

GREGORI

GERAÇÃO DE TECNOLOGIA PARA A PEQUENA

PROPRIEDADE RURAL :

uma discussão conceitual e apresentação
de um estudo de caso para a área de
conservação de alimentos.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Parecer

*Este exemplar corresponde a redação final e
tese defendida por Alvaro Tucunduva Gregori
aprovada pela Comissão julgadora em 06/04/90
Campinas, 06 de junho de 1990*

[Assinatura]
Presidente da Banca

GERAÇÃO DE TECNOLOGIA PARA A PEQUENA

PROPRIEDADE RURAL :

uma discussão conceitual e apresentação
de um estudo de caso para a área de
conservação de alimentos.

Alvaro Tucunduva Gregori *at.*
Engº Agrícola

Prof. Dr. Kil Jin Park *at.*
Orientador

Tese apresentada para a obtenção do título
Mestre em Engenharia Agrícola
1990

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Kil Jin Park por sua amizade, confiança e paciência;

Ao prof. Dr. Amilcar Oscar Herrera pelas valiosas contribuições e críticas à primeira parte do trabalho;

A profa. Maria Ângela Fagnani pelas conversas decisivas que tivemos;

Ao prof. Mauro José Andrade Tereso pelo auxílio na revisão das versões preliminares;

Ao prof. Celso Costa Lopes pelo incessante estímulo;

Ao eng^o Chaw Shan-Hua pela colaboração sempre presente;

A todos os grandes amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para que esse momento se concretizasse com êxito;

A meus pais que, por haverem-me trazido à vida, tornaram possível trazer à luz este trabalho;

E à minha querida companheira Anita Amorim, por sua compreensão, paciência e grande amor.

INDICE

INTRODUÇÃO	1
QUADRO DO SETOR RURAL	7
O quadro da produção	7
O quadro energético	24
A questão tecnológica	33
ESTUDO DE CASO - um equipamento para a conservação de grãos a nível de fazenda, que utiliza as energias solar e eólica	52
Secagem e armazenagem	56
A energia solar	65
A energia eólica	67
O rotor Savonius	72
Equipamentos para secagem e armazenagem	75
MATERIAL E MÉTODOS	88
Processo	88
Produto	89
Coletor solar	90
Coletor eólico	91
Os silos	92
Modelo	92
Protótipo	93
Tomada de dados	95
Modelo	95
Protótipo	97
RESULTADOS E DISCUSSÃO	105
Modelo	105
Protótipo: 1º teste	106
Protótipo: 2º teste	110
CONCLUSÕES	136
BIBLIOGRAFIA	138

RESUMO

Este trabalho engloba uma dupla perspectiva : numa primeira parte é apresentada uma análise do quadro da agricultura brasileira e uma discussão conceitual acerca da geração de tecnologia para o pequeno produtor rural.

Em uma segunda parte, é apresentado um estudo de caso : um equipamento que utiliza energia solar e eólica para a conservação e armazenagem de grãos a nível de propriedade. Consiste de uma câmara (armazém), de um coletor solar para aquecer o ar insuflado através dos grãos e de um conjunto catavento Savonius - ventilador centrífugo, responsável pela aeração.

Foram realizados 2 testes com o equipamento, onde o produto utilizado foi o feijão carioca, que, em ambos, permaneceu em condições próprias para consumo humano, após um período de 6 meses de armazenagem do produto com altos teores de umidade, sob aeração.

Buscou-se, também, verificar a influência de três fatores climáticos (temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do vento) sobre o teor de umidade dos grãos. Não foram encontradas, porém, quaisquer correlações significativas entre os parâmetros.

Buscou-se, ainda, discutir o equipamento em relação aos fatos e conceitos apresentados na primeira parte e concluiu-se que sua utilização pode propiciar maior autonomia e um

equipamento, ao utilizar fontes de energia renovável, de pequena escala e baixo impacto sobre o meio-ambiente, aponta para a aplicação do conceito de prudência ambiental.

