1950) conduziram um estudo detalhado com milho, das interações entre a composição gasosa, atividade de água e temperatura sobre o crescimento fúngico. Verificaram que o crescimento fúngico no milho

foi afetado principalmente pela variação na umidade relativa entre 100 e 75% e menos pela variação na concentração de oxigênio entre 21 e 0,1%. Entretanto, a temperatura mínima testada foi 25°C.

DE LUCCA & ORY (1987) afirmam que a temperatura é outro fator importante envolvido na deterioração dos grãos armazenados pelos fungos, sendo que os fungos comuns, nos grãos, crescem mais rapidamente na faixa de 30 a 34°C, embora a deterioração não seja somente um efeito da temperatura. Em condições de alta umidade relativa (70-75%) e alta temperatura (25-30°C), a invasão fúngica ocorrerá (ARAULLO *et alii*, 1976). Sob essas condições ocorre descoloração e o arroz perde seu brilho, havendo o desenvolvimento de sabor e aroma estranhos e produção de micotoxinas (PILLAIYAR, 1979).

CHRISTENSEN & KAUFFMAN (1969) comentam que grãos que têm um conteúdo de umidade acima de 15% serão susceptíveis à invasão e crescimento por membros do grupo *A. glaucus*, tais como *A. repens*, *A. amstelodami* e *A. ruber*, os quais, segundo estes mesmos autores, seriam os fungos predominantes.

Rendimento do grão e renda do benefício

SARTORI *et alii* (1978) indicam que o rendimento do grão é influenciado pela variedade, conteúdo de umidade do arroz durante a colheita, secagem, armazenamento e beneficiamento.

TOQUERO & DUFF (1985) indicam que a qualidade de beneficiamento é influenciada pelo conteúdo de umidade do arroz em casca no momento da colheita, durante a secagem, armazenamento e beneficiamento. Deste modo, arroz com elevada qualidade de beneficiamento deve ser colhido no correto estágio de maturação, seco apropriadamente, armazenado e beneficiado sob condições de umidade ótima para haver o mínimo de quebra. Esses mesmos autores afirmam que o conteúdo de umidade ótimo para a colheita é de 21 a 24% e o valor máximo para armazenagem segura e beneficiamento é de 14%.

Teor de tiamina (vitamina B₁)

Do ponto de vista nutritivo, a alteração mais importante que se verifica no arroz durante a estocagem é a modificação no teor de vitamina B₁.

CHRISTENSEN (1982) afirma que vários estudos indicaram que a tiamina é bastante estável durante a estocagem.

SARTORI *et alii* (1978) observaram que não ocorreram mudanças acentuadas no conteúdo de tiamina no arroz integral e polido obtido de amostras de arroz armazenado em casca, com teor de umidade de 12,7%, em armazém inflável e convencional, durante o período de armazenamento de 9 meses.

BARBER (1972) indica que o armazenamento do arroz polido resulta em perda significativa de vitaminas,

sendo que a deterioração é mais rápida com os aumentos do conteúdo de umidade do arroz e temperatura de estocagem.

Qualidade de cozimento

A qualidade de cozimento é normalmente avaliada por meio de testes de viscosidade, absorção de água, expansão de volume e sabor.

BARBER (1972) comenta que as qualidades para consumo do arroz, definidas como aparência, coesividade, maciez e sabor, sofrem mudanças significativas durante o armazenamento.

SARTORI *et alii* (1978) relatam que o armazenamento causa o envelhecimento do produto, sendo este um processo natural e espontâneo, que envolve mudanças nas características físicas e químicas do arroz, as quais provocam alterações nas qualidades para cozimento, processamento, organolépticas e nutricionais, afetando, inclusive, o valor comercial do grão. Esses mesmos autores ainda relatam que, dependendo das condições ambientais, do período de armazenamento e da condição inicial do grão, as reações químicas e bioquímicas produzem efeitos desejáveis ou indesejáveis no produto final.

DESIKACHAR & SUBRAHMANYAN (1959) mencionam que o arroz polido, obtido do arroz em casca recém-colhido, transformou-se em massa pastosa durante o cozimento, mas quando armazenado previamente durante algumas semanas, a tendência para aglutinação diminuiu.

PILLAIYAR (1979) relata que as mudanças na viscosidade durante a estocagem são causadas principalmente devido à degradação do amido e combinação das moléculas de amilose com os ácidos graxos livres liberados pela hidrólise dos lipídeos. Esse mesmo autor relata que as mudanças deteriorativas que ocorrem durante o armazenamento do arroz se evidenciam, primeiramente por mudanças nas propriedades reológicas do arroz cozido e depois pelas alterações características no sabor e aroma resultantes do processo de envelhecimento.

YASUMATSU & MORITAKA (1964) verificaram em seu trabalho que o aumento na quantidade de ácidos graxos livres resultou em um aumento na viscosidade máxima em amilogramas e modificou propriedades reológicas do arroz cozido.

SARTORI *et alii* (1978) concluíram que, uma vez que a velocidade das reações químicas aumenta com a temperatura, o emprego do armazenamento a baixa temperatura, imediatamente após a colheita, também tenderia a retardar as reações desejáveis que ocorrem durante esse período e que o arroz polido cozido, obtido do arroz em casca armazenado sob essas condições, tenderia a permanecer com alto grau de coesividade. Esses mesmos autores ainda comentam que, como a temperatura e o teor de umidade estão interrelacionados, se o teor de umidade for razoavelmente baixo, não há necessidade da temperatura ser muito baixa para conservar a qualidade do produto.

Vários autores, de acordo com citação de BARBER

(1972), relatam que o armazenamento do arroz polido provoca aumento na capacidade de absorção de água e maior volume de grãos cozidos. Os aumentos da absorção de água e da expansão de volume são paralelos. A velocidade e a extensão das mudanças dependem, principalmente, da temperatura de armazenamento e, em menor grau, do conteúdo de umidade. Quanto maior a temperatura maiores são as mudanças.

SARTORI *et alii* (1978), ao armazenarem arroz em casca em armazém convencional e inflável, verificaram que houve um ligeiro aumento na razão de absorção durante o todo o período de armazenamento para o arroz estocado em armazém convencional, sendo que para o produto armazenado em armazém inflável, a razão de absorção de água também aumentou até o 5º mês, mostrando então uma certa tendência para se estabilizar e até mesmo diminuir no final do período de armazenamento. A razão de expansão de volume variou paralelamente com a razão de absorção de água. Esses mesmos autores observaram ainda que arroz em casca com maior tempo de estocagem, quer armazenado no armazém convencional, quer no inflável, apresentou, maiores viscosidades a quente e a frio.

MODIFICAÇÃO NA ATMOSFERA DE ARMAZENAMENTO

MITSUDA & YAMAMOTO (1980) comentam que no armazenamento hermético dos grãos, presume-se que o oxigênio será exaurido e que o dióxido de carbono será produzido em poucos dias devido à respiração tanto dos grãos como dos organismos contaminantes, sendo a taxa em que o oxigênio é

exaurido dependente principalmente do conteúdo de umidade do grão. Esses mesmos autores ainda afirmam que quanto mais elevado o conteúdo de umidade, mais rápida será a diminuição do teor de oxigênio; entretanto, durante esse período, mudanças químicas, inevitavelmente ocorrem, afetando a qualidade do grão.

CHRISTENSEN (1982) relata que a respiração de cereais produz água, dióxido de carbono e calor, sendo que em cereais armazenados com menos de 14% de umidade a 20°C, a respiração é lenta, mas aumenta com o aumento da temperatura e conteúdo de água. Esse mesmo autor ainda afirma que os principais fatores que controlam a respiração dos grãos são a umidade, temperatura, aeração e histórico do lote.

HYDE *et alii* (1973) comentam que é difícil, na prática, distinguir a respiração da semente daquela de insetos e fungos que a atacam, sendo também difícil de separar os efeitos da temperatura e umidade sobre a taxa de respiração. Segundo esses mesmos autores, embora a taxa de respiração seja baixa em grãos secos desinfestados, ela cresce rapidamente se o grão for infestado por insetos, sendo o aumento maior a temperaturas mais elevadas. LINDGREN (1935), de acordo com citação desses mesmos autores, mostrou que, embora a produção de CO₂ em grãos infestados fosse menor a conteúdos de umidade mais baixos, isso foi largamente atribuído à mortalidade dos insetos.

DIWARA *et alii* (1986) relatam que, na maioria das situações, condições de baixo teor de oxigênio são

produzidas pela respiração do próprio ecossistema de grãos. Entretanto, quando o conteúdo de umidade é relativamente baixo, cerca de 17% em base úmida para o trigo, por exemplo, a redução natural do oxigênio tornar-se-ia demais lenta e os insetos e fungos poderiam continuar a se desenvolver vagarosamente, de acordo com citação de HYDE (1973) e SHEJBAL & DE BORSLAMBERT (1982).

HYDE *et alii* (1973) comentam que, ao contrário dos insetos, a maioria dos fungos são incapazes de se desenvolver em umidades relativas muito inferiores a 70%, as quais, em grãos de cereais, correspondem a um conteúdo de umidade de cerca de 14%; deste modo, grãos mais secos que este valor, se não infestados por insetos, tem a taxa de respiração tão baixa quanto a de uma semente dormente e mesmo em países quentes, podem ser armazenados, sem mudança nas propriedades, em armazenamento aberto ou em estruturas herméticas.

De acordo com DIAWARA (1986), para grãos com atividade de água menor do que 0.90; o aparente déficit na produção de CO₂ comparado ao O₂ absorvido pode ser explicado pela adsorção de parte do CO₂ produzido pelos grãos. Esse mesmo autor relata que se observou um aumento na capacidade de adsorção em grãos secos (Aa = 0.70); deste modo, grande quantidade de CO₂ é adsorvida pelo grão e, portanto, não é medido na atmosfera intergranular.

MATERIAL E MÉTODOS

MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizadas aproximadamente 2 toneladas de arroz em casca, variedade IAC 4440, recém-colhido (abril de 1988), proveniente de Vargem Grande do Sul.

O arroz foi colhido manualmente, com teores de umidade na faixa de 20,1% a 27,2%, trilhado e, em seguida, ensacado e transportado para o local do experimento, onde permaneceu em câmara fria (5°C). Após aproximadamente 16 horas, o produto foi retirado e exposto ao sol para eliminação do excesso de umidade. Depois da homogeneização, coletou-se uma amostra composta para caracterização da matéria-prima e o produto foi recolocado na câmara fria até a fase de secagem.

SECAGEM

O arroz foi secado ao sol até atingir os níveis de umidade de 15,0%, 14,1% e 12,1%. Os lotes contendo os diferentes teores de umidade foram mantidos separadamente na câmara fria durante 16 dias, até a instalação do experimento.

ARMAZENAMENTO

Foram abertas 27 valas com as dimensões de 0,6 x 0,3 x 0,35m, dispostas em filas de 9 unidades cada, com 1 metro de espaçamento entre as filas e 0,8m entre as covas da mesma fila.

~~As valas foram pulverizadas com cupinícida à~~
base de Aldrin, na concentração de 0,5%, e o seu fundo foi revestido com sacaria usada de polietileno trançado para proteção do filme de polietileno utilizado no revestimento da vala. O filme de polietileno utilizado foi de baixa densidade, com 0,3mm de espessura e 182g/m² de gramatura. Foram confeccionados sacos com 2,00m de perímetro de boca e 1,40m de comprimento, a partir de um tubo de polietileno com 4,00m de largura e 50,0m de comprimento.

Para preenchimento dos silos, os lotes contendo os diferentes teores de umidade foram retirados um a um da câmara fria e após terem atingido a temperatura ambiente, homogeneizados, antes de serem colocados nas unidades armazenadoras.

A distribuição das unidades armazenadoras, no local do experimento, contendo o produto com os diferentes teores de umidade, foi feita segundo um esquema de delineamento de blocos completos balanceados (Figura 1).

Após o preenchimento dos silos, as bordas do polietileno foram seladas com cola de sapateiro deixando-se 10cm de abertura de cada lado (posteriormente fechada) para eliminação do excesso de ar (Figura 2).

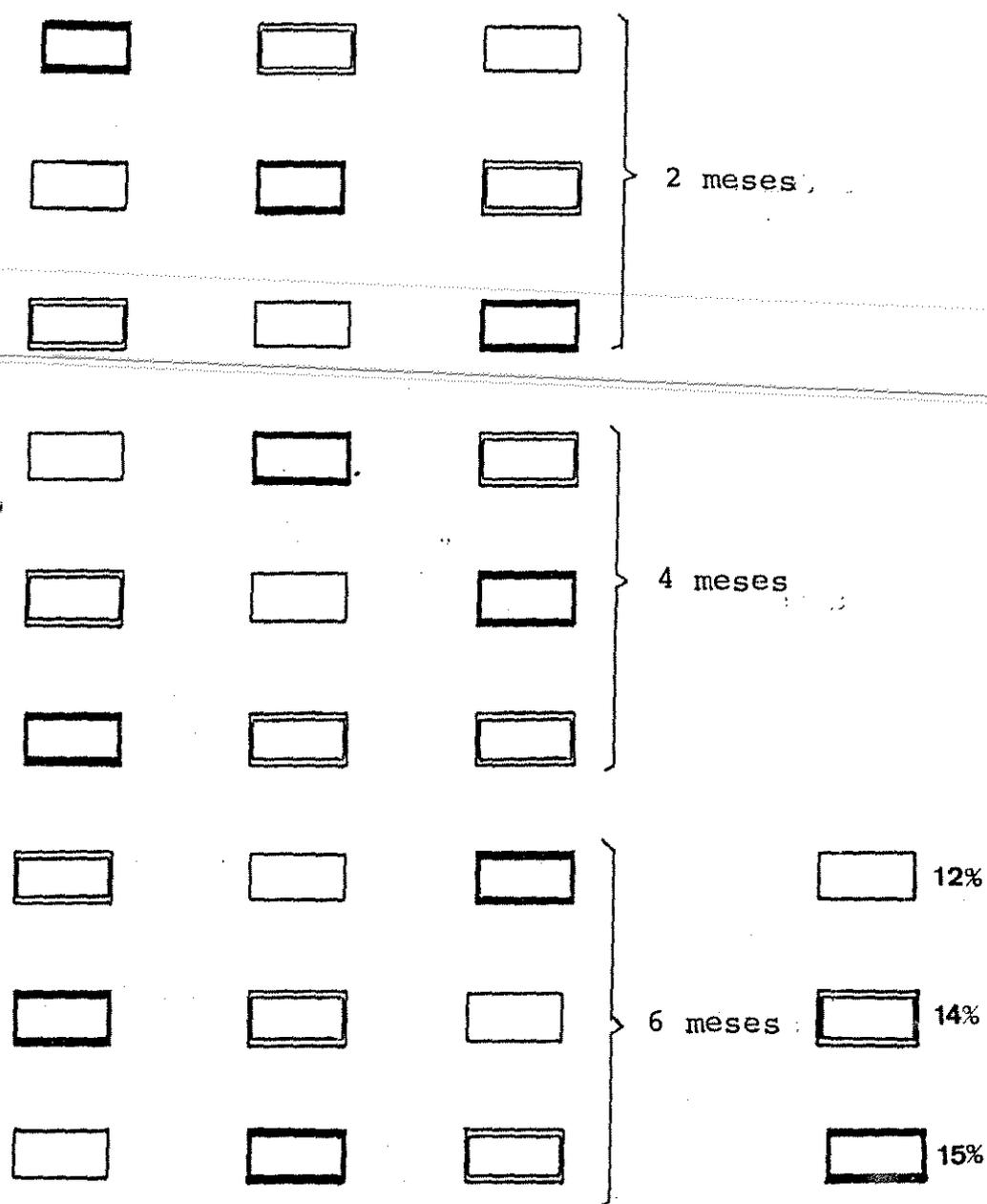


FIGURA 1. Distribuição do produto com diferentes teores de umidade nas 27 unidades armazenadoras.

