

## ENSAIOS COM UNIDADES ARMAZENADORAS MODULARES A NÍVEL DE FAZENDA\*

Paulo Mário del Giudice  
Sônia Coelho de Alvarenga\*\*

### 1. INTRODUÇÃO

O aumento de produção no setor agrícola tem sido um dos objetivos do governo, visando prover a população com alimentos em quantidade suficiente para suprir a demanda interna a preços acessíveis.

Contudo, tal objetivo traz, na sua consecução, o problema do armazenamento da produção, para que os produtos obtidos em épocas distintas possam ser mantidos, a fim de atender, num fluxo contínuo, à demanda do mercado.

O armazenamento, a qualquer nível, é uma fase do processo de comercialização que está, em termos agregados, num estágio de desenvolvimento inferior às outras fases do processo.

A nível de fazendas, o armazenamento, tecnicamente conduzido, implica uma tecnologia que parece estar além do nível de desenvolvimento técnico e da capacidade econômica para maiores investimentos por parte do produtor.

A busca de aumento da produção agrícola depende, em grande parte, da possibilidade de armazenamento dessa produção, pela diminuição da perda, quando se dispõe de um bom sistema de armazenamento.

O armazenamento bem estruturado faz com que seja mantido o fluxo de produtos para atender, de forma regular, ao abastecimento dos grandes centros consumidores, além de evitar grandes variações nos preços.

A maior e melhor capacidade de armazenamento melhora a distribuição do produto no tempo, evitando grandes flutuações no fluxo de oferta e eliminando, também, a consequente variação de preços que normalmente acompanha os períodos de safra e entressafra.

Um passo importante no aumento e melhoria da rede de armazenamento do país deve ser a pesquisa do problema real das condições existentes de armazenamento para produtos específicos, bem como o conhecimento do problema a diferentes níveis, isto é, a nível do produtor, distribuidor, atacadista etc.

Estudos já realizados têm mostrado que, em geral, é suficiente a capacidade armazenadora nas fases intermediária e final, contrariamente ao que se supunha. O que de fato existe é a má distribuição da capacidade estática de armazenamento. Por outro lado, verificou-se que o sistema de armazenamento nas fazendas é precário, o que equivale a dizer que, na realidade, não existe o que se pode chamar de «capacidade armazenadora», na quase totalidade das fazendas brasileiras (1).

Esta situação, a nível do produtor, é responsável pelo elevado percentual de perdas físicas do produto.

Grande número de estudos tem sido realizado, visando solucionar o problema específico de armazenamento de grãos, destacando-se o realizado pela Escola

---

\* Recebido para publicação em 15-12-1975.

\*\* Professores adjuntos da Universidade Federal de Viçosa.

Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa, por meio de seus Departamentos de Economia Rural e de Engenharia Agrícola (1).

Este estudo mostrou que um programa de armazenamento nas fazendas seria viável para o milho, cuja perda, foi calculada, em 1972, em 480.000 toneladas, anualmente.

Tal perda, deve-se ressaltar, corresponde apenas à diminuição de peso do produto, resultante do ataque de insetos. Poderá ser aumentada se restringirem as atuais práticas de preservação de grãos, com inseticidas tóxicos, prejudiciais à saúde do homem.

Um processo de armazenamento mais eficiente poderá reduzir esta perda a um nível mínimo, o que por si só justifica o interesse dos órgãos públicos e privados, no sentido de dotar o país de um sistema adequado de armazenagem.

Outros fatores, de caráter econômico, corroboram este empenho. A disponibilidade de armazenamento, a nível do produtor, implicaria um instrumento regulador de preço e de fluxo de produção, permitindo ao agricultor absorver parte do diferencial de preços entre os períodos de safra e entressafra.

Com base nessas considerações e nos resultados do estudo já citado (1), delineou-se um PROGRAMA EXPERIMENTAL, com o propósito de testar a exeqüibilidade e analisar as implicações econômicas e técnicas de um sistema de armazenamento de milho nas fazendas, fornecendo, deste modo, informações que possam orientar a implantação, em larga escala, do referido sistema.

Para isto, foi projetada uma unidade armazenadora, resultante também dos dados obtidos neste estudo inicial.

O PROGRAMA EXPERIMENTAL, através da implantação, em caráter experimental, de unidades armazenadoras a nível de fazendas, para o armazenamento de milho, visa, em termos gerais, a testar a exeqüibilidade e analisar as implicações econômicas e técnicas de implantação de um programa de armazenamento em larga escala.

Os objetivos específicos são:

(1) Testar, no «campus» da Universidade Federal de Viçosa e em fazendas da região, pormenores de construção e analisar a eficiência da unidade projetada.

2) Comparar os resultados obtidos na primeira parte do estudo anterior (1) com os resultados atuais de grupos de agricultores nas condições normais de armazenamento.

3) Comparar os resultados obtidos na primeira parte do estudo anterior com os grupos de agricultores com unidades armazenadoras experimentais, sob diferentes modalidades de orientação, controle e supervisão.

4) Analisar a viabilidade econômica das unidades armazenadoras tecnicamente recomendadas.

5) Avaliar a capacidade do agricultor para suportar o investimento nas referidas unidades, com base na relação de custo-benefício.