SUMMARY

This thesis has a double perspective : in the first part it presents an analysis of the Brazilian agricultural's context and a conceptual discussion about technology generation for small farmers.

In the second part, a case study is presented : an equipment designed for conserving and storing grains at the farm's level which uses solar and wind energy. The equipment has a storage chamber, a solar collector and a set composed by a Savonius rotor and a centrifugal fan.

Two experiments took place using the equipment. Carioca beans were preserved in good conditions for human consumption after a 6-months storage period with grain's high moisture content levels and under aeration.

The effect of three climatic factors (temperature, relative humidity and wind velocity) upon the grain's moisture content levels were studied, but no significant correlations were found.

An analysis about the appropriateness of the equipment to the small farmers' conditions were carried out and it was concluded that the equipment can improve small farmers' autonomy and financial means.

At the same time the concept of environmental prudence is applied, once the equipment uses renewable, small-scale and low-impact energy sources.

INTRODUÇÃO

Este trabalho encontra-se estruturado basicamente em duas partes. Em uma primeira parte objetivou-se apresentar uma discussão conceitual e uma abordagem do contexto relativas ao problema da geração de tecnologia para o pequeno produtor rural.

Em uma segunda parte, encontra-se apresentado o estudo de um caso para a área de conservação de alimentos; o estudo trata da construção, operação e avaliação de um equipamento de pequena escala para conservar grãos a nível de propriedade e de uma avaliação do equipamento do ponto de vista de sua adequação aos fatos e conceitos apresentados na primeira parte.

O equipamento enfocado utiliza fontes de energia renovável para seu funcionamento, a saber, a energia solar e a energia eólica e o produto escolhido para os primeiros testes foi o feijão.

A realização deste trabalho, por abordar a questão da geração de tecnologia para um setor específico do meio rural, tornou necessária a inclusão de uma sintética revisão acerca do quadro atual da agricultura no país, das principais implicações do atual modelo de desenvolvimento econômico e social sobre o meio rural e das discussões em torno da variável "tecnologia" neste processo.

Os objetivos principais do trabalho são, portanto, a

desenvolvimento do setor tradicional do meio rural, a obtenção e avaliação de parâmetros de operação do equipamento enfocado no estudo de caso e uma avaliação deste frente ao quadro contextual e conceitual apresentado e discutido.

Por ser um trabalho que abarca diferentes áreas do conhecimento acadêmico, o autor é consciente das falhas, principalmente no que diz respeito ao aprofundamento da discussão, que seguramente existirão na abordagem de um ou outro ponto, porém acredita que este é um preço inevitável, porém válido, que se tem que pagar em um trabalho deste tipo. Os conceitos expressados baseiam-se em diversos autores, de forma que não há um "fundo" original no trabalho; o que há, sim, é uma tentativa de orientar o enfoque prioritariamente para questões relacionadas à Engenharia Agrícola. (Nota 1)

O interesse do autor na temática da Tecnologia e suas implicações para o desenvolvimento foi despertado pelos contatos com pesquisadores do Núcleo de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da UNICAMP, no início da década de '80, quando encontrava-se cursando a graduação em Engenharia Agrícola, na antiga Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola (FEAA), da UNICAMP.

Nesta época, envolveu-se com o NPCT/IG e trabalhou cerca de um ano e meio no projeto "Avaliação dos cursos da área tecnológica - o caso da Engenharia Agrícola da

UNICAMP". Com este trabalho, deu-se conta, juntamente com um grupo de alunos e professores da então FEAA, de que faltava ao curso a definição de um perfil profissional que bem caracterizasse este profissional, em um país de industrialização tardia e com gravíssimos problemas de estruturação do setor rural, tanto em seus aspectos econômicos quanto sociais e ambientais.

A questão tecnológica é uma variável essencial para um correto posicionamento da Engenharia Agrícola frente à busca de soluções para estes problemas, dado que a tecnologia é uma variável que apresenta inúmeras e complexas implicações e interrelações com o conjunto da sociedade e seu desenvolvimento. O autor advertiu-se, através do trabalho então realizado, de que tais relações não eram abordadas com a necessária profundidade no curso e de que as dimensões social e histórica das técnicas, além de seus impactos ambientais, eram negligenciadas ou mesmo esquecidas, como se as técnicas fôssem "fatos neutros" no desenvolvimento das sociedades e culturas humanas e como se o "moderno" em termos tecnológicos fôsse sempre a melhor opção.