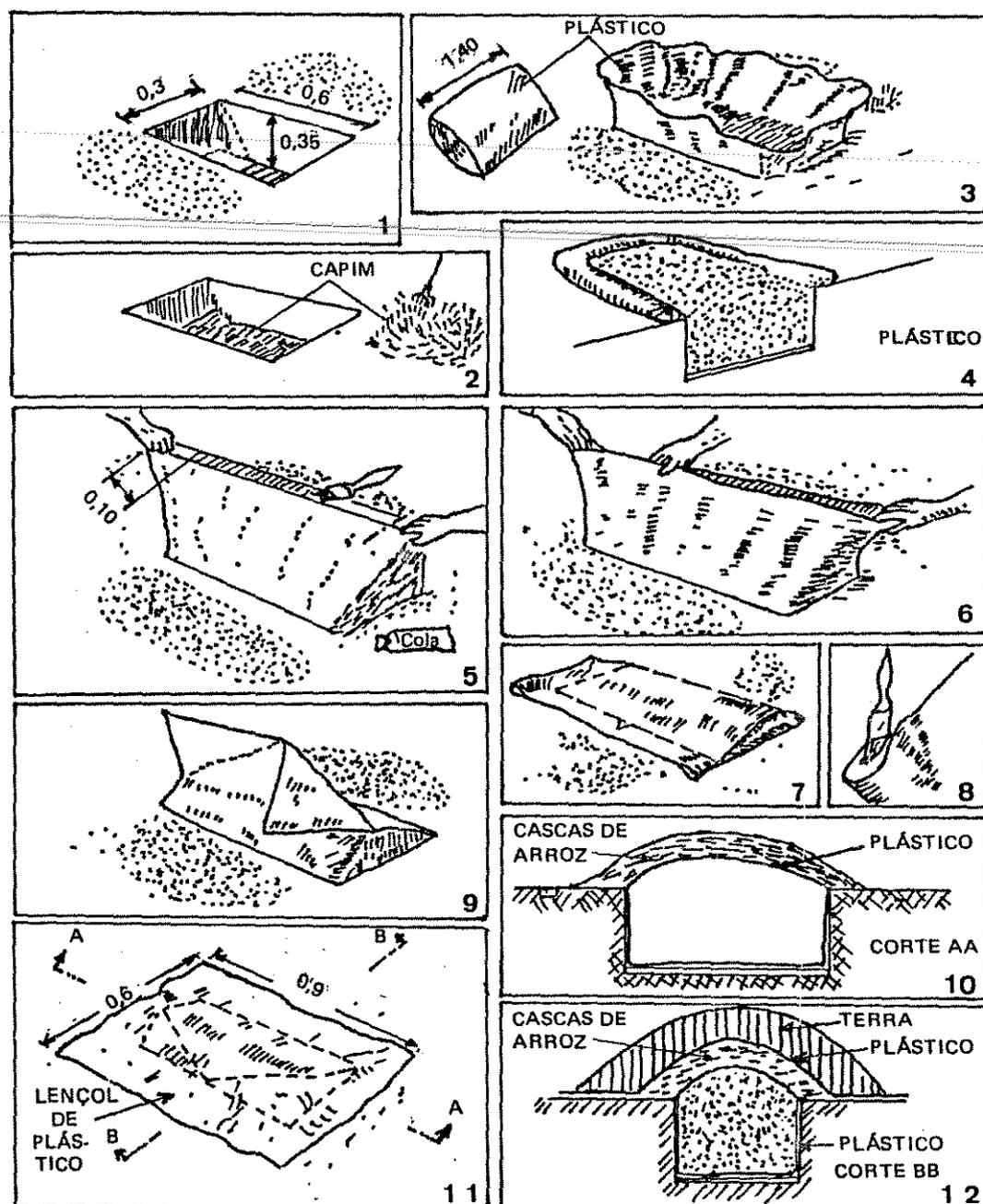


FIGURA 2. Instalação das unidades armazenadoras.

Fonte: Instituto de Tecnologia de Alimentos & Coordenadoria da Assistência Técnica Integral, s.d.

Sobre cada silo, após o fechamento, colocou-se uma camada de cascas de arroz e, sobre esta, um segundo lençol de polietileno ultrapassando os bordos da vala em 30cm. Os silos foram então cobertos com uma camada de terra de aproximadamente 60cm de espessura (Figura 3).

AMOSTRAGEM

Com a finalidade de se verificar a condição inicial do produto (tempo 0 meses), foram feitas amostras compostas, retirando-se, durante o preenchimento, aproximadamente 4kg de arroz de 3 silos contendo o mesmo teor de umidade. As amostras para determinação do teor de umidade foram retiradas e analisadas individualmente para se verificar a eficácia da homogeneização dos lotes realizada anteriormente (apêndice I).

Na época de cada amostragem (2, 4 e 6 meses), foram abertas 9 unidades, sendo 3 repetições para cada teor de umidade.

Por ocasião da abertura de cada silo eram determinados a temperatura e o teor de umidade na camada superior e inferior, com a finalidade de se verificar a homogeneidade do produto. Não tendo sido constatada diferença no teor de umidade, nos diferentes níveis, retirou-se uma amostra de aproximadamente 30kg, que foi posteriormente homogeneizada e dividida no homogeneizador BOERNER em duas amostras de 15kg, sendo uma desprezada e a outra (amostra de trabalho) submetida a divisões sucessivas até

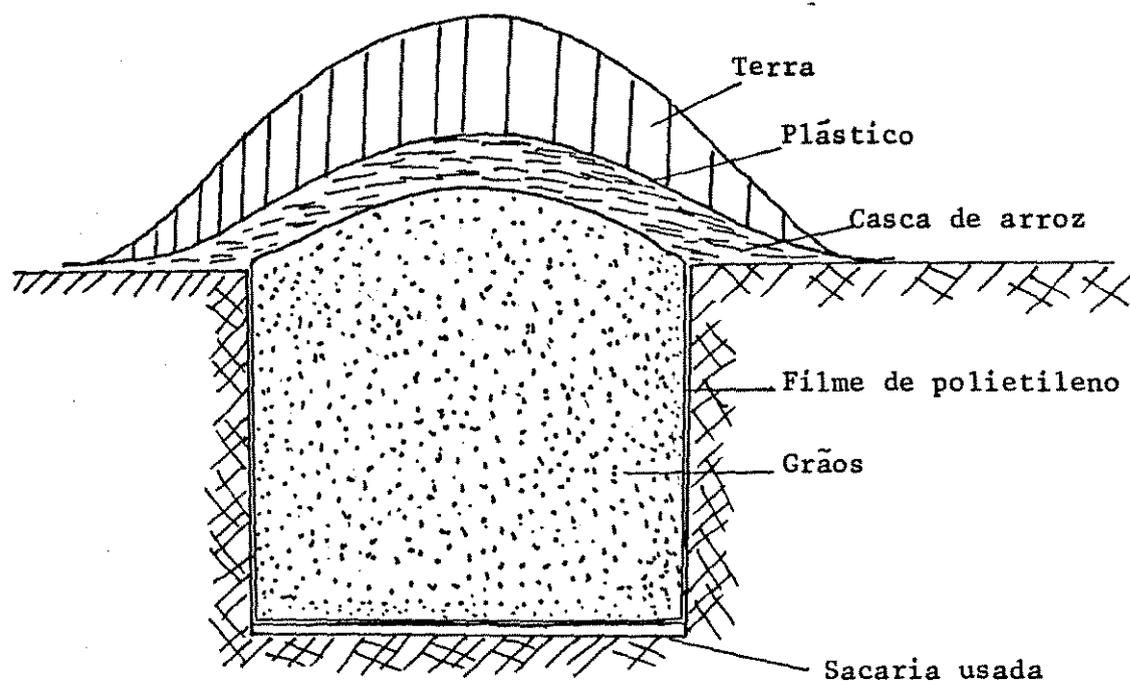


FIGURA 3. Esquema do silo subterrâneo experimental.

se obter as quantidades de amostras necessárias para cada teste.

As amostras assim obtidas foram submetidas a testes com a finalidade de avaliar a qualidade do produto sob vários aspectos.

TESTES

A qualidade do produto foi avaliada sob vários aspectos, submetendo-se as amostras assim retiradas inicialmente e após 2, 4 e 6 meses de estocagem aos seguintes testes:

Teor de umidade

Foi determinado utilizando-se 3 repetições de 15g de grãos inteiros em estufa aerada a $103^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 72 horas (AACC, 1976).

Temperatura dos grãos no interior dos silos

Foi determinada utilizando-se termopares (cobre constantan) e as leituras foram efetuadas conectando-os aos potenciômetros COMARK e HOT SPOT DETECTOR.

Temperatura ambiente

As temperaturas ambientais mínimas, máximas e médias dos meses de maio a novembro foram fornecidas por uma estação meteorológica do Instituto Agrônomo de Campinas, localizado nas proximidades.

Atividade de água

Foi determinada utilizando-se um aparelho NOVA SINA.

Teores de oxigênio e dióxido de carbono do ar intergranular

Os teores de CO₂ e O₂ do ar dos silos foram determinados em cromatógrafo a gás e com o aparelho de OR-SAT. Para análise em cromatógrafo, as amostras foram coletadas em ampola de vidro, utilizando-se o aparato apresentado na Figura 4.

Peso específico aparente

Foi determinado no arroz em casca e no integral em aparelho-padrão (U.S.D.A.) da Seedburo para essa finalidade. Considerou-se como resultado a média de cinco determinações obtidas.

Ácidos graxos livres

Foram determinados pelo método da AOCS (AOCS, 1974) com as seguintes modificações: a extração do óleo foi feita colocando-se o material triturado juntamente com éter de petróleo (p.e. 30 a 60°C) em liquidificador e a eliminação do resíduo de solvente foi feita utilizando-se fluxo de nitrogênio.

Infestação por insetos

Amostras de aproximadamente 1kg foram peneira-

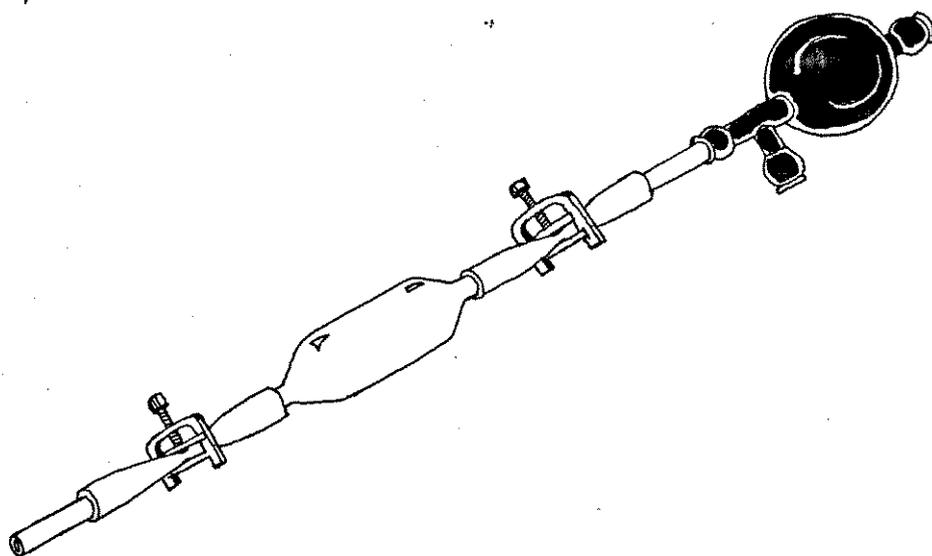


FIGURA 4. Aparato para amostragem de ar dos silos.

das e examinadas visando detectar a presença de insetos vivos ou mortos. A infestação interna por espécies de *Sitophilus* foi verificada utilizando-se o método de fucsina ácida descrito por FRANKENFELD (1948).

Análise micológica

Foi efetuada de acordo com a metodologia indicada por PHILLIPS (1987) e descrita a seguir:

Crescimento fúngico visível

As amostras de arroz sem casca foram examinadas com o auxílio de um microscópio para se verificar a ocorrência de crescimento fúngico visível na superfície dos grãos. Foram utilizadas três repetições de 10g de amostra cada. Os grãos que apresentassem crescimento fúngico seriam selecionados e pesados sendo o resultado expresso em percentagem.

Infecção interna por fungos

Empregou-se o método do plaqueamento direto. Os grãos foram esterilizados por imersão em uma solução de hipoclorito de sódio 1.5% durante cinco minutos e em seguida enxaguados cinco vezes em água destilada estéril. Foram utilizados 50 grãos dispostos em 5 placas de Petri (10 grãos/placa). Os meios de cultura usados foram constituídos de 20g de glicose, 5g de extrato de levedura, 10g de extrato de malte, 20g de ágar e 1000ml de água destilada (meio GMYE) e 10g de extrato de malte, 3g de extrato de levedura, 400g de glicose, 15g de ágar e 600ml de água destilada (meio MY40G). Foi adicionado

cloramphenicol (100ppm) ao GMYE para inibir o crescimento de bactérias e rosa de bengala (100ppm) para restringir o crescimento de mucorales. As placas foram incubadas à temperatura de 28°C durante 5 a 7 dias para permitir o crescimento fúngico. Quando necessário, para identificação, os fungos eram transferidos das placas e mantidos em culturas puras sobre outros meios de cultura (PDA, ~~CZAPEK e CZAPEK 40~~).

A percentagem indicou o número de grãos que apresentaram fungo de uma determinada espécie, sendo que mais de um fungo se desenvolveu no mesmo grão.

Rendimento do grão e renda do benefício

Os testes foram conduzidos em aparelho descascador-brunidor SUZUKI^R, efetuando-se três determinações de 100g para cada amostra.

Vitamina B₁

Foi determinada no arroz polido de acordo com o método fluorimétrico (STROCHECKER & HENNING; 1967).

Viscosidade

As amostras de arroz polido foram moídas em moinho Miag com regulagem no ponto 100 e passadas posteriormente por peneira de 60 "mesh". Da farinha assim obtida, 50g foram colocados com 450ml de água no copo do amilógrafo, de

terminando-se a curva viscográfica para uma amplitude de temperatura de 30 a 90°C, com aumentos de 1,5°C por minuto. Após 20 minutos a 90°C, deixou-se a temperatura cair na mesma proporção anterior até atingir 50°C. A viscosidade foi medida em unidades Brabender.

Razão de absorção de água e expansão de volume.

Foi efetuado em aparelho de BORASIO utilizando-se a metodologia descrita para o mesmo no próprio aparelho.

Sabor

Foi efetuado por equipe de 8 a 10 provadores treinados, utilizando-se escala de comparação múltipla para avaliação da diferença de sabor, sendo cada amostra-teste comparada com a amostra-padrão (vide apêndice II). Valores de 1 a 5 foram assinalados aos dizeres da escala, sendo 1 = inferior ao padrão em sabor, com presença de sabor estranho definido, inaceitável e 5 = melhor que o padrão em sabor. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste de Dunnet.

A amostra-padrão foi constituída pelo mesmo arroz que, por ocasião do início do experimento, foi submetido à secagem até 12% de umidade e armazenado em sacos plásticos na câmara fria a aproximadamente 5°C.

Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos a uma análise de variância paramétrica. Para a comparação múltipla das médias utilizou-se o teste de Tukey ao nível de erro de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da matéria-prima

O arroz utilizado no presente estudo apresentou as seguintes características:

	Teor de umidade	{ <table style="display: inline-table; vertical-align: middle; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;">Aparelho UNIVERSAL....</td> <td style="padding: 0 5px;">21,1%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;">Estufa aerada.....</td> <td style="padding: 0 5px;">21,8%</td> </tr> </table>	Aparelho UNIVERSAL....	21,1%	Estufa aerada.....	21,8%		
Aparelho UNIVERSAL....	21,1%							
Estufa aerada.....	21,8%							
	Matérias estranhas e/ou impurezas.....	1,5%						
	Rendimentos	{ <table style="display: inline-table; vertical-align: middle; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;">Grãos inteiros.....</td> <td style="padding: 0 5px;">66,2%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;">Grãos quebrados.....</td> <td style="padding: 0 5px;">6,03%</td> </tr> </table>	Grãos inteiros.....	66,2%	Grãos quebrados.....	6,03%		
Grãos inteiros.....	66,2%							
Grãos quebrados.....	6,03%							
	Renda.....	72,23%						
AMOSTRA	Grãos ardidos (defeito grave).....	0,15%						
de 100g	Defeitos gerais	{ <table style="display: inline-table; vertical-align: middle; border: none;"> <tr> <td style="padding: 0 5px;">Danificado e/ou manchado e picado.....</td> <td style="padding: 0 5px;">5,02%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;">Gessado.....</td> <td style="padding: 0 5px;">1,46%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 5px;">Rajado.....</td> <td style="padding: 0 5px;">0,08%</td> </tr> </table>	Danificado e/ou manchado e picado.....	5,02%	Gessado.....	1,46%	Rajado.....	0,08%
Danificado e/ou manchado e picado.....	5,02%							
Gessado.....	1,46%							
Rajado.....	0,08%							
	Total de defeitos gerais agregados.....	6,56%						
	Quanto ao tipo foi classificado como tipo 2, pois o total de defeitos gerais agregados ultrapassou 4%.							
AMOSTRA	Quanto à classe, foi classificado como longo fino, uma vez que 100% dos grãos polidos mediam 6mm ou mais de comprimento.							
de 10g								

Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos da análise estatística estão apresentados na Tabela 1.

Pela Tabela 1 observa-se que:

a) Não houve diferença significativa entre os diferentes teores de umidade apenas para a variável peso específico aparente (arroz em casca);

b) Não houve diferença significativa entre os diferentes períodos de estocagem apenas para a variável rendimento dos grãos (percentagem de grãos quebrados);

c) A interação umidades x tempos só foi significativa nas variáveis ácidos graxos livres e atividade de água, mas os valores observados da estatística F encontram-se no limite de não significância. Portanto, para fins práticos, considera-se como não significativo.

A não significância da interação umidades x tempos indica que as umidades se comportam do mesmo modo para todas as épocas e vice-versa.

Teor de umidade

Os resultados experimentais e da análise estatística das determinações do teor de umidade estão apresentados na Figura 5 e Tabela 2.

Na amostragem realizada aos 2 meses de estocagem constatou-se ter ocorrido uma diminuição significativa nos diferentes teores de umidade em relação às amostras

TABELA 1. Valores da estatística F de Snedecor para as causas de variação dentro de cada va
riável estudada.