6) Procurar identificar os principais obstáculos a um programa de armazenamento de milho nas fazendas, nas condições deste estudo.

7) Fornecer informações que possam orientar a implantação do programa, em larga escala.

O presente trabalho, parte do 1.º estágio, refere-se ao desenvolvimento do primeiro objetivo específico, que deve servir de base à implantação do programa restante.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Com o fim de atender ao 1.º objetivo específico proposto, foi necessário idealizar o tipo de unidade armazenadora a empregar, dentro de padrões compatíveis às necessidades de preservação do produto e às características do meio rural e do agricultor brasileiro, definindo a distribuição e a capacidade das referidas unidades.

## 2.1. Considerações Técnicas

Ao se planejar a unidade armazenadora experimental, vários problemas foram considerados.

A dificuldade que se encontra no projeto de uma unidade armazenadora para a fazenda está nas limitações dentro das quais ela deve ser planejada. De um lado, deve ser eficiente na guarda dos grãos; de outro, deve ser de construção e custos operacionais baixos. Esses fatores são divergentes, e não se pode tender para um deles sem que outro ou outros sejam prejudicados. A solução é encontrada pela escolha do que impõe maiores limitações, e o projeto deve ser feito considerando os fatores segundo a sua escala decrescente no que diz respeito à importância que apresentam dentro do projeto.

Outras limitações surgem quando se atenta para a pequena disponibilidade de energia motora no meio rural brasileiro, razão por que tornam-se difíceis as medidas operacionais que a armazenagem de grãos exige para o seu completo êxito. O produto agrícola para ser armazenado necessita, antes da armazenagem, ser tratado com a finalidade de se retirarem as impurezas que ele traz do campo e abaixar seu teor de umidade; as impurezas dificultam a livre circulação de ar entre os grãos e podem ser um meio propício para o desenvolvimento de insetos; a umidade excessiva ocasiona o crescimento do mofo, que causa o desmerecimento dos grãos e deixa níveis tóxicos que podem ser letais, principalmente a suínos e aves. Esses tratos iniciais, ou pré-armazenagem, que forçosamente deve ser dados aos grãos, exigem que a propriedade agrícola disponha de energia para a movimentação do produto e para o seu secamento, além de algum conhecimento tecnológico por parte do fazendeiro, a fim de que ele possa operar e equipamento necessário, tais como o secador e o dosador de umidade dos grãos, entre outros.

### 2.1.1. Tipo de Armazenagem

A armazenagem a granel, tecnicamente conduzida, é a que mais se aconselha, e é a forma de armazenagem que apresenta maior economicidade em função do maior volume de grãos por volume de capacidade estática da unidade armazenadora.

Sua adoção, entretanto, implicará acentuada mudança tecnológica para o agricultor. Ele terá necessidade de novos conhecimentos sobre secagem e armazenamento de grãos. É sabido que o melhor teor de umidade para a armazenagem do milho a granel está entre 12,0 e 13,0%. Este índice deverá ser rigorosamente obedecido ou seguido na armazenagem a granel, sob pena de obrigar a outras operações que resultarão no aumento do custo de armazenagem ou perda do produto.

A capacidade de guarda de uma unidade armazenadora modifica-se quando nela se armazena milho em espiga ou milho a granel. No produto a granel há mais grãos por metro cúbico. O peso específico do milho a granel, com teor de umidade de 12,5%, é aproximadamente de 720 kg por metro cúbico, e do milho em espiga, sem palha, é de mais ou menos 480 kg por metro cúbico, significando que uma unidade que comporta 36 toneladas de grãos (600 sacos), quando cheia com milho e espiga, sem palha, dará 24 toneladas ou 400 sacos de 60 kg, somente.

### 2.1.2. Secamento

Uma das operações que se apresenta com maior freqüência na armazenagem de grãos é a do secamento, visto que o produto vem do campo com um teor de umidade que está, em média, em torno de 14,5%. Supondo que o produto venha do campo com tal teor de umidade, para reduzi-lo a 12,5%, cerca de 28 kg d'água devem ser evaporadas de uma tonelada de grãos. Supondo que o agricultor colha apenas a quantidade de grãos, que quando tiverem o seu teor de umidade reduzido para 12,5% forem suficientes para encher a sua unidade armazenadora, com capacidade para 600 sacos, cerca de 0,8 toneladas d'água deverá ser removida dos grãos. Supondo que ele consiga colher seu produto em um mês, e supondo ainda, para facilidade de raciocínio, que ele receba todos os dias a mesma quantidade de grãos, cerca de 28 quilos d'água deverão ser evaporados deles, por dia.

O processo mais econômico de secagem de um produto agrícola é aquele que utiliza a energia solar, expondo os grãos ao sol, nos terreiros. Na região onde se processou a pesquisa (1), podem ser recebidos, num dia de 11 horas, cerca de 575

kcal/m<sup>2</sup> de terreno. Para evaporar a quantidade d'água prevista, isto é, 27 kg, será necessária, num dia de atmosfera clara, uma área de terreno correspondente a 40 metros quadrados. Em dia nublado, a eficiência do processo cai significativamente, chegando a evaporar apenas 1/10 da quantidade prevista.