Existem, atualmente, inúmeras críticas acerca da indiscriminada transferência de tecnologia, desde os países economicamente desenvolvidos, para o desenvolvimento industrial dos chamados países em desenvolvimento. Tal crítica pode ser estendida quando se enfoca o desenvolvimento do setor rural, tendo em vista que as

condições de estruturação social e ambientais de nosso meio rural diferem acentuadamente das condições daquele grupo de países.

Consciente dessa realidade, o autor, ao ingressar no Mestrado, optou por trabalhar no desenvolvimento de equipamentos baseados em fontes de energia alternativas ou não-convencionais, apropriados ao pequeno produtor de alimentos. Esta opção deveu-se ao conjunto de experiências, estudos, reflexões e discussões vividas nos anos de graduação.

O período de Mestrado contribuiu grandemente para a formação profissional do autor enquanto pesquisador, ao trabalhar em estreita colaboração com as equipes de pesquisadores da FEAA (depois FEA) e do CTAA/EMBRAPA, e serviu para cimentar uma série de convicções acerca do papel do profissional engenheiro agrícola na sociedade e do papel da técnica no desenvolvimento da sociedade que, à época, eram mais incompletas e superficiais. Este trabalho é, pois, fruto das preocupações daquele período, hoje amadurecidas e enquadradas em um marco conceitual mais abrangente.

O autor está seguro de que sua opção por desenvolver uma tecnologia apropriada a um estilo de desenvolvimento distinto do existente para o setor rural em nosso país surgiu a partir da compreensão dos conceitos de "não-neutralidade" das técnicas e de novos modelos de

desenvolvimento e da convicção da inviabilidade da manutenção, a médio e longo prazo, do atual modelo de desenvolvimento econômico e social adotado pelas elites dirigentes de nosso país.

Nota 1 : Para os capítulos "O quadro da produção" e "O quadro energético" as principais fontes foram (1), (2), (5), (11), (12), (15), (18), (33), (34), (35), (36), (51), (53), (54), (57), (63), (66), (68), (81), (87), (88) e (90).

Para o capítulo "A questão tecnológica", (6), (16), (19), (20), (23), (24), (25), (26), (27), (28), (39), (40), (41), (42), (43), (45), (48), (50), (61), (67), (71), (72), (73), (74), (75), (76), (78), (80) e (82).

E, finalmente, para a revisão sobre secagem, armazenagem, energias solar e eólica, (3), (4), (7), (10), (13), (21), (22), (37), (46), (47), (49), (52), (58), (59), (60), (64), (65), (69), (70), (79), (83), (85), (89), (91), (92), (93) e (94).

QUADRO DO SETOR RURAL

O quadro da produção

A situação do setor rural do Brasil é bastante conhecida: o processo de desenvolvimento seguido até aqui por nossa agricultura tem sido, nas palavras de Celso Furtado, o de "crescimento por desigualdades" ou de "modernização sem desenvolvimento". Neste setor, as questões acerca do uso e da geração da tecnologia são um dos fatores centrais a considerar para a formulação das estratégias de desenvolvimento, dado que a opção tecnológica não é uma variável neutra no contexto de um estilo de desenvolvimento adotado.

Atualmente, em nosso país, encontram-se praticamente desativadas as pesquisas que se voltam para o setor não-estruturado do meio rural e, as que existem, enfrentam muitas dificuldades de apoio para a difusão de seus resultados. Há pouca ênfase para a geração de técnicas voltadas para os setores de produção de alimentos e o desenvolvimento de novas tecnologias de produção continua privilegiando os setores modernos da agricultura, voltados, em sua maioria, para a produção de produtos exportáveis ou de cana-de-açúcar para fins energéticos. Além disso, a maior parte das tecnologias utilizadas neste setor são provenientes do exterior, desenvolvidas nas matrizes das companhias multinacionais nos países centrais.

desconsiderando, portanto, nossas especificidades sócio-econômicas e ambientais.