Causas da variação	Rendimento do grão		Renda do benefício		Peso específico aparente (em casca)	Peso específico aparente (sem casca)	Teor de umidade	Ácidos graxos livres	Atividade de água	Vitamina B ₁
	% grãos inteiros	% grãos quebrados	inteiros + quebrados	% de casca						
Umidade (U)	6,74**	13,26**	3,93*	3,93*	0,38 ^{ns}	40,10**	2185,34**	16,11**	459,61**	16,31*
Tempos (T)	39,45**	1,25 ^{ns}	40,92**	40,92**	53,77**	7,46**	23,52**	9,72**	33,00**	16,31**
Interação UxT	0,61 ^{ns}	1,87 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,71*	2,78*	0,82m.s.
Coefficiente de variação	1,47%	8,90%	1,41%	1,41%	1,64%	0,85%	0,82%	0,29%	1,85%	18,87%

** - significativo ao nível de erro de 1%

* - significativo ao nível de erro de 5%

ns - não significativo ao nível de erro de 5%

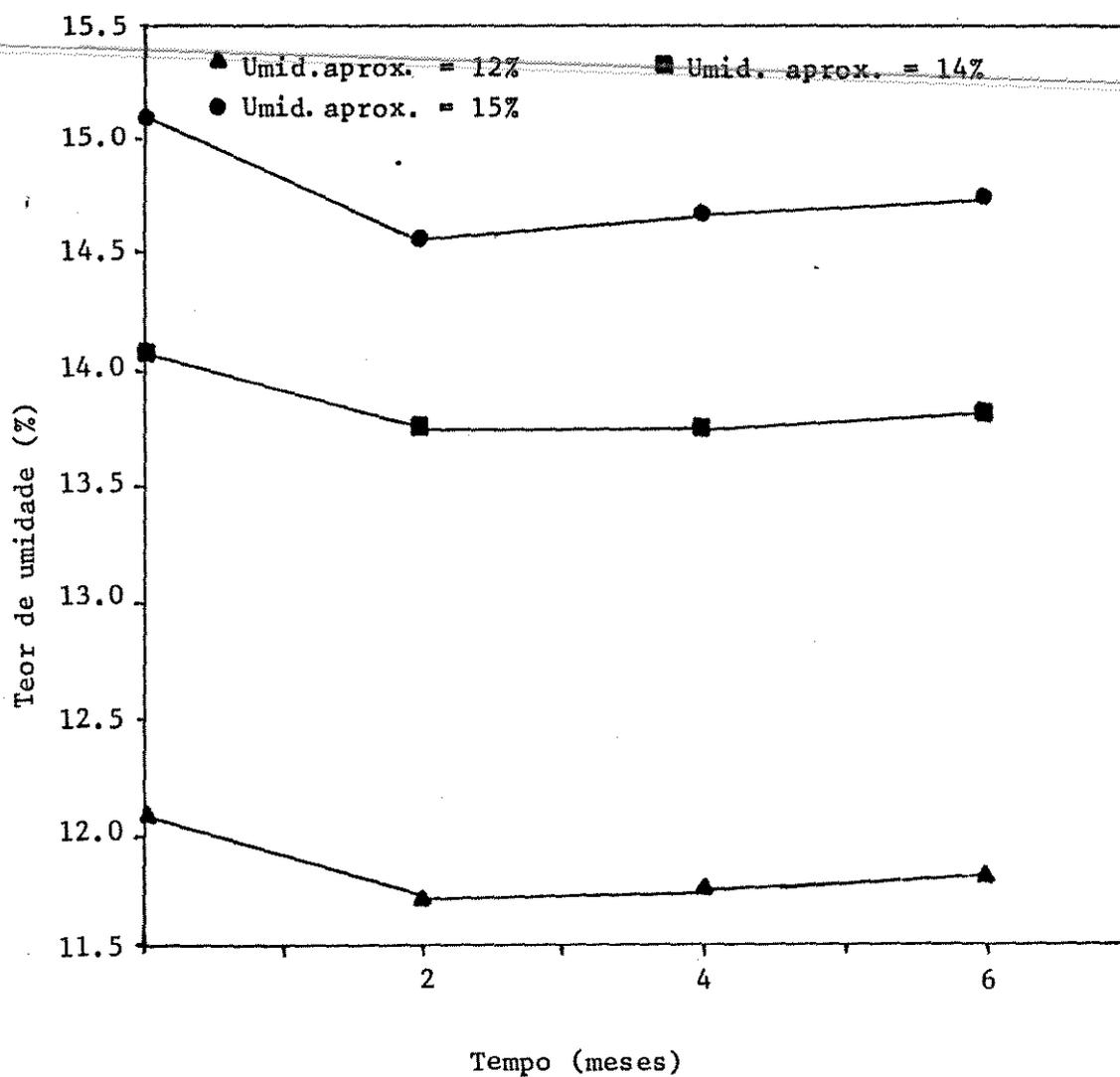


FIGURA 5. Teor de umidade do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

TABELA 2. Teor de umidade do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teor de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	12,1	11,7	11,7	11,8	11,8A
14%	14,1	13,7	13,7	13,8	13,8B
15%	15,0	14,6	14,7	14,7	14,7C
Médias	13,7a	13,3b	13,4b	13,4b	13,4

Valores médios dos teores de umidade (em percentagem) durante o período de estocagem seguidos da mesma letra maiúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,11).

Valores médios dos teores de umidade (em percentagem) para os diferentes períodos de estocagem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,14).

retiradas inicialmente, sendo que, após esse período, os valores permaneceram praticamente inalterados.

A permeabilidade do polietileno, aliada a diferenças na tensão de vapor entre o interior e exterior dos silos, não explicaria esse decréscimo. Considerando uma condição de 85% de U.R. e temperatura de 23°C, o polietileno de baixa densidade (0,2mm de espessura), permitiria a passagem de 0,4g de água/m²/dia (GARCIA *et alii*, 1989). Se esta fosse a situação no interior dos silos e o solo estivesse totalmente seco demoraria aproximadamente 7 meses para que os grãos perdessem, devido a permeabilidade ao polietileno, a quantidade de água equivalente ao decréscimo verificado no teor de umidade.

A condição de clima seco que ocorreu durante a instalação do experimento, possivelmente, ocasionou o restabelecimento de um teor de umidade de equilíbrio dos grãos no interior dos silos, inferior àquele do produto antes de ser armazenado.

Temperatura no interior dos silos

Os resultados experimentais da determinação de temperatura no interior dos silos estão apresentados na Figura 6.

Praticamente não houve diferença entre o comportamento dos silos com os diferentes teores de umidade em relação à temperatura.

Os valores que inicialmente eram, em média, de 27,4°C decresceram até aproximadamente 19,5°C durante a primeira semana de estocagem. A partir desse período e até cerca do 103º dia, os valores oscilaram entre 19,5 e 17°C. Após esse intervalo de tempo, a temperatura elevou-se até

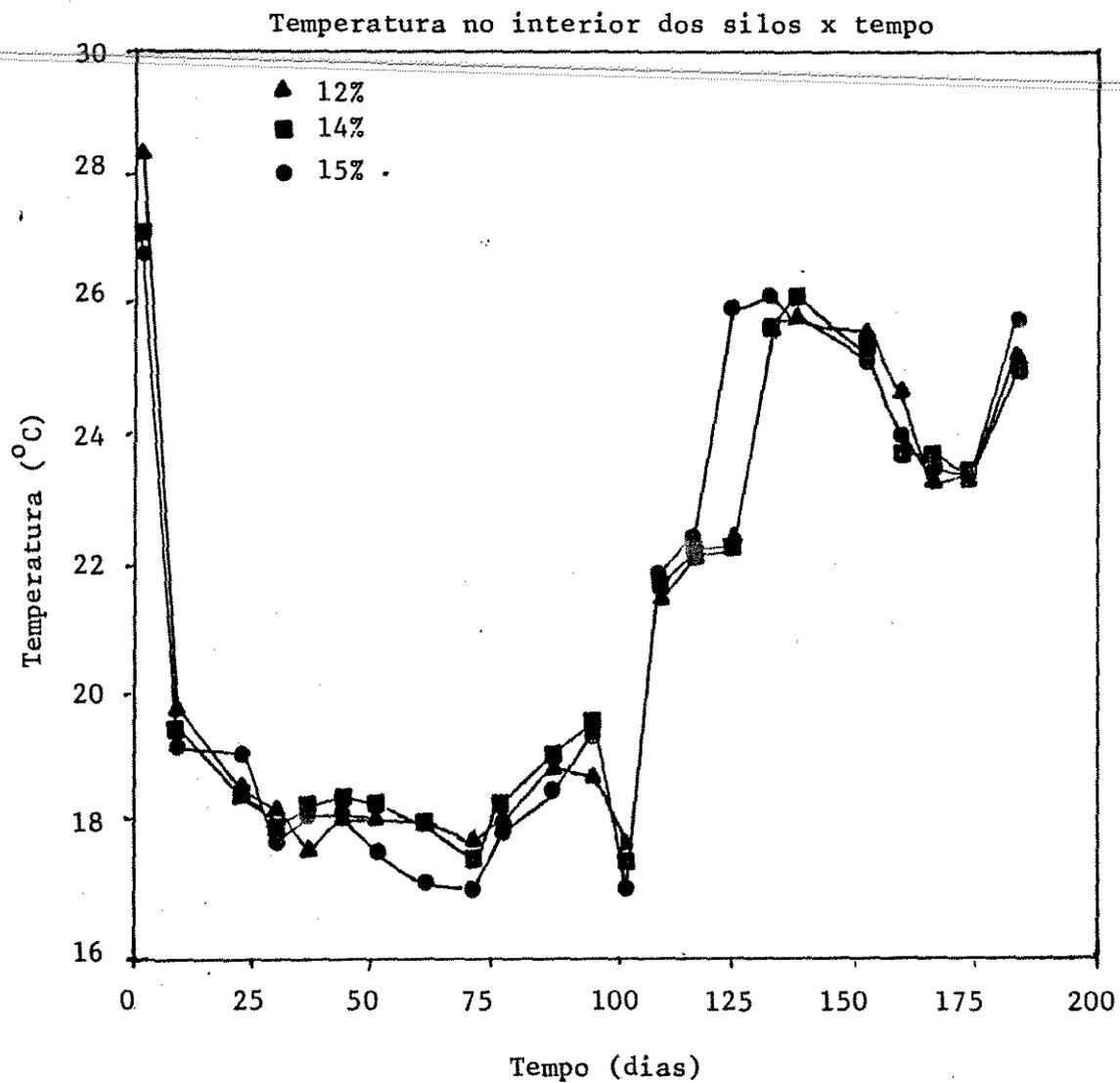


FIGURA 6. Temperaturas médias no interior dos silos.

os 133 dias de estocagem, atingindo valores de até 25,8°C, em média. Depois dessa fase, as temperaturas decresceram até aproximadamente 23,2°C, elevando-se posteriormente. No final do experimento, as temperaturas determinadas foram, em média, de 25,3°C.

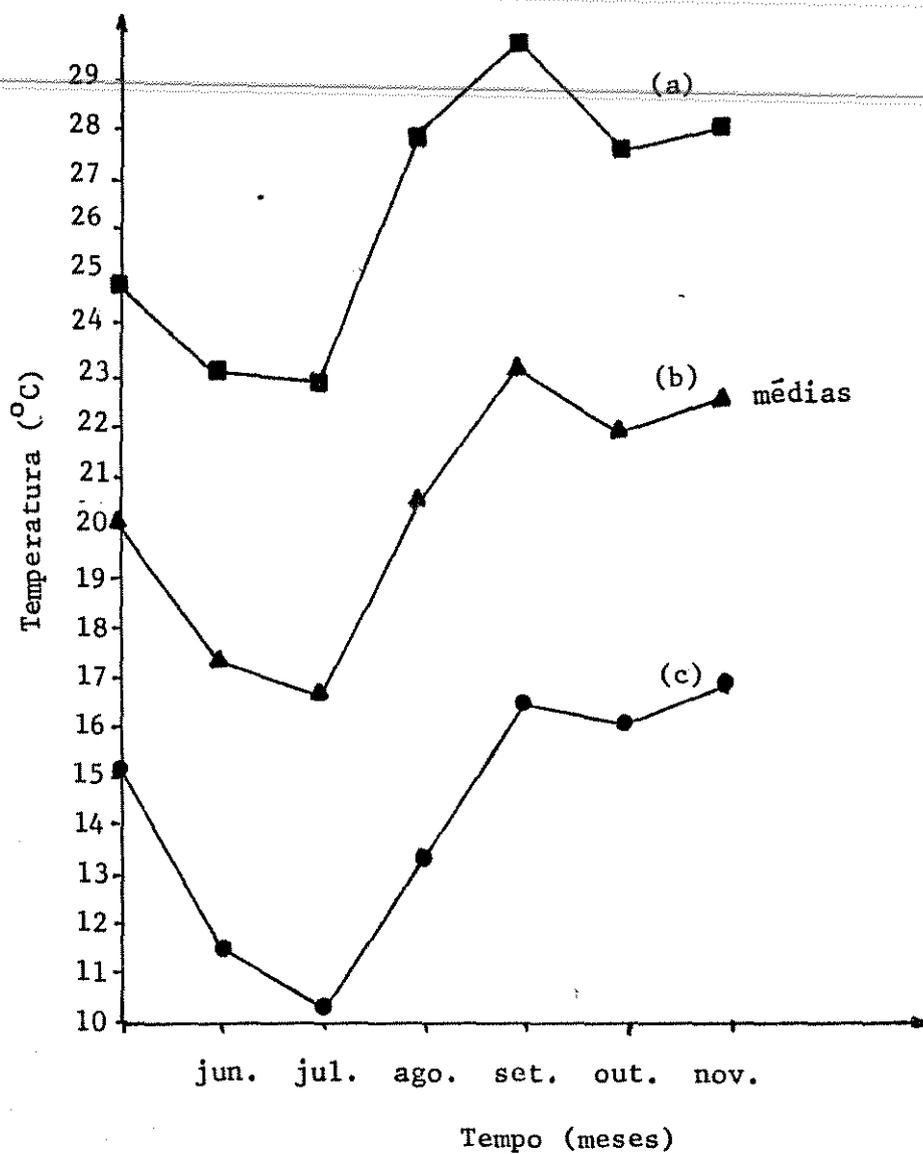
O aumento da temperatura no interior dos silos, verificado após 103 de estocagem, deve ter sido ocasionado pela elevação da média das temperaturas máximas ambientais, que se iniciou a partir do mês de julho (Figura 7). Desse período em diante, embora a média da temperatura ambiental máxima tivesse alcançado o valor de até 29,7°C (mês de setembro), verificou-se que até o final do experimento, a temperatura no interior dos silos não havia ultrapassado 25,8°C.

Atividade de água

Os resultados experimentais e da análise estatística da atividade de água estão apresentados na Figura 8 e Tabela 3.

Observou-se aumento significativo dos valores de atividade de água com o aumento do teor de umidade.

Durante o período de estocagem, considerando-se que o teor de umidade do produto manteve-se constante, o decréscimo significativo da atividade de água, observado na amostragem realizada aos 2 meses de estocagem poderia possivelmente ser explicado pela diminuição da temperatura, que ocorreu após a primeira semana até aproximadamente 100 dias de estocagem, do mesmo modo que a elevação da temperatura que ocorreu após esse período poderia explicar o restabelecimento dos valores obtidos inicialmente para os



- a) média das máximas
- b) temperaturas ambientais médias
- c) média das mínimas

FIGURA 7. Temperaturas ambientais médias.