O Quadro 1 apresenta a área de terreno necessária para a secagem de uma tonelada de grãos com diferentes teores de umidade, em dia de céu claro. Apresenta, também o custo do terreno para esta operação.

A secagem feita em terreno é encarecida pelo manuseio, que dificilmente poderá ser mecanizado, e pelo custo de implantação dos terreiros. Em propriedades onde já houver terreiros, tal custo não deverá ser necessariamente computado.

O secamento feito em terreno depende das condições de tempo reinante e, como foi dito, algumas vezes o rendimento da secagem torna-se muito baixo, ou mesmo impossível. Como o produto deve ser protegido durante a noite, deve-se, nessas ocasiões, atentar para mais esta operação, a qual virá encarecer o processo.

### 2.1.3. Aeração

Uma vez armazenado, o produto agrícola deve ser objeto de inspeções constantes, procurando verificar sua temperatura, seu teor de umidade e o ataque de insetos. A aeração, que é uma operação pela qual se faz passar entre os grãos armazenados certo volume de ar, é a única aconselhada para o controle da umidade e temperatura dos grãos. Outra solução para o problema seria o armazenamento do produto (no caso, o milho) com um teor de umidade entre 12,0 a 12,5% base úmida. Nessas condições, os grãos poderão permanecer na unidade armazensora por tempo indeterminado, sem qualquer outro cuidado que não o de verificar a infestação e promover, se necessário, a fumigação.

A aeração somente pode ser efetuada com ar forçado entre os grãos, o que se consegue com auxílio de um ventilador. Esta é a primeira dificuldade que se encontra para a armazenagem do produto a granel, nas fazendas, visto que o acionamento do ventilador, devendo ser feito por muito tempo, só pode ser efetuado se a propriedade dispuser de fonte de energia elétrica.

O formato dos grãos permite certa porosidade na massa que eles formam quando retidos pelas paredes de uma unidade armazensora. Os interstícios formados por eles estão cheios de ar, cuja umidade relativa é a de equilíbrio com a umidade contida nos grãos. A mudança deste ar intersticial torna-se necessária quando a umidade se eleva ou quando a temperatura dos grãos está acima da temperatura do ar exterior em relação à unidade armazensora de, pelo menos, 5,0 centígrados. Como o espaço existente entre os grãos é pequeno, o ar encontra certa resistência ao passar por ele. Por este motivo, é necessário forçar o ar através da massa de grãos, para que a resistência oferecida ao seu fluxo seja vencida. Observa-se, pois, que a ventilação natural, promovida pelas diferenças entre as temperaturas dentro e fora da unidade armazensora, não é suficiente para manter as condições exigidas pela tecnologia da armazenagem. Entretanto, em localidade onde não se pode contar com o uso de energia motora, só se pode contar com o fluxo de ar que as diferenças de temperaturas podem promover. Daí, a razão de se preferir, nessas áreas, o armazenamento de espigas de milho, sem palhas, visto que, em razão de seu formato, elas deixam entre si maior espaço vazio, quando contidas dentro de uma unidade armazensora, oferecendo menor resistência ao fluxo de ar que deverá passar entre elas. Em virtude dessa menor resistência, a diferença de temperatura entre o ar externo e o interno é suficiente para promover a adequada aeração do produto. Ainda em razão do fator supramencionado, é possível armazenar espigas de milho com maior teor de umidade do que quando a armazenagem é feita a granel. Segundo essa linha de raciocínio, o armazenamento do milho, em espigas, sem palha, oferece maior segurança do que o produto armazenado a granel, para o agricultor que possui pouca habilidade para lidar com equipamento delicado e pequena capacidade de investimento.

### 2.2. Dimensionamento das Unidades

Os resultados da primeira parte do estudo (1) mostraram que 71% dos produtores, nos municípios estudados, armazenaram entre 100 e 2.000 sacos de milho de 60 kg, em suas fazendas, sendo 55% na faixa de 100 a 700 e 16% na faixa de 700 a 2.000 sacos (Quadros 2 e 3). Isto significa que as unidades armazensoras

QUADRO 1 - Área necessária de terreno construído com diferentes matérias, para secar uma tonelada de grãos, contendo diferentes teores de umidades, para um teor relativo a 12,5%, 1968

		Custo de terreno, por tonelada de grãos, material usado, construção de terreno Cr\$		
Unidade % base úmida	Área necessária m <sup>2</sup>	Tijolo de argila	Tijolo de cimento	Concreto
13	7,0	56,00	91,00	105,00
14	18,0	146,00	364,00	270,00
15	30,0	240,00	390,00	450,00
16	40,00	320,00	520,00	600,00
17	53,0	424,00	689,00	795,00
18	64,0	512,00	832,00	960,00
19	76,0	608,00	988,00	1.140,00
20	87,0	716,00	1.131,00	1.305,00

Fonte: Armazenamento nas fazendas - UREMG-IER - 1968.