A grande maioria de nossos agricultores permanece , portanto, desassistida em termos de apoio técnico e institucional, cultivando suas lavouras de forma rudimentar e pouco produtiva, o que contribui para perpetuar sua difícil situação, na qual não vêm atendidas, inúmeras vezes, sequer suas necessidades básicas. É essencial, portanto, buscar soluções técnica e economicamente acessíveis a esta parcela da população agrícola, responsável pela maior parte da produção de alimentos no país.

Constata-se que a busca do aumento da produção e da produtividade agropecuária tem sido uma constante preocupação do governo. Os resultados obtidos, entretanto, não tem sido os esperados; observam-se efeitos positivos em algumas regiões ou em setores específicos da agricultura comercial, mas o problema dos pequenos agricultores parece que se mantém ou tende a agravar-se. De maneira global, observa-se que os recursos produtivos (solo, recursos hídricos, etc...) deterioram-se; que os índices de produtividade das culturas agrícolas e pecuárias tradicionais não crescem, mantendo-se em níveis bastante baixos; além disso, a infra-estrutura para a conservação ou armazenagem desta produção é extremamente deficiente. Como consequência disto, o governo vê-se na necessidade de, muitas vezes, importar alimentos essenciais e verifica-se ainda que a pobreza e a indigência nos campos aumenta. o que

leva, inúmeras vezes, os produtores a abandoná-los em busca de melhores perspectivas nas cidades, agravando ainda mais os já praticamente insolúveis problemas dos grandes centros urbanos (emprego, abastecimento, moradia, serviços sociais, segurança, etc.).

O progresso agrícola, que foi obtido modernamente devido às descobertas da ciência e aos avanços da tecnologia agrícola, não foi assimilado de forma equitativa até aqui. As novas sementes, os fertilizantes e pesticidas, os novos equipamentos agrícolas, elevaram os rendimentos de inúmeras culturas comerciais - voltadas para a agroindústria ou para a exportação - daqueles produtores que tiveram acesso ao "pacote tecnológico". Uma grande maioria de agricultores (encontram-se nesta situação principalmente os pequenos agricultores que produzem alimentos com escassos recursos de capital e tecnologia), porém, não se beneficiou das políticas oficiais nem das novas tecnologias porque, de fato, ela ficou marginalizada dos elementos que tornariam possível tal incorporação, como por exemplo, os esforços de geração de tecnologia, a formação de profissionais voltados a atender suas demandas, os sistemas de crédito, as garantias de comercialização, etc. Seus sistemas agrícolas continuam sendo pouco produtivos e, além disso, bastante vulneráveis aos fatores adversos do clima, às pragas, etc. Devido aos fatores indicados acima, esta população rural continua pertencendo aos grupos mais pobres da sociedade brasileira.

O atual modelo de desenvolvimento rural adotado por nosso país apresenta, portanto, por um lado, tecnologia avançada com altos requerimentos de insumos externos sendo utilizada pelos agricultores que se voltam à produção para a exportação e para a agroindústria, e por outro, uma maioria desassistida de pequenos produtores voltados ao mercado interno. No setor agrícola encontramos, portanto, uma situação dual. De um lado o setor moderno, que conta com os insumos da indústria e com os avanços científico-tecnológicos, apresentando elevadas produções, voltado para o setor exportador, agro-industrial ou energético, e de outro, o setor tradicional, utilizando-se de técnicas obsoletas, não embasadas nos conhecimentos científicos, produzindo principalmente para o setor interno de alimentos.

O atual modelo de desenvolvimento rural, que privilegia a modernização e industrialização da agricultura, ou em outros termos, equipamentos e insumos de alto coeficiente de capital e tecnologia e intensivos no uso da energia, tem uma alta dependência de recursos externos que são escassos e caros, o que tem impedido, e provavelmente continuará impedindo no futuro, se profundas mudanças estruturais não forem realizadas, que seus resultados estendam-se em benefício da maioria de pequenos produtores.