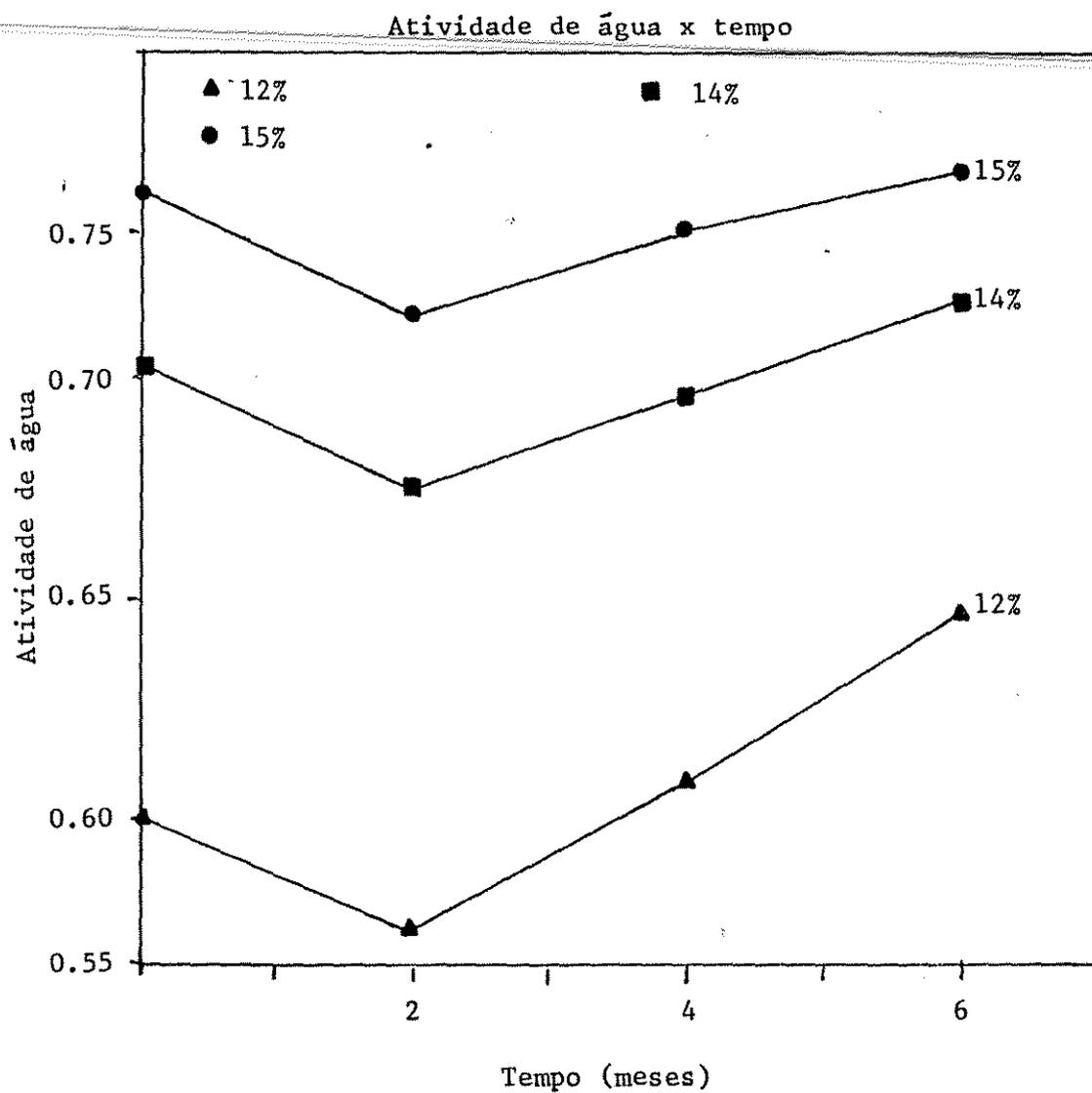


FIGURA 8. Atividade de água, à 25°C, do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

TABELA 3. Atividade de água à 25°C do arroz em casca nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teor de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	0,59	0,56	0,60	0,65	0,60A
14%	0,72	0,68	0,71	0,73	0,71B
15%	0,76	0,73	0,75	0,77	0,75C
Médias	0,69a	0,66b	0,69a	0,72c	0,69

Valores médios de atividade de água para os diferentes teores de umidade durante o período de armazenamento seguidos da mesma letra maiúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,029).

Valores médios de atividade de água para os diferentes períodos de amostragem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,032).

teores de 14 e 15% de umidade, embora o mesmo não tivesse ocorrido para a umidade de 12%. Pela Figura 9 observamos que para um mesmo teor de umidade de equilíbrio a umidade relativa (ou atividade de água), aumenta com o aumento da temperatura.

Teores de oxigênio e gás carbônico do ar intergranular

Os resultados experimentais da determinação dos teores de CO_2 e O_2 do ar intergranular nos silos estão indicados na Figura 10.

Em relação aos teores de CO_2 , observou-se que:

- o comportamento dos tratamentos começou a se diferenciar mais nitidamente após 75 dias de estocagem; a partir desse período, os dados obtidos para o teor de umidade de 15% demonstraram tendência para se distanciar dos demais, sendo que as medições efetuadas nos teores de umidade de 12 e 14% passaram a se diferenciar entre si, somente, após 125 dias de estocagem, aproximadamente.

- o aumento foi maior para o teor de umidade de 15%; o teor de umidade de 14% apresentou resultados intermediários e o acréscimo foi menor para o teor de umidade de 12%.

Em relação aos teores de O_2 , observou-se que:

- o comportamento dos diferentes teores de umidade começou a se diferenciar mais nitidamente após 75 dias de estocagem, sendo que a partir desse período, os resultados obtidos para os diferentes teores de umidade mostraram tendência a se distanciar;

- a diminuição foi maior para o teor de umidade de 15%; o teor de umidade de 14% apresentou resultados intermediários e houve menor decréscimo para o teor de umidade de 12%.

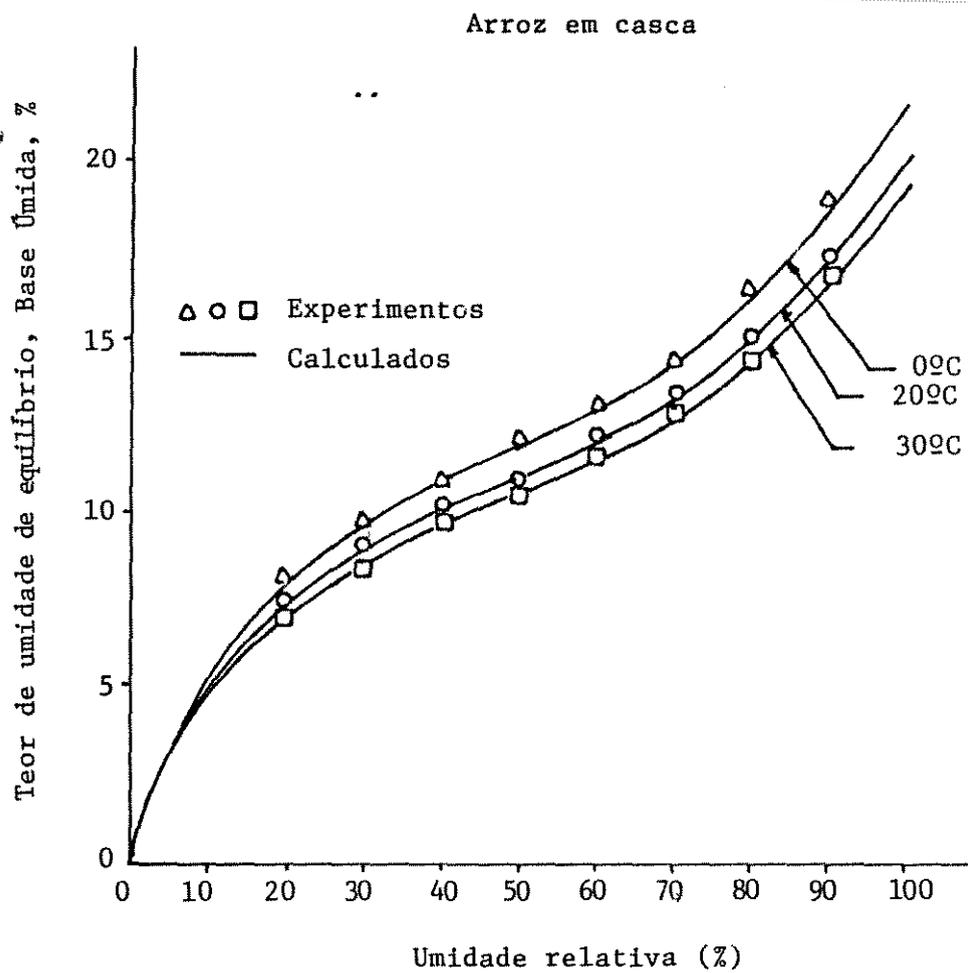


FIGURA 9. Curva de equilíbrio higroscópico do arroz em casca à 0°C, 20°C e 30°C.

Fonte: SINÍCIO, R. & ROA; GONZALO, 1979.

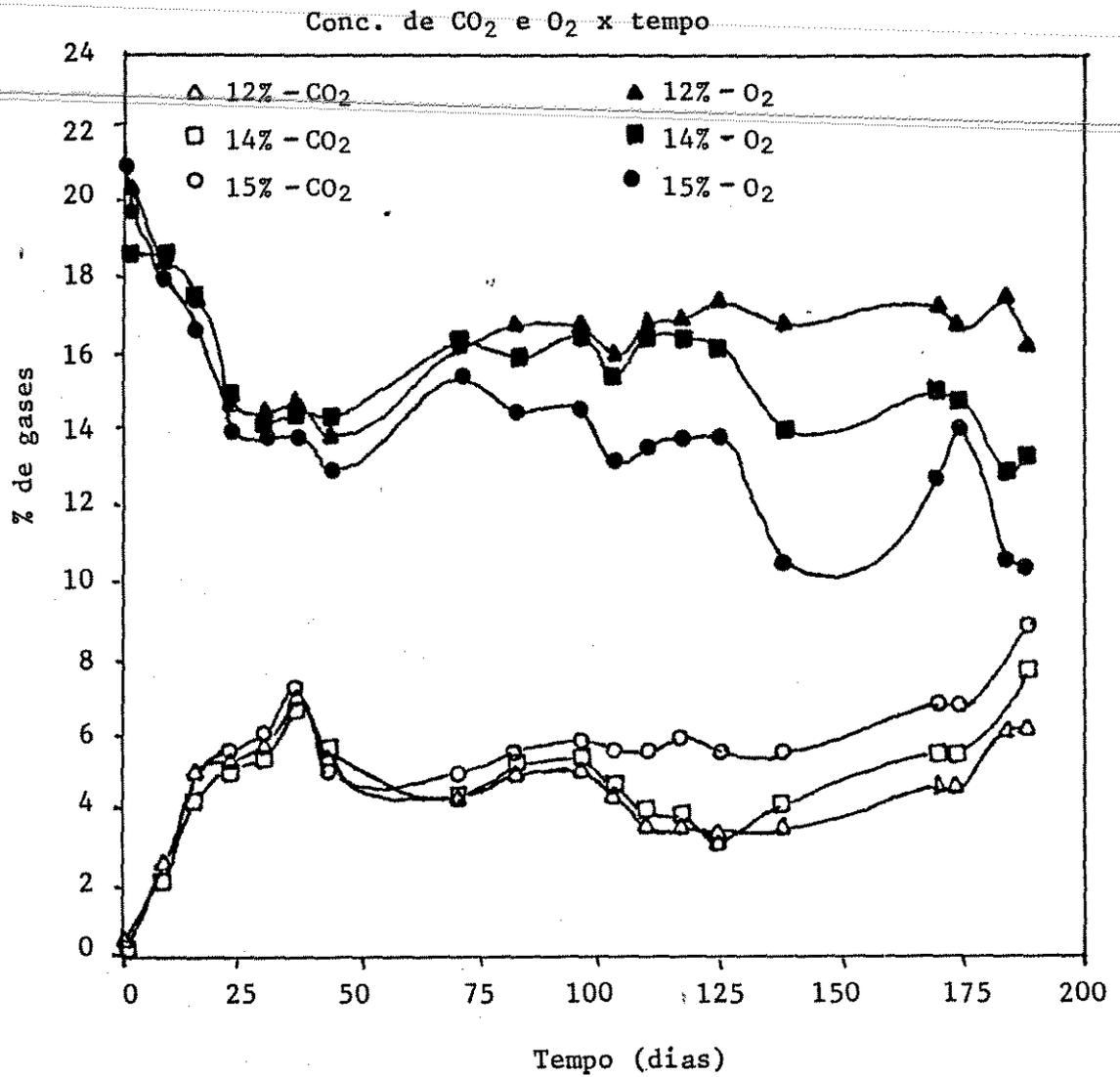


FIGURA 10. Concentração média de CO₂ e O₂ do ar intergra
nular dos silos subterrâneos.

Em relação aos teores de CO_2 e O_2 observou-se que:

- o decréscimo nos teores de O_2 foi acompanhado pelo acréscimo nos teores de CO_2 .

- após 6 meses de estocagem, os teores daqueles gases ainda não haviam se estabilizado, mostrando tendência para um aumento no teor de CO_2 e diminuição nos teores de O_2 , nos diferentes teores de umidade.

A elevação do teor de CO_2 e a diminuição do teor de O_2 são afetadas pela temperatura, umidade e organismos a eles associados (CHRISTENSEN, 1982; HYDE *et alii*, 1973; DIAWARA *et alii*, 1986) e do produto em si.

Uma maior diferenciação entre o comportamento dos teores de umidade estudados com relação à produção de CO_2 e consumo de O_2 correspondeu à elevação da temperatura, que ocorreu após 100 dias de estocagem.

Peso específico aparente

Os resultados experimentais e da análise estatística do peso específico aparente do arroz em casca e sem casca estão apresentados nas Figuras 11 e 12 e Tabelas 4 e 5.

Verificou-se a influência da presença da casca.

Para o arroz em casca não foi observada diferença significativa entre os diferentes teores de umidade durante o período de estocagem. No período de 4 meses observou-se um ligeiro decréscimo nos valores obtidos.

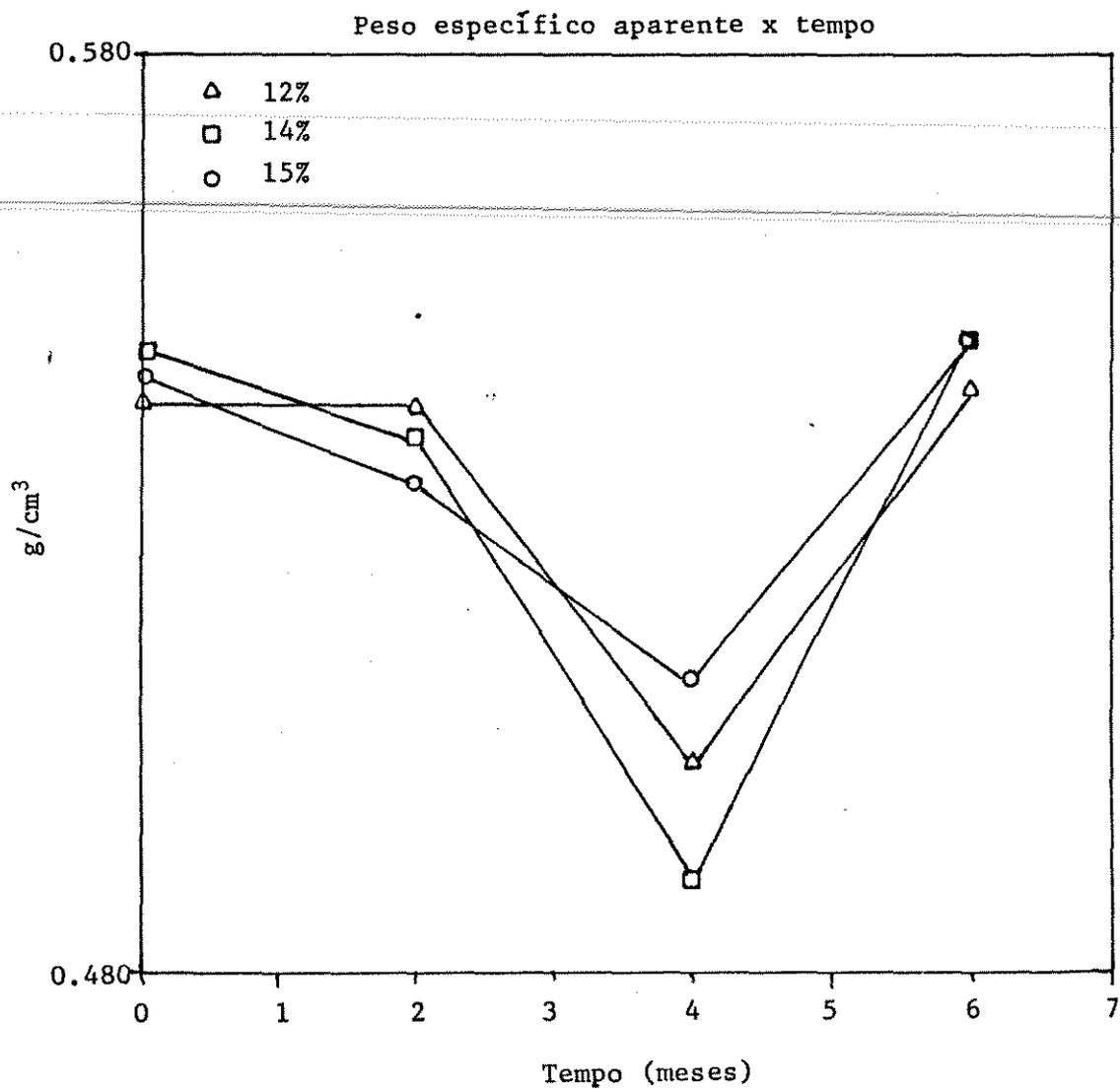


FIGURA 11. Peso específico aparente do arroz em casca (em g/cm^3), nas diferentes épocas de estocagem.