QUADRO 2 - Produção de milho dos municípios da amostra - 1968

Municípios	Produção (sacos com 60 kg)			Produção retida (sacos com 60 kg)		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
Goiatuba	45	842	4.000	45	608	4.000
Patos de Minas	600	2.955	11.000	-	794	5.083
Ituiutaba	200	3.931	32.000	200	2.305	28.500
Ituverava	850	6.294	25.000	30	2.815	25.000
Camaquã	200	4.572	15.000	200	3.368	15.000
Goiânia	300	2.186	9.000	37	1.180	6.000
Itararé	200	1.461	7.000	20	1.083	7.000
Francisco Beltrão	150	406	1.200	100	394	1.200
Erechim	50	883	3.000	50	770	3.000
Dourados	30	645	2.500	30	471	2.500
Turvo	30	311	1.008	...	247	...
Concórdia	50	392	1.000	52	378	1.000

Fonte: Armazenamento nas fazendas - UREM-G-IER - 1968.

QUADRO 3 - Distribuição dos volumes armazenados nas fazendas dos municípios estudados - 1968

Classes (sacos com 60 Kg)	Municípios										Total	%
	Dourados	Goiânia	Goiânia tuba	Patos de Minas	Ituiutaba	Ituverava	Francisco Beltrão	Corumbá	Turvo	Cambará		
Menos de 100	3	3	3	4	1	7	8	-	-	2	11	-
100 — 300	2	3	7	9	6	4	5	7	-	7	2	21,4
300 — 500	5	6	4	1	1	5	1	13	-	9	3	1
500 — 700	2	3	5	3	8	-	2	4	-	4	3	1
700 — 1.000	-	2	3	-	1	1	1	1	-	2	2	-
1.000 — 2.000	-	5	2	5	3	2	1	1	-	1	3	4
2.000 — 3.000	1	2	1	2	1	2	1	-	-	-	1	11
3.000 — 4.000	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1	1	-
4.000 — 5.000	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	4
5.000 a mais	-	1	-	1	3	4	1	-	-	-	3	13
Total	13	27	26	25	25	26	22	26	-	25	12	252
												100,0

Fonte: Armazenamento nas fazendas - UREM-G-IER - 1968.

com capacidade dentro destes limites podem atender a considerável parcela de agricultores. Assim, foram projetadas unidades de três tamanhos, com as capacidades de 9, 18 e 36 toneladas de milho em espigas, sem palha, ou, aproximadamente, 1,5 vezes mais tonelagem de milho em grãos.

Observou-se, entretanto, que a diferença nos custos de construção da unidade de 9 toneladas para a de 18 não é de grande expressão, ao passo que a capacidade de armazenamento é duplicada. Por outro lado, os custos de construção e a capacidade de armazenagem das unidades de 18 a 36 toneladas são praticamente proporcionais.

Decidiu-se, portanto, recomendar para teste somente a unidade média, com capacidade de 18 toneladas de milho, em espiga, sem palha, ou cerca de 27 toneladas de milho em grãos, isto é, 300 ou 450 sacos de 60 kg, como «unidade modular». Esta unidade modular poderá ser ampliada, acoplando-se tantas outras quantas forem necessárias, com as seguintes vantagens: economia de uma parede lateral, economia de telhado e facilidades operacionais do conjunto, além de possibilitar o uso de parte das unidades para armazenagem de outros grãos e eliminar ou reduzir a ociosidade estacional das instalações.

A possibilidade de acoplar unidades modulares, de compartimentos estanques, em conjuntos com capacidades múltiplas de 18 toneladas, facilitará o experimento e a provável implantação do programa em larga escala, diante da redução de custos, padronização e versatilidade das unidades.

A escolha do módulo de 18 toneladas oferece possibilidade de atendimento a mais da metade dos agricultores que armazenaram milho em suas fazendas. Tomando os pontos médios das classes de 100 a 300 e de 1.000 a 2.000, verifica-se que 54% dos produtores armazenaram entre 150 e 1.500 sacos de milho, volumes estes que podem ser atendidos pela unidade modular, desde que acoplada com outras em número suficiente, e desde que o produto seja armazenado na forma mais compatível com suas características e volumes.

### *2.3. Armazenamento do Milho*

A versatilidade quanto ao tipo de produto a ser armazenado constitui ponto de grande importância no planejamento da unidade, dada a ociosidade de benfeitorias específicas em fazendas diversificadas com culturas de diferentes ciclos de produção e comercialização. Entretanto, outro ponto de igual ou maior importância é tornar a unidade adequada ao armazenamento de milho (que constitui objeto do presente projeto), sob diferentes formas tecnicamente corretas.

Considerando-se que o armazenamento do produto em grãos requer tecnologia mais apurada, poderá causar impacto favorável ao programa o planejamento de uma unidade que, basicamente delineada para uma tecnologia intermediária, possa servir de veículo para a introdução de práticas mais avançadas no sistema de armazenamento nas fazendas brasileiras. Por outro lado, onde as condições permitirem tais unidades poderão servir para o armazenamento de milho em grãos, diminuindo consideravelmente a incidência dos custos unitários de armazenagem.

A armazenagem do milho a granel foi incluída no experimento porque é importante, técnica e economicamente, responder se o agricultor e o meio rural brasileiros têm condições de adotar esta técnica mais avançada de armazenar milho. Outra justificativa é dada pela própria concepção de PROGRAMA EXPERIMENTAL, onde a resposta a esta indagação pode ser obtida com custo adicional baixo.