Os pequenos produtores não dispõem dos meios necessários para por em prática o que formulam os organismos de planejamento, o que se pesquisa nas estações experimentais, o que se ensina nas faculdades de ciências

agrárias e o que se difunde através da extensão rural, pois as "receitas" são "pacotes tecnológicos" que estão, em geral, baseados nos insumos de alto potencial (sementes melhoradas, fertilizantes, herbicidas) e no uso de moderna maquinaria e equipamentos.

O setor agrícola tem sofrido o processo, já mencionado anteriormente, conhecido como de modernização ou industrialização da agricultura, desde meados da década de sessenta. Este processo, segundo ALBUQUERQUE (2), tem sido incentivado por uma série de políticas governamentais, tais como a do crédito rural, a dos preços mínimos para as principais culturas, a da expansão da rede de assistência técnica, além dos significativos investimentos em pesquisa agropecuária. O principal objetivo destas políticas tem sido o de implementar um modelo de desenvolvimento agrícola baseado na difusão de um "pacote tecnológico" que utiliza preponderantemente insumos modernos e mecanização rural.

Este processo de modernização assumiu contornos mais claros já nos primeiros anos da década de setenta, através de uma crescente e subsidiada integração agricultura-indústria. CASTRO (Nota 1) enfatiza que :

" A estratégia adotada permitiu, através da modernização tecnológica da grande propriedade e da pequena produção vinculada à indústria, a expansão e a tecnificação das culturas de exportação e, por outro lado, a expansão dos setores industriais responsáveis pelo fornecimento de insumos agrícolas a setores processadores de alimentos e

matérias-primas agrícolas, isto é, a expansão do complexo agro-industrial."

Este padrão de desenvolvimento tecnológico, sustentado pelos diversos mecanismos da política agrícola, como a pesquisa e o crédito, acentuou alguns problemas já então presentes na agricultura brasileira.

Observou-se a concentração da propriedade da terra (vide quadro 1) e da renda na agricultura; a mecanização acelerada (vide quadro 2) reduziu o crescimento do emprego rural, aumentando ao mesmo tempo sua sazonalidade e causando um intenso movimento migratório campo-cidade. Também o crescimento da oferta de alimentos mostrou-se insuficiente, pressionando o aumento do custo de vida e até mesmo forçando a importação de alimentos básicos.

O aumento das disparidades entre as grandes regiões do país, como um todo, e ainda dentro dessas mesmas regiões, foi intensificado. Ocorre assim a internalização da "brecha" econômica e tecnológica que já existia a nível internacional. Tomando como exemplo o caso dos fertilizantes, citado em AGUIAR (1), tem-se que nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, quatro lavouras (café, cana-de-açúcar, soja e algodão) utilizam 75% do total de fertilizantes usados e, no Sul, a soja e o trigo absorvem 90% do total; ou, no caso dos tratores, encontra-se no Censo Agropecuário de 1975 que 3,4% dos estabelecimentos rurais do país, concentrados nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, possuíam cerca de 78% do

Ano	1960		1970		1980		1985	
Classe de área (Ha)	% nº ppd.	% área	% nº ppd.	% área	% nº ppd.	% área	% nº ppd.	% área
< 10	44,8	2,4	51,2	3,1	50,4	2,4	52,9	2,5
10 - 100	44,7	19,0	39,2	12,3	39,0	17,4	37,1	18,5
100-1000	9,4	34,4	8,4	37,0	9,4	34,3	8,9	35,1
1000-10000	1,0	28,6	0,7	27,2	0,9	28,6	0,8	28,8
> 10000	0,05	15,6	0,03	12,3	0,04	17,2	0,04	15,0
Fonte : Anuários Estatísticos IBGE								

Quadro 1 - Distribuição da propriedade da terra

Ano	1950	1960	1970	1975	1980	1985
nº de tratores	8372	61324	165870	323113	545205	652049
pessoal ocupado (1000hab)	10996	15633	17582	20345	21109	23273
Fonte : Anuários Estatísticos IBGE						

Quadro 2 - Mecanização e número de pessoas
ocupadas na agricultura

total da frota empregada no Brasil. E, no estado de São Paulo, onde há o maior número de propriedades com tratores, verifica-se que estas correspondem a menos de 20% do número total de unidades produtivas do estado. Além disso, em 1975, no país, 59% dos estabelecimentos rurais não usavam nenhuma forma de energia para trabalhar a terra além da força humana, 26% usavam a tração animal e apenas 15% usavam tração mecanizada.