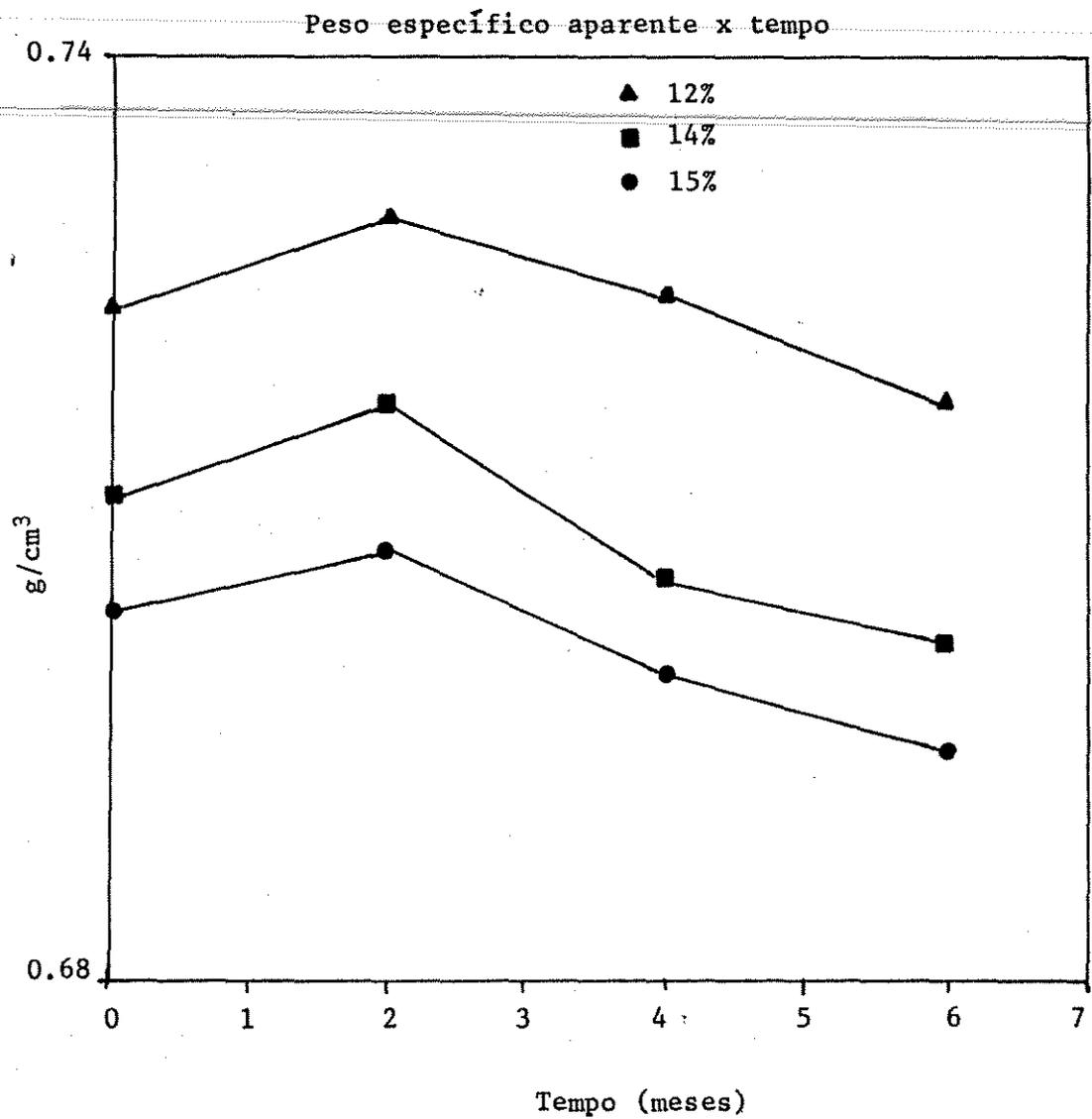


FIGURA 12. Peso específico aparente do arroz sem casca (em g/cm³), armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

TABELA 4. Peso específico aparente do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teor de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	0,542	0,541	0,502	0,543	0,532A
14%	0,547	0,538	0,490	0,548	0,531A
15%	0,544	0,533	0,511	0,548	0,534A
Médias	0,545a	0,538a	0,501b	0,546a	0,530

Valores médios do peso específico aparente do arroz em casca (g/cm^3) para os diferentes teores de umidade durante o período de armazenamento, seguidos de mesma letra maiúscula, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,009).

Valores médios do peso específico aparente do arroz em casca (g/cm^3) para os diferentes períodos de armazenagem, seguidos da mesma letra minúscula, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,011).

TABELA 5. Peso específico aparente do arroz sem casca, armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teor de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	0,723	0,729	0,724	0,717	0,723A
14%	0,711	0,717	0,706	0,702	0,709B
15%	0,704	0,708	0,700	0,695	0,702C
Médias	0,713a	0,718b	0,710a	0,705c	0,710

Valores médios do peso específico aparente do arroz sem casca (g/cm^3) para os diferentes teores de umidade durante o período de armazenamento, seguidos da mesma letra maiúscula, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,006).

Valores médios do peso específico aparente do arroz em casca (g/cm^3) para os diferentes períodos de armazenagem, seguidos da mesma letra minúscula, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,008).

Contudo, para o produto sem casca, verificou-se que o peso específico aparente variou na proporção inversa ao teor de umidade de armazenagem. Esses resultados estão de acordo com a afirmação de CHRISTENSEN (1974), de que os aumentos no conteúdo de umidade são acompanhados pela diminuição dos valores de peso específico aparente. Para o mesmo teor de umidade de estocagem, no decorrer do período de estocagem, verificou-se que o peso específico aparente do arroz sem casca variou na proporção inversa a atividade de água.

Ácidos graxos livres

Os resultados experimentais e da análise estatística do teor de ácidos graxos livres estão apresentados na Figura 13 e Tabela 6.

Os teores de umidade de 14 e 15% não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram da umidade de 12%.

As médias não se alteraram significativamente com o tempo de estocagem com exceção do período de amostragem de 2 meses. O caráter subjetivo da mudança de coloração durante a titulação da amostra pode ter influenciado nas oscilações ocorridas.

Infestação por insetos

Não foi detectada a presença de insetos vivos ou mortos inicialmente e durante o período de estocagem, que comumente atacam os grãos armazenados. Verificou-se não haver infestação interna por espécies de *Sitophilus* spp.

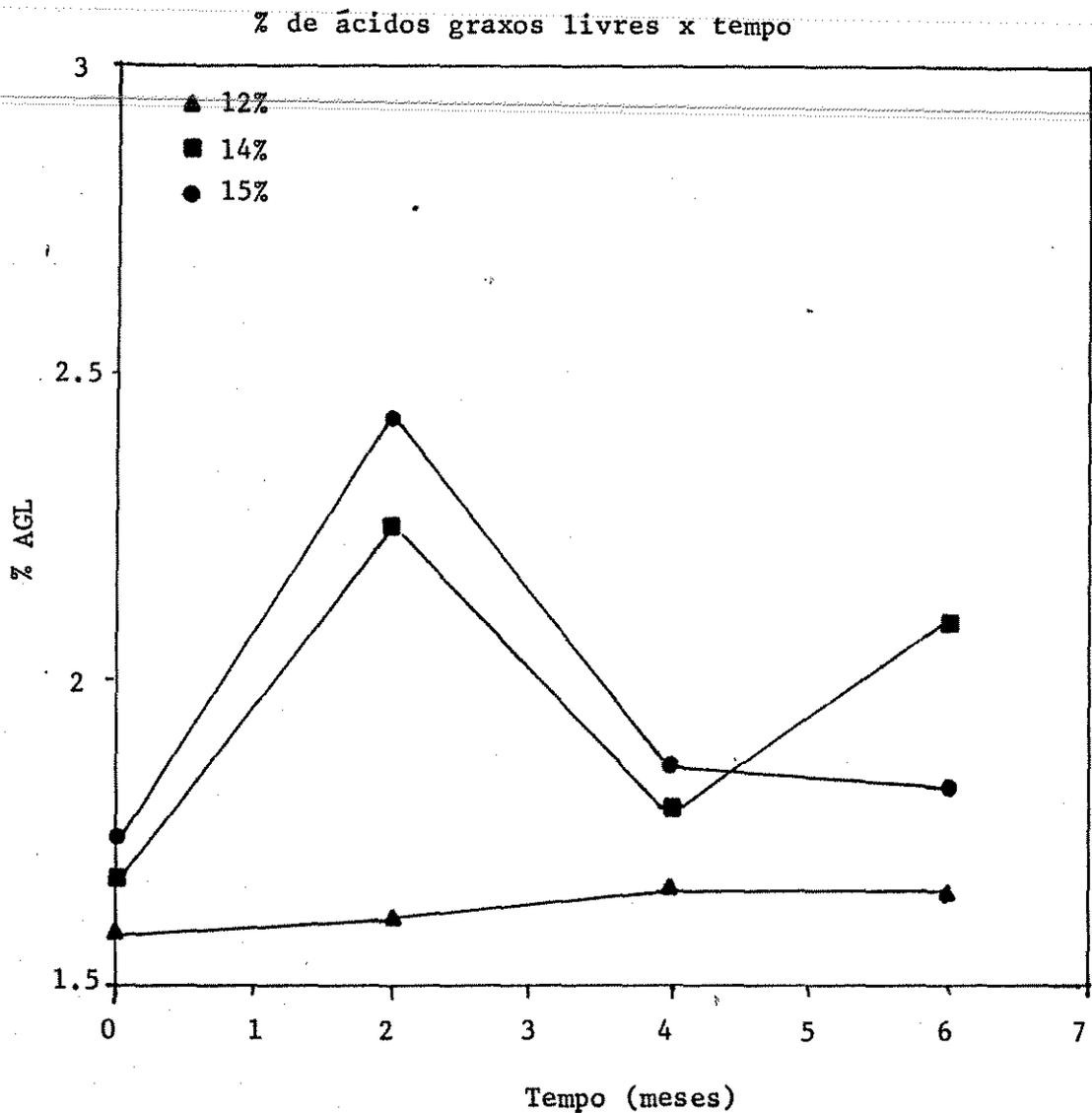


FIGURA 13. Teor de ácidos graxos livres (em percentagem) presente no óleo extraído do arroz integral, armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem:

TABELA 6. Teor de ácidos graxos livres (em percentagem) presente no óleo extraído do arroz integral, armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teor de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	1,59	1,61	1,66	1,66	1,63A
14%	1,68	2,25	1,79	1,91	1,91B
15%	1,74	2,43	1,97	1,93	2,02B
Médias	1,67a	2,10b	1,81a	1,83a	1,85

Valores médios de percentagem de ácidos graxos livres para os diferentes teores de umidade durante o período de armazenamento seguidos da mesma letra maiúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,18).

Valores médios de percentagem de ácidos graxos livres para os diferentes períodos de armazenagem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,22).

Infeccão fúngica

Crescimento fúngico visível

Não foi detectado crescimento fúngico visível na superfície dos grãos de arroz em casca, provenientes das diversas amostras retiradas nas diferentes épocas de amostragem, quando observados no microscópio estereoscópico com aumento de 80 vezes.

Infeccão por fungos

Os resultados obtidos, utilizando-se o método do plaqueamento direto das amostras de arroz representativas de cada teor de umidade, sobre os meios de cultura MY40G e GMYE+ estão apresentados nas Figuras 14 e 15 e Tabelas 7 e 8.

Quando se utilizou o meio MY40G, verificou-se um acentuado aumento na percentagem de infecção interna dos grãos por fungos do grupo *A. glaucus*, a partir do 4º mês de estocagem para o teor de umidade de 15% e a partir do 6º mês de estocagem para o teor de umidade de 14%. O limite de umidade mínimo necessário para o desenvolvimento de fungos daquele grupo é de 14 a 14,5%, de acordo com BEUCHAT (1978). Além do teor de umidade, a invasão dos grãos por fungos de armazenamento também é influenciada pela temperatura, tempo de estocagem e pelas concentrações de dióxido de carbono e, particularmente, de oxigênio na atmosfera intergranular (CALDERON, 1981; MAGAN & LACEY, 1984; MAGAN & LACEY, 1988; HYDE *et alii*, 1973). A percentagem de grão inter

Análise micológica - fungos de armazenamento

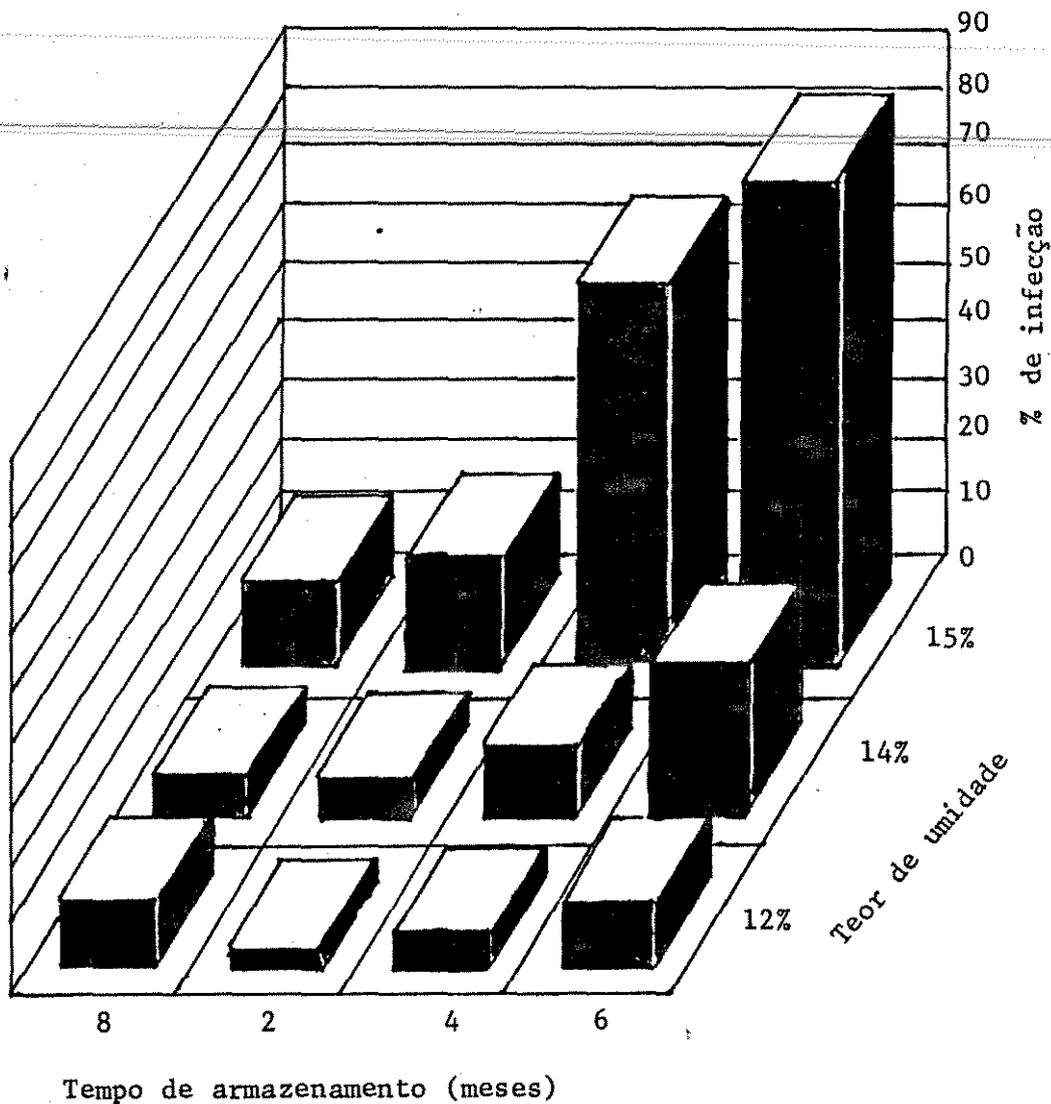


FIGURA 14. Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método de plaqueamento direto sobre o meio MY40G.

Análise micológica - fungos de armazenamento

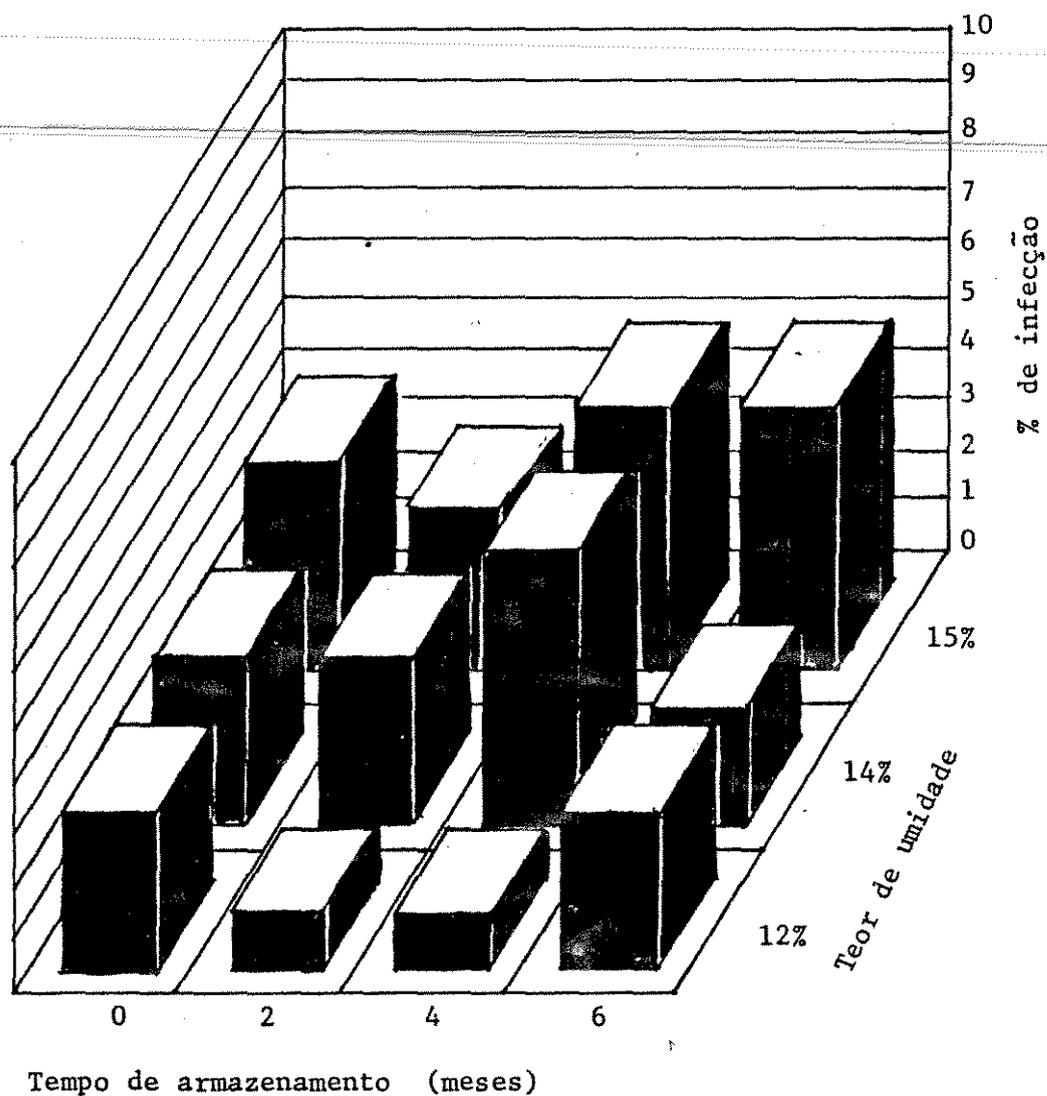


FIGURA 15. Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método de plaqueamento direto sobre o meio GMYE+

TABELA 7. Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método de plaqueamento direto sobre o meio MY40G.