### *2.4. A Unidade Armazenadora Experimental*

**Material empregado** — O projeto da unidade armazenadora prendeu-se, inicialmente, à escolha do material de que, basicamente, será construída. O estudo foi orientado no sentido de se escolher material bastante difundido pelas regiões onde se processou a pesquisa e que ofereça as características exigidas pela técnica de armazenagem, além de exigir treinamento elementar dos operários encarregados de sua construção. Pelo exame dos questionários e das fotografias obtidas na fase inicial da pesquisa, pôde-se observar que a madeira é o material mais comumente usado nas construções das benfeitorias rurais estudadas. Sendo considerada também material biológico, ela absorve umidade do ar e, do mesmo modo que nos grãos, há uma condição de equilíbrio entre o teor da umidade que ela contém e a umidade relativa do ar. Oferece resistência à passagem de pragas

e seu coeficiente de permeabilidade para os gases de moléculas grandes é baixo. Em conseqüência da transferência de calor que ela possibilita, é possível manter, dentro da unidade, temperatura mais elevada do que a do exterior, suficiente para permitir a circulação do ar necessário ao processo de armazenamento.

Pelas razões supramencionadas, elegeu-se a madeira para a construção das unidades armazenadoras experimentais.

*Projeto da unidade* — No projeto da unidade procurou-se a forma mais econômica, isto é, aquela que implicaria menor gasto de material para determinado volume e apresentasse maior facilidade de construção. A forma cúbica é a que oferece maior capacidade em relação ao material gasto e mais facilidade de construção.

Os custos operacionais, levados em consideração, mostraram que a descarga por gravidade é a que oferece maior economicidade na operação. Por este motivo, principalmente, a unidade apresentará o piso elevado, com inclinação dos lados para o centro, sendo a inclinação equivalente ao ângulo de repouso do material. A parte central é mais baixa e se apoia sobre uma viga de concreto, colocada sobre o solo. O piso construído desta maneira poderá ser dimensionado para suportar 50% dos esforços provenientes do peso do material armazenado. Além das vantagens citadas, o piso elevado protege os grãos contra vapor d'água proveniente do solo.

A unidade é provida de aberturas teladas no fundo e na parte superior, tornando-a à prova de insetos. Essas aberturas permitem a ventilação natural em proporção suficiente para a manutenção da quantidade de material armazenado. As aberturas em apreço são providas de obturadores, a fim de que elas possam ser fechadas durante as fumigações à base de fosfina. Esta é a operação mais indicada, pois, o gás penetra com facilidade em todos os pontos da unidade armazenadora, controlando eficientemente as pragas. Após o período de tratamento, são novamente abertas, para que se verifique a lavagem dos gases de fumigação do interior das unidades. Em operação normal, elas deverão estar sempre abertas.

*Carga de unidade* — A unidade é carregada primeiramente através de uma porta lateral, e finalmente por uma abertura superior, a qual é alcançada por um passadiço localizado acima das telhas. Com esse procedimento, torna-se possível efetuar o carregamento da unidade, de modo a utilizar sua capacidade total.

A descarga é feita por gravidade, através de portas especiais, colocadas próximas à junção inferior das partes inclinadas do piso. A cobertura é feita com telhas de cimento-amianto, em duas águas, com passadiço central.

Embora a unidade tenha sido projetada, observando-se os mínimos detalhes para o seu perfeito funcionamento, havia necessidade de construir algumas com a finalidade não só de testá-las, mas também verificar as dificuldades surgidas durante a construção. Aconselhou-se, portanto, a construção de pelo menos 3 unidades modulares na U.F.V. e 3 em fazendas da região, a fim de que se pudesse verificar sua eficiência e estudar pormenores que possam aparecer durante a fase de construção. Isto significa que o programa seria dividido em duas partes: a parte de Viçosa (U.F.V. e nas fazendas da vizinhança) e a parte de campo, propriamente dita.

Considerou-se a presente unidade, codificada como BNDE/U.F.V., capaz de resolver o problema de armazenagem na fazenda, tais as suas características de proteção aos grãos armazenados e facilidade de operação.

## 2.5. Custos da Unidade Armazenadora

*Custo da unidade* — A estimativa dos custos de cada unidade baseou-se na média de preços vigentes na cidade de Viçosa, em 1971, tanto para materiais de construção como para mão-de-obra.

Os custos estimados foram de Cr\$1.787,00, Cr\$2.388,00 e Cr\$4.133,00 para 150, 300 e 600 sacos de milho, em espigas, sem palha, respectivamente, ou, aproximadamente, 1,5 vezes para milho a granel.

Durante a descrição da unidade armazenadora verificou-se a razão de ser do seu formato, dos dispositivos nela usados, do material empregado na sua construção e da sua técnica operacional. Comparando-a com as unidades comerciais, chega-se às seguintes conclusões:

a. o preço da unidade armazenadora projetada é de Cr\$133,00, por tonelada

de capacidade estática, para a unidade modular de 300 sacos, enquanto que, para as comerciais, o preço está em torno de Cr\$250,00 (preços de 1971).

b. em razão das deficiências encontradas no meio rural, relativamente às instalações, energia elétrica e equipamento complementar, as unidades comerciais não podem ser operadas na maioria das propriedades estudadas.

c. a unidade armazenadora foi projetada de maneira a ser construída na própria fazenda, objetivando o uso de recursos locais.