Outra consequência foi a distinção, cada vez mais acentuada, entre as lavouras para o consumo interno, produzidas pelos pequenos agricultores, e as lavouras de exportação e de transformação industrial, produzidas, em sua grande maioria, nas grandes propriedades. Esta dicotomia corresponde, naturalmente, a diferenciações tecnológicas marcantes entre ambos os grupos de lavouras. Como resultado, temos, no quadro 3, a constatação de que a produtividade das culturas de feijão e mandioca, culturas que são típicas da pequena produção rural, têm diminuído ao longo dos anos, como necessário reflexo da ausência de inovação e adequação tecnológica. Um aumento na produtividade da cultura do arroz tem ocorrido nos últimos anos, após um longo período de estancamento, o que se deve à expansão da lavoura para o cerrado do Centro-oeste, onde predominam as grandes plantações tecnificadas. Houve também um crescimento, no período, para a cultura do milho. Isto se deve ao fato de que a produção de milho encontra-se vinculada em grande parte à agro-indústria de óleos comestíveis e de rações para

a alimentação animal, ou seja, vinculada ao setor moderno e estruturado da economia, usufruindo portanto das pesquisas de fertilizantes, de sementes híbridas, etc.

Período	48-49	52-53	58-59	68-69	77-78	83-84	87-88
<u>Produto:</u>							
Arroz	100	101	99	93	97	111	129
Feijão	100	95	96	91	72	62	61
Mandioca	100	93	96	109	88	83	90
Milho	100	96	101	106	131	152	167
<u>Fonte</u> : Anuários Estatísticos IBGE							

Quadro 3 - Evolução Comparativa do índice
de produtividade física por ha

Na década de setenta, segundo dados apresentados por AGUIAR (1), a porcentagem da produção agrícola do Brasil exportada passou de 10 para 20%. Ao nível da oferta, enquanto a produção de produtos para a exportação elevou-se a taxas crescentes, a de produtos para o mercado interno, em particular as culturas de feijão e mandioca, praticamente estagnou-se ou decaiu, inclusive, em termos absolutos, como

se pode constatar da análise do quadro 4. Para as culturas do arroz e do milho, as observações acerca do quadro 3 continuam válidas aqui. É importante ressaltar ainda que, enquanto a produção de feijão, no período apresentado, aumentou, em números absolutos, em cerca de 18%, a população aumentou em cerca de 45%. Por outro lado, as culturas de café, cana-de-açúcar, laranja e soja, tiveram aumentos de, respectivamente, 150%, 210%, 350% e 1.100%.

ALBUQUERQUE (2) assinala que, no período 1973-81, enquanto a produção de culturas como a soja, a laranja e a cana-de-açúcar registrava taxas médias de crescimento da ordem de 6,9 a 10,2%, os alimentos básicos mostravam incrementos bastante inferiores e até mesmo decréscimos em sua produção anual. A produção "per capita" do feijão e da mandioca, por exemplo, reduziu-se em mais de 3% ao ano, enquanto a do arroz e do milho aumentaram em 0,3 e 1,1%, respectivamente. A produção de feijão por habitante que em 1969/71 era de 25,2 kg, baixou em 1975/77 para 19,3 kg e em 1978/80 para 18,5 kg. Constata-se assim um declínio na ingestão de alimentos "per capita", agravado pela distribuição cada vez mais concentrada da renda.