Fungos	Período de estocagem (meses)											
	0			2			4			6		
	Teores de umidade											
	12%	14%	15%	12%	14%	15%	12%	14%	15%	12%	14%	15%
<i>Aspergillus glaucus</i> g	1	-	1	1	1	1	-	-	62	1	22	75
<i>Aspergillus flavus</i> g	8	5	12	2	1	2	6	9	3	9	2	3
<i>Aspergillus niger</i> g	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp	1	1	1	-	3	15	-	1	1	-	1	4
<i>Penicillium</i> sp	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
TOTAL	10	7	14	3	6	18	6	11	66	10	25	82

TABELA 8. Infecção interna dos grãos por fungos de armazenamento detectados pelo método de plaqueamento direto sobre o meio GMYE+.

Fungos	Período de estocagem (meses)											
	0			2			4			6		
	Teores de umidade											
	12%	14%	15%	12%	14%	15%	12%	14%	15%	12%	14%	15%
<i>Aspergillus flavus</i> g	3	3	4	1	3	2	1	4	5	3	2	4
<i>Aspergillus</i> sp	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1
TOTAL	3	3	4	1	3	3	1	5	5	3	2	5

namente infectada por fungos do grupo *A. flavus*, que compreende espécies potencialmente toxigênicas, manteve-se relativamente baixa e constante.

Os resultados obtidos quando se utilizou o meio GMYE+ não indicaram nenhuma alteração significativa no decorrer do período de estocagem.

Rendimento do grão e renda do benefício

Rendimento do grão

Os resultados dos testes experimentais de rendimento do grão (percentagem de grãos inteiros e percentagem de grãos quebrados) estão apresentados nas Figuras 16 e 17 e Tabelas 9 e 10.

A análise estatística da percentagem de grãos inteiros indicou que não houve diferença significativa entre os teores de umidade de 12 e 14% nos vários períodos de estocagem, sendo que o teor de umidade de 15% diferiu dos demais.

Durante o período de estocagem, os resultados obtidos nas amostragens realizadas aos 0, 2 e 4 meses de armazenagem diferiram estatisticamente entre si. Não houve diferença significativa entre os períodos de 4 e 6 meses de estocagem.

Os resultados da percentagem de grãos quebrados para os diferentes teores de umidade diferiram significativamente entre si. Contudo, para um mesmo teor de umi

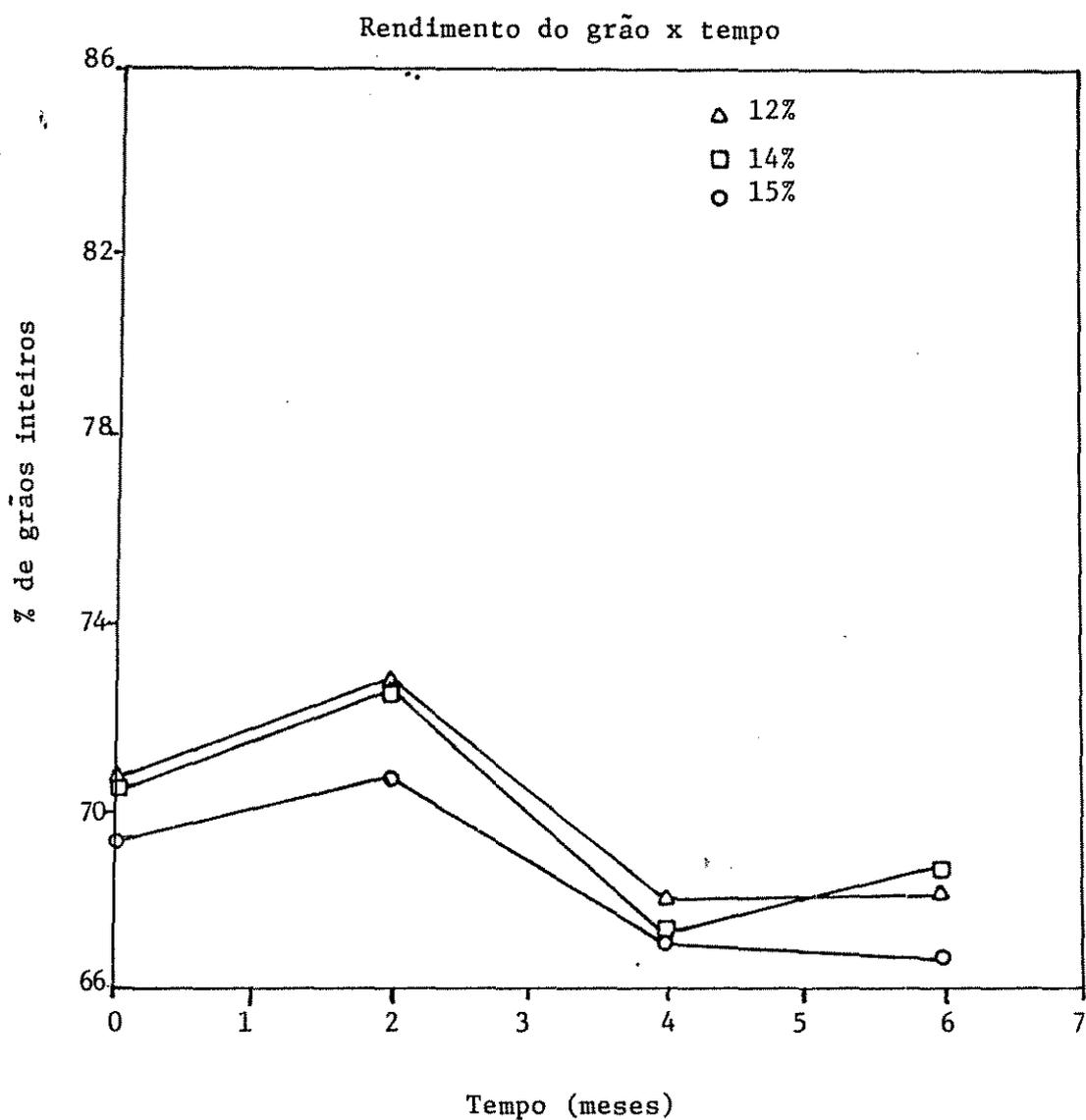


FIGURA 16. Valores médios de grãos inteiros (em percentagem) obtidos do beneficiamento do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

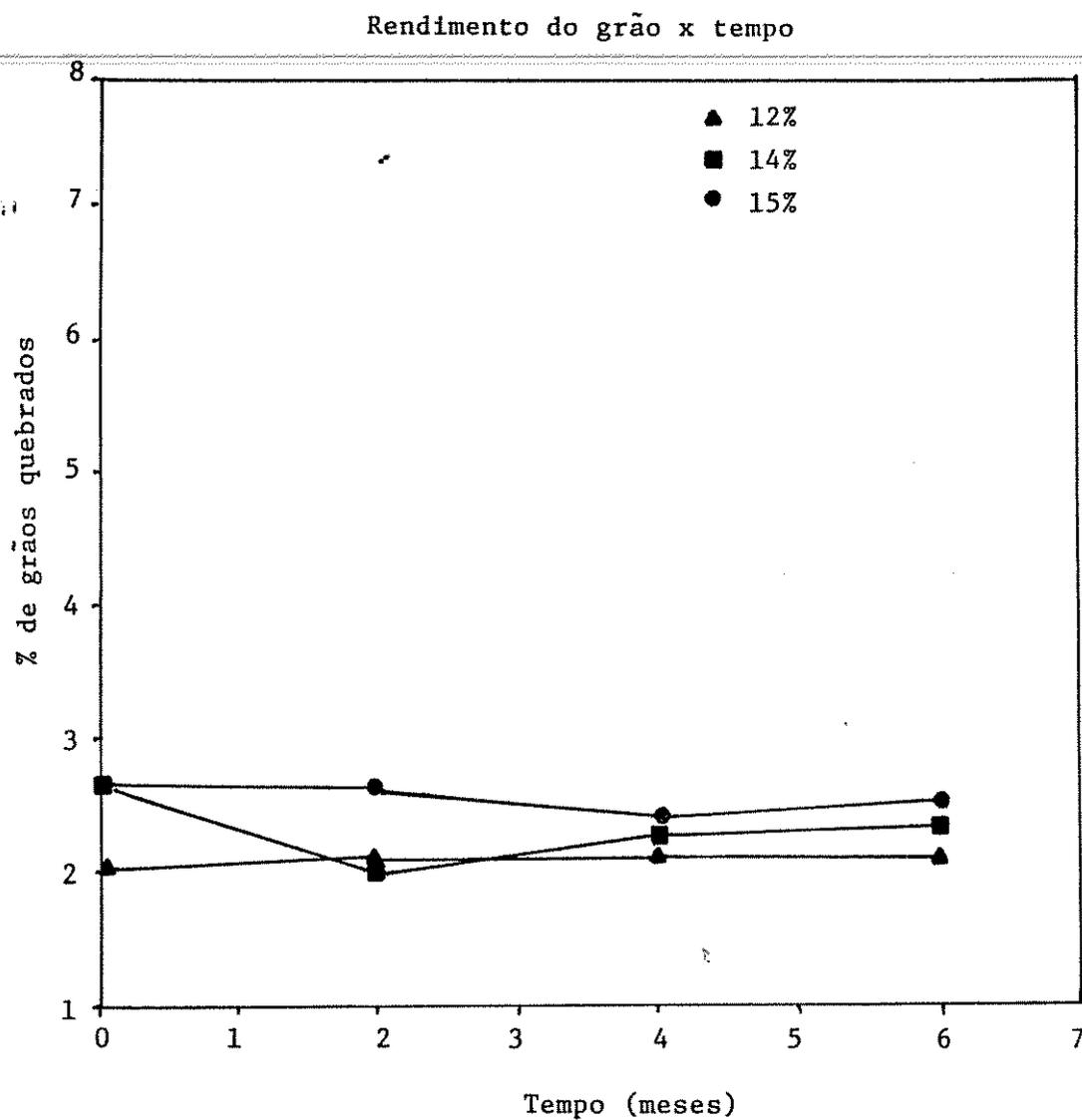


FIGURA 17. Valores médios de grãos quebrados (em percentagem) obtidos no beneficiamento do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

TABELA 9. Valores médios de grãos inteiros (em porcentagem) obtidos do beneficiamento do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Teores de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	70,75	72,71	68,00	68,03	69,87A
14%	70,47	72,46	67,16	68,71	69,70A
15%	69,21	70,63	67,12	66,70	68,47B
Médias	70,14a	72,01b	67,43c	67,81c	69,35

Valores médios da porcentagem de grãos inteiros para os diferentes teores de umidade durante o período de armazenagem seguidos da mesma letra maiúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 1,04).

Valores médios da porcentagem de grãos inteiros para os diferentes períodos de armazenagem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 1,33).

TABELA 10. Valores médios de grãos quebrados (em porcentagem) obtidos do beneficiamento do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teores de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	2,08	2,14	2,18	2,12	2,13A
14%	2,67	2,08	2,31	2,36	2,35B
15%	2,65	2,64	2,43	2,54	2,57C
Médias	2,47a	2,30a	2,31a	2,34a	2,35

Valores médios da percentagem de grãos quebrados para os diferentes teores de umidade durante o período de armazenagem seguidos da mesma letra maiúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,21).

Valores médios da percentagem de grãos quebrados para os diferentes períodos de armazenagem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,27).

dade não houve diferenças significativas no decorrer do período de estocagem.

Renda do benefício

Os resultados do teste de renda do benefício (percentagem de grãos inteiros mais a percentagem de grãos quebrados) estão apresentados na Figura 18 e Tabela 11.

O comportamento foi o mesmo que o verificado para percentagem de grãos inteiros.

Vitamina B₁

Os resultados da análise de vitamina B₁ estão apresentados na Tabela 12.

No decorrer do período de estocagem, não foram observadas diferenças significativas entre os diferentes teores de umidade.

Na amostragem realizada aos 6 meses de estocagem verificou-se, para os diferentes teores de umidade, diminuição significativa do teor de vitamina B₁, no arroz polido.

Após a primeira semana e até 4 meses de estocagem as temperaturas dos silos foram, em média, inferiores a 22,4°C. Possivelmente a elevação da temperatura que ocorreu após o 4º mês de estocagem pode ter provocado a degradação da vitamina B₁ no arroz polido.

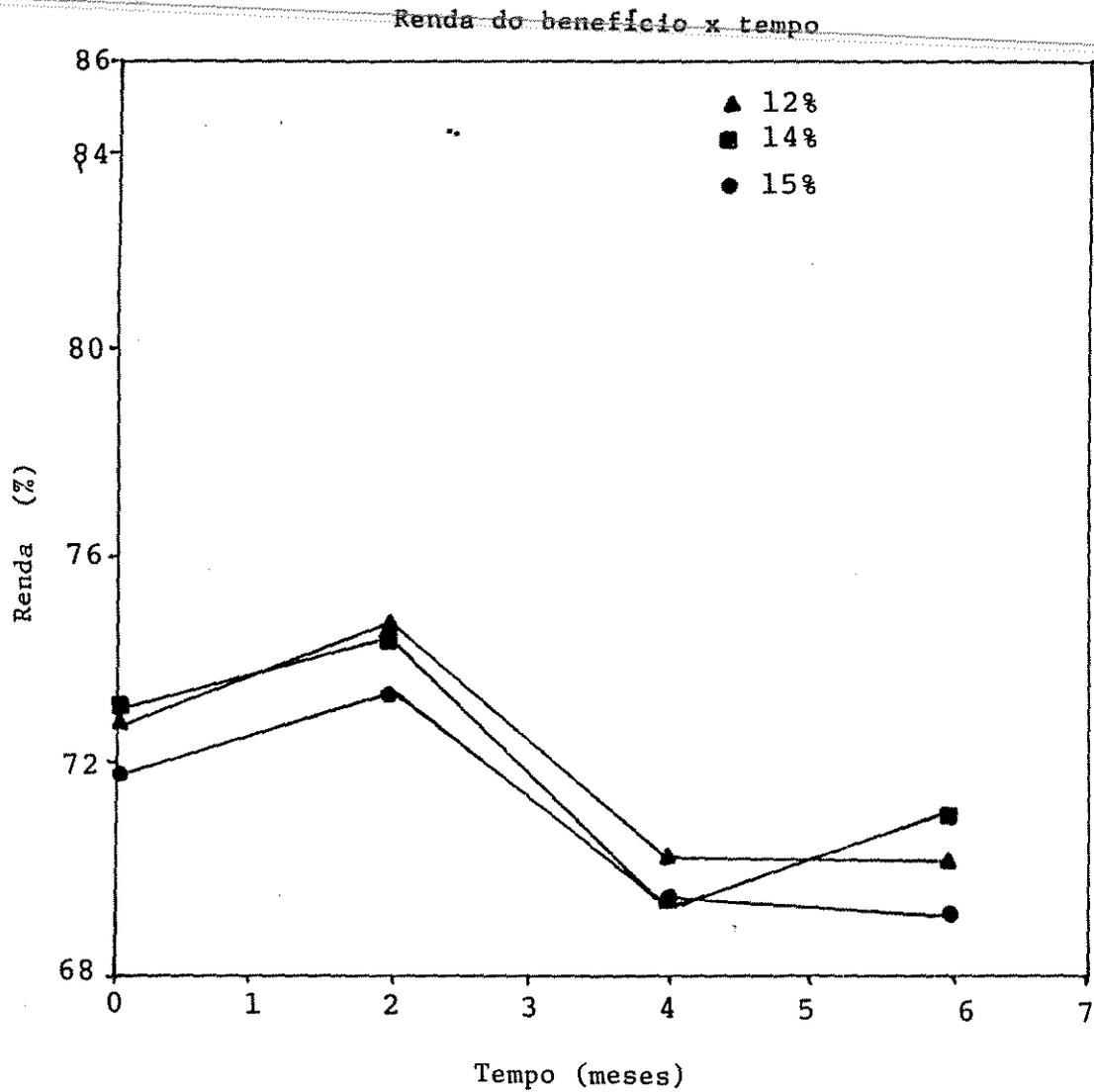


FIGURA 18. Valores médios da renda do benefício (em percentagem) do arroz armazenado em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

TABELA 11. Valores médios da renda do benefício (em percentagem) para os diferentes teores de umidade e épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teores de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	72,83	74,85	70,18	70,15	72,00A
14%	73,14	74,56	69,48	71,07	72,06A
15%	71,85	73,50	69,54	69,24	71,03B
Médias	70,61a	74,30b	69,73c	70,15c	71,70

Valores médios da renda do benefício (em percentagem) para os diferentes teores de umidade durante o período de armazenamento seguidos da mesma letra maiúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 1,03).