Durante o projeto da unidade, estudavam-se as possibilidades de dimensionar a unidade de tal maneira que houvesse a maior economia possível no aproveitamento do material e da mão-de-obra empregada. Daí, surgiu a forma que é o melhor modo de combinar as dimensões e o número de telhas com o restante do material usado. As tábuas e vigas empregadas na construção aproveitam as dimensões usualmente encontradas no mercado, onde o comprimento das tábuas varia de 3,0 m a 5,50 m e a largura de 0,23 m a 0,30 m; a espessura em torno de 2,5 cm. Por encomenda, pode-se conseguir tábuas com 6,0 m de comprimento. Como detalhe de construção, pode-se observar que 50% da carga suportada cai sobre o bloco de concreto central e 25% sobre os estaqueamentos laterais. Tal disposição permite grande economia no dimensionamento das vigas.

Por sua vez, o concreto usado nos blocos centrais é simples, construído praticamente de alvenaria, podendo as pedras que os formam serem ligadas com argamassa comum.

*Vida útil da unidade* — Tem sido verificado que quando a madeira de lei é usada em uma construção, com a devida proteção e manutenção, a benfeitoria pode resistir sem preocupações durante um tempo que varia de 30 a 40 anos. A unidade armazenadora projetada, em razão do seu custo, não poderá ser construída com madeira de lei, em regiões onde, por exemplo, ela for escassa. Entretanto, pela escolha cuidadosa de outra madeira e com a necessária proteção e manutenção, ela poderá resistir de 15 a 25 anos, como tem sido verificado em construções já existentes. A unidade armazenadora em apreço será praticamente aérea, permitindo fácil manutenção.

## 2.6. O Programa Experimental

O prazo para o teste das unidades no «campus» da Universidade Federal de Viçosa e fazendas vizinhas foi de 6 meses. Este prazo, relativamente curto, justifica-se pelo fato de o equipamento existente na Universidade fornecer dados que os técnicos no assunto, com sua experiência, assimilação com facilidade, fazendo as correções necessárias.

O prazo para o teste das unidades, nos municípios escolhidos, será de pelo menos 3 anos, a fim de se obter dados referentes a 3 safras consecutivas, pois não se espera que o produto venha do campo, nestas 3 safras, com o mesmo teor de umidade e com o mesmo índice de praguejamento. Esta repetição permitirá estudar o comportamento da unidade projetada, em virtude da heterogeneidade do produto, das condições climáticas e do nível de conhecimento dos agricultores, e proceder aos ajustamentos necessários nas normas operacionais das unidades. Além disso, assegurará maior grau de confiança nos resultados obtidos.

### 2.6.1. Distribuição e Número das Unidades Armazenadoras Experimentais

O tamanho e as características da unidade modular projetada são compatíveis com as necessidades dos agricultores (em termos de médias de produção armazenada) e com as possibilidades do meio rural brasileiro.

A unidade modular corresponde a 18 toneladas de milho, em espiga, sem palha. Satisfeitas as exigências de aeração, por meio de equipamentos adicionais, o produto poderá ser armazenado a granel, duplicando, deste modo, a capacidade da unidade para 27 toneladas ou 450 sacos com 60 kg.

Delineou-se o experimento compreendendo duas modalidades de armazenamento: milho em grãos e milho em espigas, sem palha. Isto permitirá obter informações mais apuradas sobre o armazenamento de milho, em espigas, e possibilitará estimar as necessidades de equipamentos adicionais para armazenamento a granel, nas condições de fazenda.

Nos campos da Universidade Federal de Viçosa, foram construídas 3 unida-

des modulares, sendo uma isolada para milho a granel, e um conjunto de 2 unidades acopladas, para milho em espigas, sem palha. Para os testes nas fazendas, selecionou-se o município de Porto Firme, o maior produtor de milho, na vizinhança de Viçosa. Foram escolhidas, intencionalmente, 3 fazendas, sendo instalada, em cada uma, uma unidade armazenadora isolada, para milho em espigas, sem palha.

#### 2.6.2. Montagem do Experimento

O experimento foi iniciado no 2.º semestre de 1972, com milho da safra de 71/72, que ficou armazenado por um período de 12 meses.

As unidades armazenadoras foram assim classificadas:

- n.º 1 — Porto Firme — Espiga sem palha
- n.º 2 — Porto Firme — Espiga sem palha
- n.º 3 — Porto Firme — Espiga sem palha
- n.º 4 — S-I — U.F.V. — Espiga sem palha
- n.º 5 — S-II — U.F.V. — Espiga sem palha
- n.º 6 — U.F.V. — Granel

As unidades armazenadoras, localizadas nas fazendas, foram construídas com peroba, e as localizadas na U.F.V., com pinho.

Foram feitas 2 amostragens, uma no inicio do experimento e outra no final do período.

Em cada amostragem foram tomadas 30 amostras.

Todos os testes foram feitos comparando-se as médias das observações através do teste «t» de Student.

Considerou-se, para os testes, um limite de 1% de significância ( $t_{0,995}$ ).