Ano	1970	1979	1985
<u>Merc. Interno :</u>			
Feijão	2.211	2.174	2.613
Arroz	7.553	7.589	9.021
Mandioca	29.464	24.935	23.124
Milho	14.216	16.309	22.018
<u>Merc. Externo :</u>			
Soja	1.509	10.235	18.278
Laranja(1)	15.947	49.408	71.071
Café	1.501	2.589	3.821
<u>Energéticos :</u>			
Cana-de-açúcar	79.753	139.337	247.199
(1)- em 1000 frutos			
<u>Fonte :</u> Anuários Estatísticos - IBGE			

Quadro 4 - Evolução da Produção Agrícola

(em 1000 ton.)

FURTADO, A. (35), que se refere ao modelo brasileiro como não-igualitário e dotado de uma lógica social acentuadamente negativa, analisando dados da produção agrícola brasileira construiu o quadro 5, concluindo que houve uma estagnação no setor de produtos alimentícios

básicos, o que o levou a afirmar que este setor é desfavorecido no quadro do atual estilo de desenvolvimento brasileiro e que a expansão agrícola fez-se em benefício dos setores de exportáveis e de energéticos.

Período	69/71	74/76	79/81	
setor 1	63,5%	59,8%	56,3%	
setor 2	29,3%	32,6%	35,4%	
setor 3	4,7%	4,7%	5,4%	
setor 1 : alimentos básicos: arroz, feijão, milho, mandioca, etc;				
setor 2 : exportáveis: café, cacau, laranja, soja, etc;				
setor 3 : energéticos: cana-de-açúcar.				
<u>Fonte</u> : Anuários Estatísticos - IBGE				

Quadro 5 - Porcentagem da área colhida

Sabe-se que os alimentos provêm, em quase sua totalidade, de pequenas propriedades com baixo valor de produção, caracterizando o que se tem denominado pequena produção. SILVA (Nota 2), ressalta que :

"Essa pequena produção responde em grande parte pelo abastecimento alimentar dos centros urbanos, assim como supre certas matérias-primas industriais, como por exemplo, fumo e uva. É importante salientar que, muitas vezes, essas culturas são produzidas na mesma propriedade que produz alimentos, numa combinação em que a cultura de subsistência subsidia amplamente a reprodução da mão-de-obra, enquanto a cultura comercial provê uma renda monetária complementar, porém necessária, para a aquisição de bens de consumo que não podem ser produzidos na propriedade."

O Censo Agropecuário do IBGE de 1975 (Nota 3) mostra que, em 1975, as propriedades menores que 50 ha. responderam pela produção de 39% do arroz, 72% do feijão, 80% da mandioca e 60% do milho no país.

Em uma pesquisa-piloto da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, descrita em reportagem do jornal "O Estado de São Paulo" de 16/4/1986 (32), buscou-se caracterizar o produtor de feijão do estado. A região pesquisada inicialmente foi a de Itapeva, composta por 11 municípios, por ser considerada como representativa na produção de feijão no estado. Das propriedades que plantavam feijão, 90% tinha menos de 50 ha., ocupando cerca de 20% da área da propriedade com a cultura do feijão, o que correspondeu à faixa de 6 a 10 ha. plantados com o produto, com uma produção média de cerca de 375 kg/ha. Apenas 24% das propriedades possuíam energia elétrica e apenas 5% dispunham de secador, equipamento essencial, segundo a reportagem,

para se atingir o grau de umidade ideal para a estocagem de feijão, com a agravante de tal situação ocorrer no estado que possui a agricultura mais tecnificada no país.

AGUIAR (1) mostra-nos que essas pequenas propriedades, em geral com menos de 10 ha, auferiam, em 1972, época em que foi realizado o Recadastramento dos Imóveis pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), uma renda bruta de aproximadamente um salário- mínimo por mes. Tais propriedades atingiam em 1981 um número total superior a 2,7 milhões de unidades produtivas e em 1985 a 3,0 milhões, encontrando-se bastante dispersas pelo território nacional.