Valores médios da renda do benefício (em percentagem) para os diferentes períodos de armazenagem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 1,31).

TABELA 12. Teor de vitamina B₁ do arroz polido (mg/100g) armazenado em casca nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Teores de umidade	Período de estocagem (meses)				Médias
	0	2	4	6	
12%	0,15 ^a	0,15	0,14	0,10	0,14A
14%	0,12	0,13	0,13	0,06	0,11A
15%	0,14	0,11	0,12	0,06	0,11A
Médias	0,14a	0,13a	0,13a	0,07b	0,12

Valores médios do teor de vitamina B₁ do arroz polido (mg/100g) para os diferentes teores de umidade durante o período de estocagem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente e ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,02).

Valores médios do teor de vitamina B₁ do arroz polido (mg/100g) para os diferentes períodos de estocagem seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade (D.M.S. = 0,03).

Viscosidade

Os resultados do teste de viscosidade a frio e a quente estão apresentados nas Figuras 19 e 20, respectivamente.

Observou-se, na amostragem realizada aos 4 meses de estocagem, que o teor de umidade de 15% começou a se diferenciar mais acentuadamente, verificando-se respostas opostas para a viscosidade a frio e a quente. A diminuição na viscosidade a frio, concomitantemente com o aumento da viscosidade a quente, indicam que o produto tornar-se-ia menos viscoso após o cozimento, sendo que o mesmo comportamento não se verificaria para os teores de umidade de 12 e 14%.

Temperaturas mais baixas de armazenagem imediatamente após a colheita podem retardar as reações desejáveis (diminuição do grau de coesividade, por ex.) que ocorrem durante este período (SARTORI *et alii*, 1978).

Nas condições do experimento o processo de envelhecimento foi retardado para os teores de umidade de 12 e 14%, o mesmo não ocorrendo para o teor de umidade de 15%.

Absorção de água e expansão de volume

Os resultados dos testes de absorção de água e expansão de volume estão apresentados nas Figuras 21 e 22.

Não foram observadas diferenças entre os diferentes teores de umidade para a absorção de água e expansão de volume.

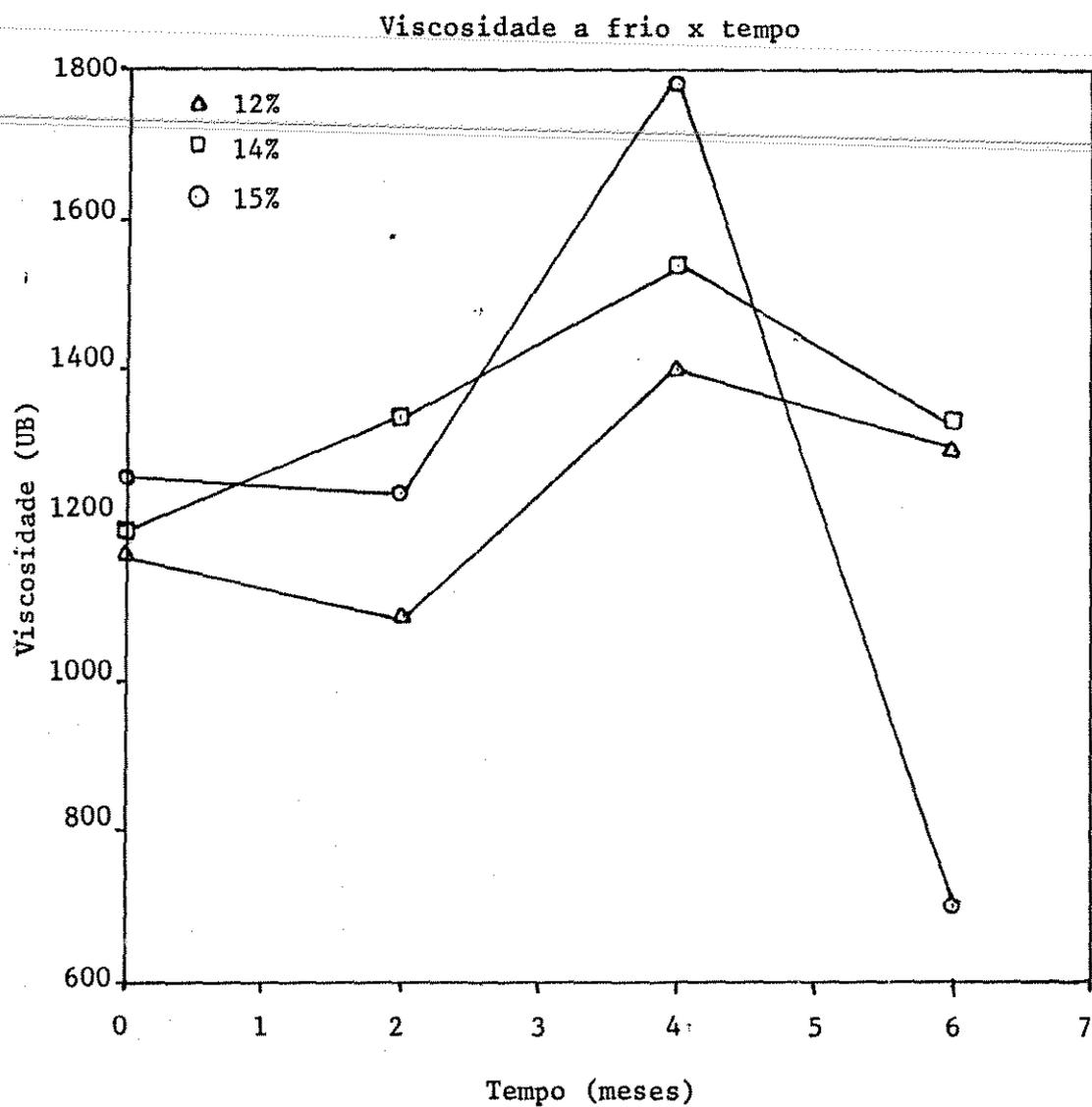


FIGURA 19. Viscosidade máxima a frio (em U.B.) do arroz polido obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

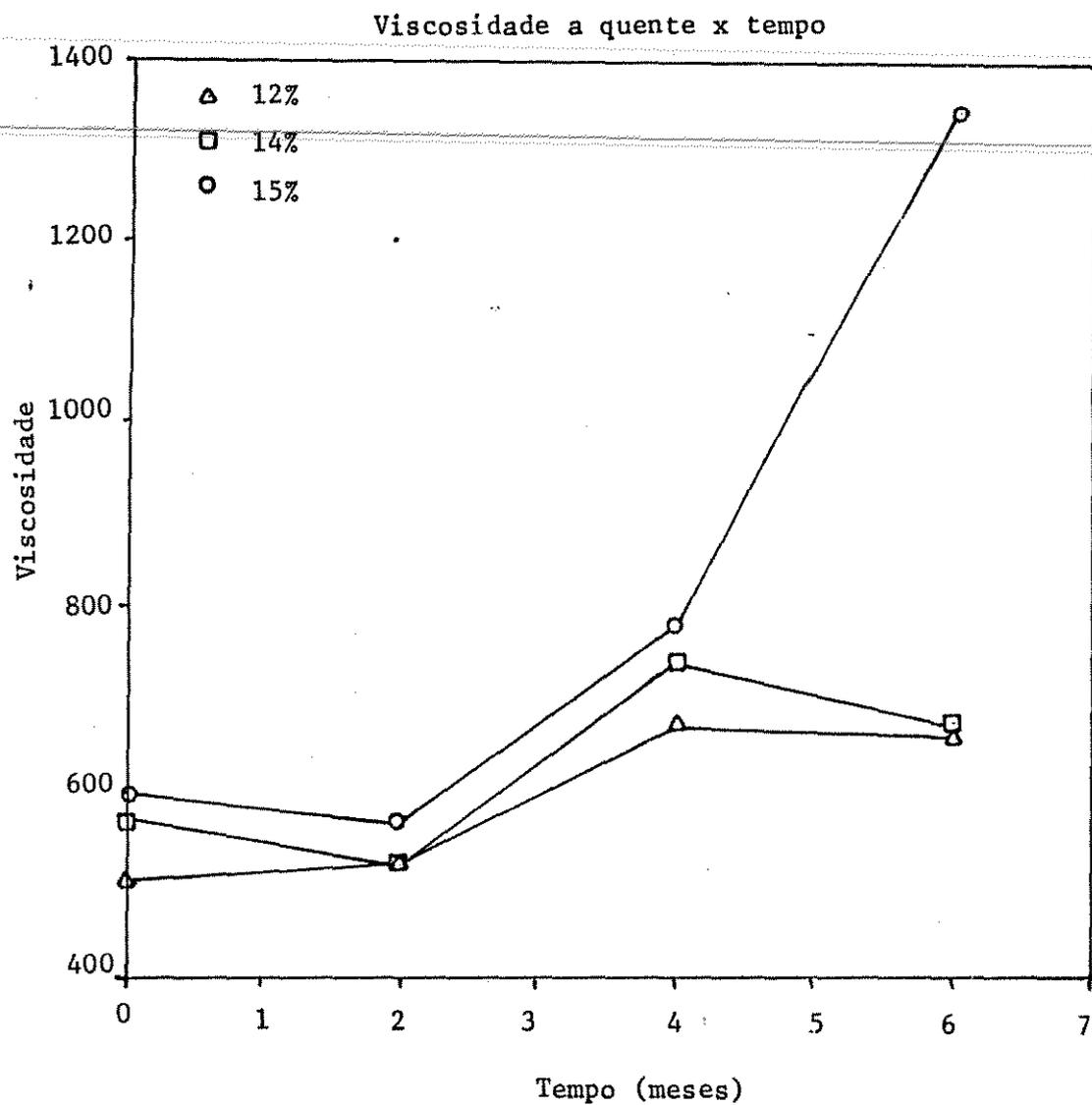


FIGURA 20. Viscosidade máxima a quente (em U.B.) do arroz polido, obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

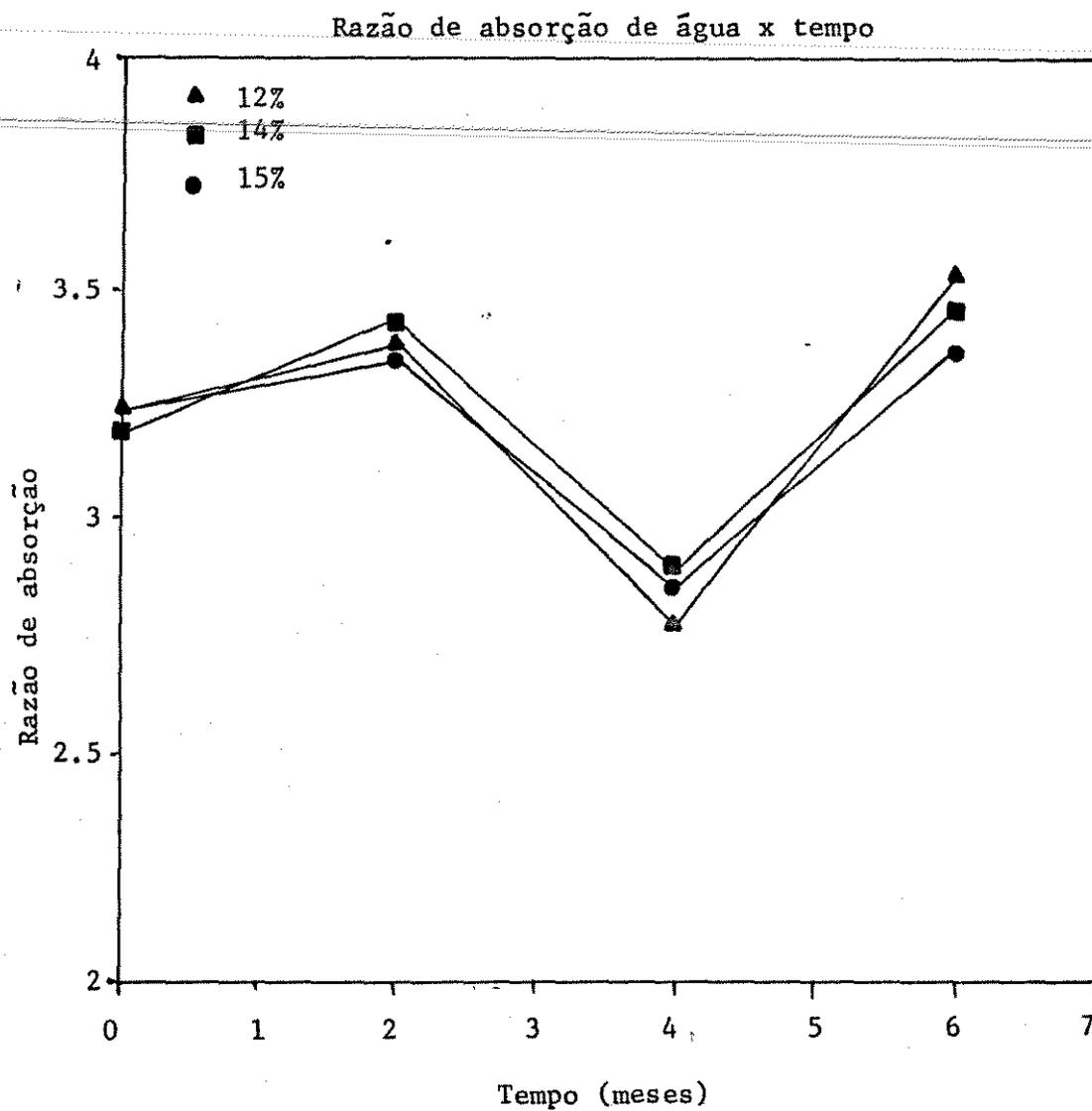


FIGURA 21. Razão de absorção de água do arroz polido, obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

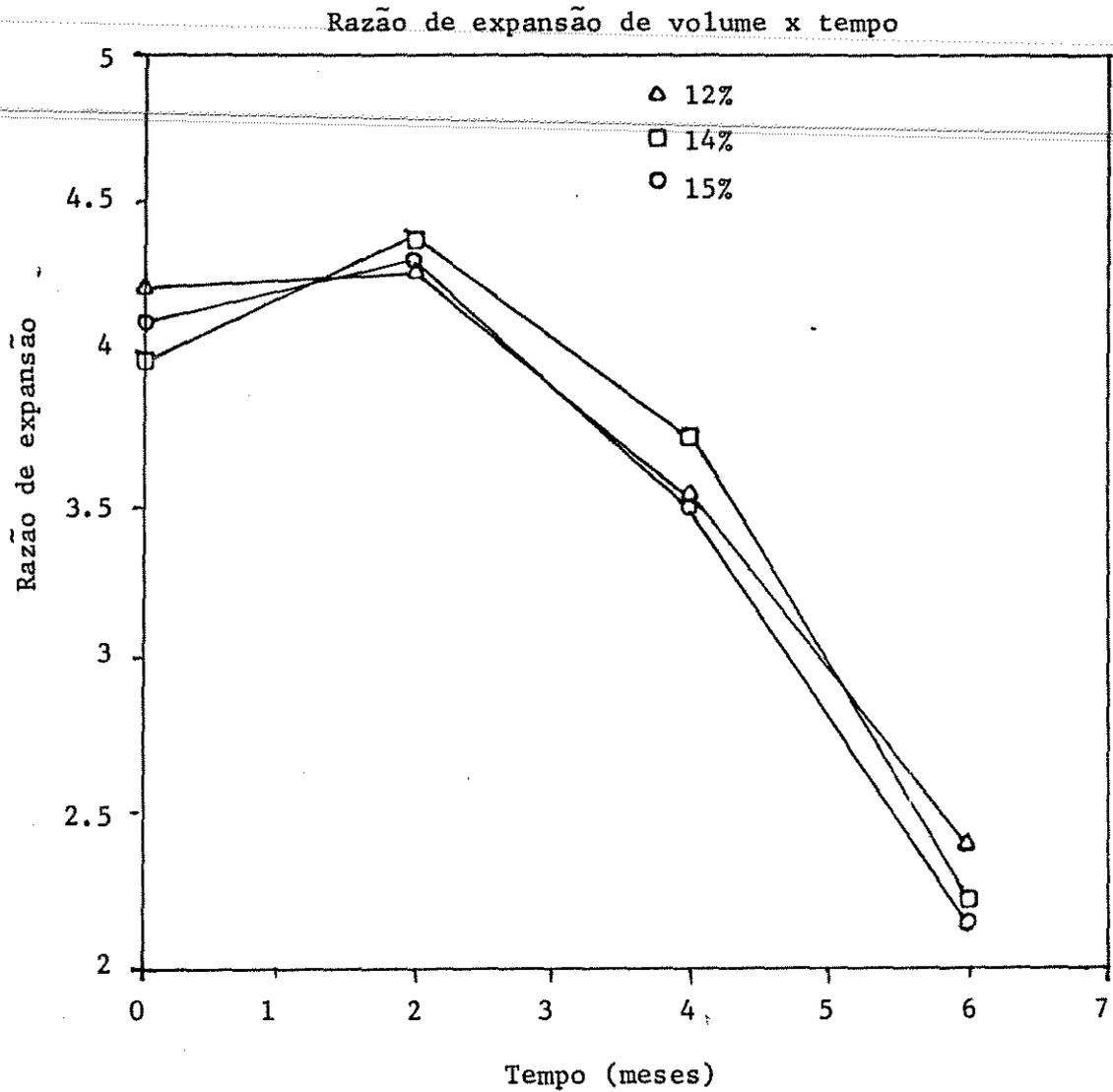


FIGURA 22. Razão de expansão de volume do arroz polido, obtido do arroz em casca, nas diferentes épocas de estocagem.