O milho foi testado com relação à porcentagem de grãos carunchados, ao número de insetos vivos e à porcentagem de umidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes serão discutidos em termos de cada característica analisada, em relação ao milho e também em relação às próprias unidades.

Com relação ao milho em si, estudou-se a porcentagem de grãos carunchados, a quantidades de insetos vivos e a umidade dos grãos, ao inicio e ao fim do armazenamento (Quadro 4).

#### 3.1. Grãos Carunchados

Inicialmente, foi feito um teste comparando o milho, em cada unidade armazenadora, em 2 épocas diferentes: à época do inicio do armazenamento e ao final dele.

Testando-se a média de carunchamento das amostragens iniciais e finais, encontrou-se que somente o milho armazenado na unidade n.º 4 — S-I apresentou maior índice de carunchamento após o armazenamento do que o constatado à entrada do período. Todos os demais permaneceram nas mesmas condições.

Embora todos os silos tenham apresentado maior índice de carunchamento ao final do período de armazenamento, somente o n.º 4 — S-I apresentou diferença de aumento estatisticamente significante. Isto talvez se deva ao fato de estar o milho deste silo, ao inicio do experimento, com alto índice de infestação. Ainda assim, tudo parece indicar que o controle do carunchamento é efetivo e a unidade tem bom comportamento com referência a esta característica.

#### 3.2. Insetos Vivos

O número de insetos vivos nas unidades armazenadoras foi menor ao fim do armazenamento em todas as unidades, exceto na n.º 1, onde permaneceu constante.

Deve-se considerar, entretanto, que no silo n.º 1, o número de insetos vivos, à época do armazenamento, era muito inferior ao dos demais silos.

O controle dos insetos vivos mostrou-se bastante efetivo, dado o tratamento à base de fosfina, também o sistema de armazenamento provou ser adequado com relação ao milho.

QUADRO 4 - Resultados dos testes de armazenamento de milho nas unidades armazenadoras experimentais

Características	Medidas	Unidades Armazenadoras											
		nº 1	nº 2	nº 3	nº 4 S-I	nº 5 S-II	nº 6						
Infestação (insetos vivos)		Entrada	Saída Entrada	Saída Entrada	Saída Entrada	Saída Entrada	Entrada Saída						
Desvio Padrão	Média	0,53	0,10	16,70	0,57	1,40	0,13	9,70	0,67	1,5	0,0	9,60	0,53
Média	Desvio Padrão	0,87	0,30	8,31	0,66	1,8	0,34	8,28	0,97	1,85	0,0	8,00	0,67
Unidade													
Grãos carunculados	Média	40,45	41,15	57,20	57,61	37,62	38,61	50,17	57,76	53,41	56,43	8,13	9,29
Desvio Padrão	Média	6,45	8,7	5,57	6,09	6,59	6,50	4,82	5,39	5,72	5,06	1,90	2,13

A possibilidade de controlar o número de insetos vivos e evitar danos ao grão é uma das características mais importantes do processo de armazenagem em estudo, dada a grande perda em volume que pode ser causada por insetos, como se verificou com grãos armazenados nas fazendas, em condições comuns ao meio rural brasileiro.

### 3.3. Umidade

O nível de umidade dos grãos armazenados é característica muito importante a considerar, quando se analisa o desempenho de uma unidade armazenadora.

No presente estudo, o comportamento das unidades armazenadoras, com relação à umidade contida nos grãos, foi idêntico. Todos os 6 lotes de milho sofreram redução no nível de umidade, a um nível médio de 12,58%, que está dentro das recomendações técnicas como desejável.

O controle de umidade dos grãos dentro do próprio silo, além de conservar a qualidade do produto como preconiza a técnica, evita o trabalho adicional e, consequentemente, os custos de processo de secagem tecnicamente viável a nível de fazenda.

As unidades armazenadoras mostraram-se, neste particular, adequadas à sua finalidade.

### 3.4. Espigas sem Palha e Granel

Com a finalidade de se confirmar as recomendações técnicas que preconizam o armazenamento do produto a granel, testou-se o comportamento do milho quando armazenado sob as 2 formas: espigas sem palha e a granel.

O teste foi feito entre as unidades 4 - S-I e 6.

Para poder comparar os resultados do armazenamento era necessário que o milho estivesse em igualdade de condições ao ser armazenado.

Ao se comparar o número de insetos vivos do milho, à entrada, nos 2 silos, verificou-se que o milho do silo 4 - S-I possuía número muito maior de insetos vivos, e por isso não foi possível analisar o comportamento dos silos em relação a esta característica.

Embora, ao fim do período de armazenamento, ambos os lotes de milho tivessem índice muito menor de insetos vivos, estavam ainda diferentes entre si. Contudo a diminuição relativa do número de insetos vivos foi maior no silo 4-S-I.

Os testes feitos para umidade indicaram estar os 2 lotes de milho em igualdade de condições, tanto à entrada quanto à saída do armazenamento. Ambos os lotes atingiram um nível desejado de umidade, o que parece indicar que a forma de armazenamento — espiga sem palha ou granel — não afetou este resultado.

No armazenamento a granel, houve necessidade de ventilador para forçar a passagem do ar entre os grãos, sempre que a umidade ultrapassava os limites desejados. Utilizou-se um motor de 1/3 HP, que trabalhou aproximadamente 30 horas no período de armazenamento, o que corresponde a um custo de manutenção de aproximadamente Cr\$ 10,00 a preços atuais.

Com relação ao número de grãos carunchados, não foi possível comparar, por estar o milho n.º 4-S-I em piores condições do que o silo 6, no início do experimento.

### 3.5. Pinho e Peroba

Os silos localizados nas fazendas foram construídos com peroba e os localizados na U.F.V., com pinho. Procurou-se testar se haveria diferença no comportamento do grão armazenado em relação ao material de construção do silo.

A comparação foi feita entre os silos n.º 2 e n.º 4-S-I, ambos com espigas, sem palha.

As condições de infestação (insetos vivos) eram diferentes nos 2 lotes de milho no início do experimento, com a unidade n.º 2 bem mais infestada. Porém, ao término do experimento, ambos os lotes estavam iguais, com baixa infestação.

A umidade foi, em todos os testes, a característica de melhor comportamento. Na presente comparação, os 2 lotes estavam iguais ao início e ao fim do experimento, atingindo um nível desejado após o armazenamento.

A média de grãos carunchados era menor no silo n.º 4-S-I, ao início do experimento, porém, ambos, estavam iguais ao final do período, havendo o lote do si-

lo 2 permanecido nas mesmas condições iniciais, enquanto que a do silo n.º 4-S-I se apresentou em piores condições, ao final do experimento.

Embora os silos construídos com pinho e peroba tenham se comportado de forma semelhante relativamente ao produto armazenado, verificou-se que o pinho não é adequado para o propósito em pauta, dadas as suas características que tornam as dimensões altamente variáveis em função da umidade relativa do ar, aumentando, durante os períodos secos, as gretas entre as tábuas constituintes das paredes dos silos. Tal fato ocorre em menor proporção com a peroba, permitindo melhor vedação do silo durante todo o período do ano.

#### 4. RESUMO

O aumento de produção, no setor agrícola, tem sido um objetivo do governo no sentido de prover a população com alimentos em quantidade suficiente para suprir a demanda interna a preços acessíveis.

A maior e melhor capacidade de armazenamento melhora a distribuição do produto no tempo, evitando grandes flutuações no fluxo de oferta e eliminando, também, a consequente variação de preços que normalmente acompanha os períodos de safra e entressafra.

Um processo de armazenamento mais eficiente poderá reduzir ou mesmo eliminar as perdas de produto resultantes de ataques de insetos.

Para estudar este problema, delineou-se um PROGRAMA EXPERIMENTAL com o propósito de testar a exeqüibilidade e analisar as implicações econômicas e técnicas de um sistema de armazenamento de milho nas fazendas, fornecendo, deste modo, informações que possam orientar a implantação, em larga escala, do referido sistema. Para atender a este objetivo, idealizou-se uma unidade armazensora para armazenamento de grãos, principalmente milho.

Delineou-se o experimento compreendendo duas modalidades de armazenamento: milho em grãos e milho em espiga, sem palha.

Nos campos da Universidade Federal de Viçosa, foram construídas 3 unidades modulares, sendo uma isolada para milho a granel e um conjunto de 2 unidades acopladas, para milho em espiga, sem palha.

Para teste nas fazendas foram utilizadas 3 unidades isoladas, para milho em espiga, sem palha, no município de Porto Firme.

Os testes aplicados ao resultado de experimento permitiram concluir que as unidades armazensoras tiveram o desempenho desejado, tendo sido possível controlar o número de insetos vivos e conservar a umidade dos grãos, ao nível tecnicamente recomendado.

A forma de armazenamento — milho a granel ou espiga, sem palha — não apresentou diferença quanto aos resultados alcançados, o que leva a sugerir que a armazenagem do grão a granel é melhor, pois aumenta a capacidade estática dos silos.

#### 5. SUMMARY

The trend toward increasing agricultural production has been an effort of the government to provide sufficient quantities of food to supply the internal demand at acceptable prices for Brazilian consumers.

The possibility of improving and increasing storage also improves distribution limiting fluctuations of supply and price variations which usually follow harvest periods.

A more efficient method of storage could reduce or eliminate product losses caused by insects and rodents. To study this problem an «EXPERIMENTAL PROGRAM» was designed to test the viability and analyze the economic and technical implications of farm corn storage systems. The development and use of such information could have implications on a large scale in the system. To accomplish this objective a storage unit was designed for corn.

To conduct the experiment two storage units were designed: one for ear corn and the other for shelled corn.

Three units were constructed on the campus of the Federal University of Viçosa: one for shelled corn and two for ear corn.

On farms in a town 55 kilometers from the university, three isolated units for ear corn were built in order to conduct the research under farm field conditions.

Analysis of the experimental results showed that it is possible to control the insect population and humidity at recommended levels.

The method of corn storage showed no differences but shelled corn storage had increased storage capacity.

The pine and «peroba» wood used for the corncribs showed the same expected results: the pibe wasn't considered adequats due to it's physical properties.

#### 6. LITERATURA CITADA

1. UNIVERSIDADE RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Armazenamento nas fazendas*. Viçosa, UREMG, 9v., 1968. 15 p.