Verificou-se que houve uma ligeira oscilação nos valores de razão de absorção de água durante o período de armazenamento.

A expansão de volume tendeu a diminuir após 2 meses de estocagem para os diferentes teores de umidade.

~~Esses resultados não concordam com aqueles obtidos para arroz em casca armazenado em armazém inflável e convencional (SARTORI *et alii*, 1978) e para armazenamento de arroz polido (BARBER, 1972).~~

Sabor

Os resultados experimentais e da análise estatística da avaliação organoléptica (sabor) estão apresentados na Tabela 13.

Observou-se que o sabor não se alterou com o tempo de estocagem nos diferentes teores de umidade.

O teor de umidade de 12% diferiu estatisticamente do padrão e alcançou média inferior ao padrão, porém, nenhum sabor estranho foi detectado.

Verificou-se que a coloração do produto com 12% de umidade estava alterada (ligeiramente amarelada) em relação as demais. Uma vez que esse lote foi submetido às condições de secagem por um maior período de tempo, é possível que alguma modificação química tenha ocorrido causando alteração na sua cor e sabor.

TABELA 13. Valores médios obtidos da avaliação organoléptica (sabor) nas diferentes épocas de estocagem e suas significâncias pelo teste de Dunnett ao nível de erro de 5% de probabilidade.

Tratamento	Tempo (meses)				Médias
	0	2	4	6	
Padrão	3,78	3,92	3,82	3,88	3,85A
12%	3,55	3,08	3,36	3,58	3,40B
14%	3,70	3,67	3,61	3,71	3,67A
15%	3,63	3,75	3,51	3,67	3,64A
Médias	3,67a	3,60a	3,57a	3,71a	

Valores médios seguidos da mesma letra maiúscula não diferem significativamente ao nível de erro de 5% (D.M.S. = 0,22).

Valores médios seguidos da mesma letra minúscula não diferem significativamente.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de se verificar o comportamento do arroz, armazenado em casca, à granel, em silo subterrâneo revestido com polietileno com teores médios de umidade de 12, 14 e 15% por um período de até seis meses.

O produto foi armazenado em 27 silos com capacidade de 60Kg cada sendo que amostras foram retiradas inicialmente e após intervalos de 2, 4 e 6 meses de estocagem abrindo-se 9 silos (três repetições para cada teor de umidade) a cada período de amostragem.

As amostras assim obtidas foram submetidas aos seguintes testes: teor de umidade, atividade de água, ácidos graxos livres, infestação por insetos, infecção por fungos, rendimento do grão, renda do benefício, vitamina B₁, viscosidade, absorção de água, expansão do volume e sabor. A temperatura e os teores de dióxido de carbono e oxigênio no interior dos silos foram verificados periodicamente. As temperaturas médias ambientais foram fornecidas por uma estação meteorológica localizada nas proximidades.

Nas condições de realização do experimento, as conclusões deste trabalho foram as seguintes:

● O silo subterrâneo revestido com polietileno é uma alternativa tecnicamente viável para armazenagem do arroz em casca, não infestado, com teor de umidade de até 15% e por um período de até 6 meses.

● A diferença nos teores de umidade investigados de armazenagem não influiu no peso específico aparente do arroz em casca, e no teor de vitamina B₁ do arroz polido.

● Não houve alteração significativa no sabor, no decorrer do período de estocagem para os diferentes teores de umidade de estocagem sendo que o produto com 12% de umidade apresentou o pior sabor.

● O aumento da percentagem de infecção fúngica por spp. do grupo *A. glaucus* não foi acompanhado por alterações na coloração, sabor e teor de ácidos graxos livres.

● Sob o ponto de vista de viscosidade, o teor de umidade de 15%, indicou ser o melhor, de acordo com o padrão de preferência brasileira (arroz menos viscoso) para um período de estocagem de seis meses.

● Sob o ponto de vista de rendimento do grão (percentagem de grãos inteiros) e renda do benefício, os teores de umidade de 12 e 14% não diferiram entre si.

● O tempo de estocagem, para os diferentes teores de umidade, não influiu na percentagem de grãos quebrados, durante o beneficiamento.

Para trabalhos futuros sugere-se:

1. Utilizar teores de umidade superiores e/ou maiores períodos de estocagem em relação àqueles usados no presente estudo.

2. Verificar a eficiência desse método de estocagem no controle de insetos-praga de arroz armazenado.

2. Realizar análise de aflatoxina nas amostras que apresentarem infecção fúngica por *A. flavus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.M. Investigation of grain storage in underground pits. In: NATIONAL GRAIN STORAGE SEMINAR, Sudan, 1982. 15p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, A.A.C.C., 1976.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemist's Society. 3rd ed. Champaign, 1974.
- ARAULLO, E.V.; DE PADUA, D.B. & GRAHAM, M. Rice post-harvest technology. Ottawa, International Development Research Centre. 1976. p.143-159.
- BAILEY, S.W. & BANKS, H.J. The use of controlled atmospheres for the storage of grain. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE OF STORED-PRODUCT ENTOMOLOGY, 1, Savannah, Georgia, U.S.A., 1974. Proceedings... Savannah, Georgia, U.S.A., 1975. p.362-374.

- BANKS, J. Controlled atmosphere grains storage: state of the art. Bulk wheat, 1978. p.33-36.
- BARBER, S. Milled rice and changes during aging. In: HOUSTON, D.F., ed. Rice chemistry and technology. St. Paul, A.A.C.A., 1972. p.215-263.
-
- BENEDETTI, B.C. Influência do teor de umidade sobre propriedades físicas de vários grãos. Tese-Mestrado, Campinas. UNICAMP/FEAGRI, 1987. 125p.
- BEUCHAT, L.R. Food and Beverage Mycology. Westport, AVI, 1978. 529p.
- BOTTOMLEY, R.A.; CHRISTENSEN, C.M. & GEDDES, W.F. Grain storage studies. IX. The influence of various temperatures, humidities and oxygen concentration on mold growth and biochemical changes in stored yellow corn. Cereal Chem., St. Paul, 27:271-296, 1950.
- BOXALL, R.A. & CALVERLEY, D.J.B. Grain quality considerations in relation to aeration and in-store drying. In: INTERNATIONAL SEMINAR. Preserving grain quality by aeration and in-store drying. Kuala Lumpur, 1986. Proceedings... p.17-23. (ACIAR Proceedings, 15).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz. Brasília. Vol. 8(20/6); 25p., dez. 1988.

CALDERON, M. The ecosystem approach for apprehending the extent of post harvest grain losses: review. Phytoparasitica, Dagan, Israel, 9(2):157-167, 1981.

CHRISTENSEN, C.M. Storage of cereal grains their products. St. Paul, A.O.C.S., 1974. 549p.

_____. Storage of cereal grains their products. St. Paul, A.O.C.S., 1982. 544p.

_____ & KAUFFMAN, H.H. Grain Storage. The Role of Fungi in Quality Loss. Minneapolis., University of Minnesota Press, 1969. 139p.

DAVIS, R. & JAY, E. An overview of modified atmospheres for insect control. Association of Operative Millers. Bulletin, Mar., 1983. p.4026-4028.

DE LUCCA, A.J. & ORY, R.L. Effects of microflora on the quality of stored rice. J. of Stored Prod., Oxford, (3):205-214, 1987.

DESIKACHAR, H.S.R. & SUBRAHMANYAN, V. Expansion of new and old rice during cooking. Cereal Chemistry, St. Paul, 36:385, 1959.

DIWARA, B.; CAHAGMER, B. & MOLARD-RICHARD, D. Oxygen consumption by a wet grain ecosystem in hermetic silos at various water activities. In: INTERNATIONAL WORK. CON

ERENCE STORED PRODUCT PROTECTION, 4, Tel-Aviv, 1986.
Proceedings... p.77-84.

FAURE, J. The influence of storage on quality criteria of tropical grains. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 4, Tel-Aviv, 1986. Proceedings... p.355-384.

FRANKENFELD, J.C. Staining Methods for Detecting Weevil Infestation in Grain. Washington, U.S.D.A., 1948. p.4. (Quant. ET. 256).

GARCIA, E.E.C.; PADULA, M. & SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. Embalagens plásticas: propriedades de barreira. Campinas, ITAL/CETEA, 1989. 44p.

HUANG, C.S. Factors affecting grain deterioration abiotic. In: POST-HARVEST PREVENTION OF PADDY RICE LOSS. Council of Agriculture Executive Juan, Republic of China, 1986. p.147-157.

HYDE, M.B. Airtight storage of grain. Ann. Appl. Biol., Great Britain, 50:362-364, 1962.

HYDE, M.B.; BAKER, A.A.; ROSS, A.C. & LOPEZ, C.C. Airtight grain storage. Rome, F.A.O., 1973. 71p. (Agricultural services bulletin, 17).

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS & COORDENADORIA DA
ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. Instruções práticas pa-
ra utilização de silos subterrâneos a nível de fazen-
da. Campinas, s.d. 9p.

JAY, E. Recent advances in the use of modified atmospheres for the control of stored-product insects. The American Association of Cereal Chemists, 1984 p.241-253.

KASHI, K.P. Controlling pests in stored grain with carbon dioxide. Span., 24(2):69-71, 1981.

MAGAN, N. & LACEY, J. Effects of gas composition and water activity on growth of field and storage fungi and their interactions. Trans. B. Mycol. Soc., 82(2):30, 305-314, 1984.

MAGAN, N & LACEY, J. Ecological determinants of mould growth in stored grain. Int. Jour. of Food Microb. 7:245-256, 1988.

MITSUDA, H. & YAMAMOTO, A. Advances in Grain Storage in a CO₂ atmosphere in Japan. In: SHEJBAL, J., ed. Controlled atmosphere storage of grains. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company. p.235-246. (Development in Agricultural Engineering, 1).

PACHECO, I.A.; SARTORI, M.R. & TAYLOR, R.W.D. Levantamen-
to de resistência de pragas de grãos armazenados à fos-
fina no Estado de São Paulo. Projeto ITAL/EMBRAPA
039860023/4. (trabalho a ser publicado).

PASTER, N. & BULLERMAN, L.B. Mould spoilage and micotox-
in formation in grains as controlled by physical means.
Int. J. of Food Microbiol., 7(3):257-265, 1988.

PHILLIPS, S. Informação pessoal, 1987.

PILLAIYAR, P. Influence of processing and storage condi-
tions on the quality of rice and its by products. Ri-
so, Milano, 28(40):349-358, 1979.

PISTON, S.W. *et alii*. Long-term storage of wheat. J.
Sci. Ed. Agric., Washington, 15:153-161, 1964.

PYRAH, D. & JAY, E. Carbon dioxide provides effective in-
sect control in stored grain. The Wheat Grower, p.18-
-21, apr. 1986.

SARTORI, M.R. & COSTA, S.I. Armazenamento de milho em si-
lo subterrâneo com polietileno. Boletim do ITAL, Cam-
pinas, 42:55-69, 1975.

_____ ; PACHECO, I.A. & TAYLOR, R.W.D. Verificação da
ocorrência e especificidade de resistência ao insetici

da malation em população de *Sitophilus oryzae*, *Rhizopenta dominica* e *Tribolium castaneum*. Projeto ITAL/FUNDEPAG. (trabalho a ser publicado).

SARTORI, M.R. & VITTI, P. Avaliação da qualidade tecnológica de milho com teor de umidade relativamente elevado, armazenado em silo subterrâneo. Projeto ITAL/FUNDEPAG, 1986. 65p.

_____; MIORIM, A.L.; VITTI, P.; FERREIRA, V.L.P.; SHIROSE, I.; DRAETTA, I.S.; ARIMA, H.K.; PULZ, F.S. & MORAES, R. Teste de conservação de arroz (*Oryza sativa*, L.) em armazém inflável. Campinas, ITAL/SANSUY, 1978. 65p. (relatório final).

_____; ALVIM, D.D.; PULZ, F.S. & CAMPOS, S.D.S. Armazenamento de feijão a granel em silo subterrâneo revestido com polietileno. Projeto ITAL/EMBRAPA 1009/04.04, 1981a.

_____; _____; _____ & _____. Armazenamento de feijão em saco de juta em um silo subterrâneo revestido com polietileno. Projeto ITAL/EMBRAPA 1009/04.05, 1981b.

_____; _____; _____ & _____. Armazenamento de feijão em sacos de polietileno colocados em silo subterrâneo. Projeto ITAL/EMBRAPA 1009/04.06, 1981c.

SARTORI, M.R.; TANIWAKI, M.H. & EIROA, M.N.U. Armazena-
mento de milho com teor de umidade moderadamente eleva
do em silo subterrâneo de polietileno. Projeto ITAL/
/EMBRAPA 022.83.012/9. 1985.

SINÍCIO, R. & ROA, GONZALO. Curvas e equações de equilí-
brio higroscópico para 15 produtos agrícolas. Rev.
Bras. de Armaz., 4(2):49-55, 1979.

SPRATT, E.C. Some effects of the carbon dioxide absor-
bency of humidity controlled solutions on the results
of life history experiments with stored product in-
sects. J. Stored Prod. Res., 2:127-134, 1975.

STROHECKER, R. & HENNING, H.M. Analisis de Vitaminas: mé-
todos comprobados. Madrid, Editorial Paz Moltalvo,
1967, p.80-89.

TOQUERO, Z.F. & DUFF, B. Physical losses and quality of
deterioration. In: RICE POST-PRODUCTION SYSTEMS. La-
guna, Philippines, IRRI, 1985. (IRRI Research Paper,
107).

WEBB, B.D. & STERMER, R.A. Criteria of rice quality. In:
HOUSTON, D.F. Rice chemistry and technology. St.Paul,
A.A.C.C. 1972. p.102-139.

WILLS, R.B.H.; MOELJOPAWIRO, S.; MOORE, L. & SCOTT, K.J.
Short-term storage of high-moisture rice in sealed containers. Trop. Agri., Trinidad, 60(1):36-40, 1983.

YASUMATSU, K. & MORITAKA, S. Fatty acid compositions of
rice lipid and their change during storage. Agric.
Biol. Chem., 28:257-264, 1964.

APÊNDICE I

Teores de umidade nas amostras de arroz em casca retiradas durante o preenchimento dos 27 silos e após a abertura, depois de 2, 4 e 6 meses.

Tempo (meses)	Silo								
	1 ^a	2 ^b	3 ^c	4 ^b	5 ^c	6 ^a	7 ^c	8 ^a	9 ^b
0	12,0	14,2	14,9	14,0	14,9	12,0	15,2	12,2	14,0
2	11,6	13,9	14,6	13,7	14,6	11,8	14,5	11,7	13,6

Tempo (meses)	Silo								
	10 ^b	11 ^c	12 ^a	13 ^c	14 ^a	15 ^b	16 ^a	17 ^b	18 ^c
0	14,1	15,3	12,3	15,0	11,9	14,0	12,1	14,3	15,0
4	13,6	14,8	11,8	14,6	11,8	13,8	11,8	13,9	14,6

Tempo (meses)	Silo								
	19 ^c	20 ^a	21 ^b	22 ^a	23 ^b	24 ^c	25 ^b	26 ^c	27 ^a
0	15,0	12,1	14,1	12,2	14,2	15,5	14,1	15,0	11,9
6	14,7	11,9	13,8	11,8	13,8	14,9	13,8	14,6	11,7

a - silos com teores de umidade aproximadamente de 12%

b - silos com teores de umidade aproximadamente de 14%

c - silos com teores de umidade aproximadamente de 15%

APÊNDICE II

ESCALA DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA

NOME _____ DATA _____

PRODUTO _____ SÉRIE _____

Avalie somente o SABOR. Ignore as outras diferenças.

Código da amostra	Melhor do que o pa- drão em sabor ₅	Igual ao pa- drão em sabor ₄	Inferior ao padrão em sabor			Descreva o tipo de sabor estranho
			Nenhum sa- bor estra- nho detec- tado ₃	Ligeiro SABOR ESTRANHO ₂	Sabor es- tranho definido. INACEITÁ- VEL ₁	

() () () () ()

Lista de possíveis sabores estranhos:

Amargo	Oleoso
Queimado	Pútrido
Terra	Rançoso
Insípido	Salgado
Medicinal	Azedo
Perfumado	Especiaria
Metálico	Doce