Quanto à política de crédito, constatou-se que esta beneficiou apenas cerca de 1/5 dos produtores. Dentro do grupo dos beneficiados, a concentração é elevada : calcula-se que apenas 3% do número total de produtores absorve cerca de 43% dos recursos.-

GUEDES (Nota 4) alerta-nos para o fato de que " (...) em 1976, enquanto 90,8% dos menores contratos recebiam 28,7% do valor financiado, 0,3% dos maiores contratos eram beneficiados com 29% do volume total de recursos." Além disso, poucos são os produtos beneficiados e, entre esses, não se encontram os de alimentação básica. Em 1977, por exemplo, a soja, o café, a cana-de-açúcar, o algodão e o trigo, quatro dos quais de exportação, absorveram cerca de 60% do total de crédito aplicado, produtos que, em conjunto, foram responsáveis por 33,4% do valor bruto da produção. Já

os produtos consumidos predominantemente no mercado interno, como o feijão, a mandioca e o milho, que respondem por 32,4% do valor da produção, foram beneficiados com apenas 7% do total do crédito.

O quadro 6 mostra o destino da produção. Constata-se daí que, no setor dos alimentos básicos - no caso da mandioca, a maioria da produção não se destina ao mercado, servindo a fins de subsistência - mais de 50% da produção é entregue a intermediários. Uma das causas deste fato é justamente a falta de estruturas de armazenagem a nível de propriedade rural, que força o agricultor a vender sua produção rapidamente a fim de evitar perdas no período de pós-colheita.

<u>Produtos :</u>	Entregue a Intermediário	Entregue à Cooperativa	Outros destinos
<u>Merc. Interno :</u>			
Feijão	68,6	1,6	29,8
Arroz	61,2	9,8	29,0
Mandioca	13,3	0,1	86,6
Milho	51,4	2,6	46,0
<u>Fonte :</u> Fundação IBGE - Censo Agropecuário 1975			

Quadro 6 - Destino da Produção (em porcentagem)

A intermediação acentuada, geralmente especulativa, somada à queda da produção, explica em grande medida os aumentos, verificados no mercado interno nos últimos anos, dos preços agrícolas, em particular dos preços dos gêneros alimentícios básicos.

Em resumo, a produção de alimentos essenciais concentra-se em estabelecimentos que, por sua própria estrutura, não tem como adotar um comportamento empresarial, que não são atendidos em suas necessidades de tecnologia, além de se encontrarem bastante dispersos pelo território nacional, circunstâncias que os submetem a uma poderosa cadeia de intermediação, cujos reflexos finais repercutem no aumento dos preços ao consumidor, sem proporcionar a esses produtores quaisquer vantagens.

Nota 1 : citado em AGUIAR (1), p.69.

Nota 2 : citado em AGUIAR (1), p.67.

Nota 3 : citado em ALBUQUERQUE (2), p.413.

Nota 4 : citado em AGUIAR (1), p.68.

O quadro energético

A problemática do suprimento de energia para o setor rural é outro aspecto, central para este trabalho, a ser discutido no quadro da agricultura do país.

O modelo adotado até aqui no país para a energização rural tem-se pautado também pela modernização, caracterizando-se pelo uso de insumos energia-intensivos e não-renováveis (utilização de petróleo e derivados, fertilizantes, etc) e pela disseminação da eletrificação rural principalmente nas regiões mais industrializadas (SP, PR, RS, por exemplo).

O modelo energético adotado tem apresentado duas consequências principais, segundo ALBUQUERQUE (2). Em primeiro lugar, a oferta energética baseou-se em sistemas de produção centralizados, que requerem custosas redes de distribuição - caso, por exemplo, da eletrificação rural - para atingir as propriedades distantes ou isoladas, como ocorre, em geral, no caso das áreas rurais. Além disso, a economia consolidou-se nos mesmos moldes tecnológicos que prevalecem nos países centrais, o que significou uma forte dependência das importações de petróleo.

Esta estratégia de modernização foi duramente atingida pelos dois "choques" de preço do petróleo, em 1973 e 1979. É importante recordar que em 1970, o petróleo respondia por 10,3% do total das importações brasileiras, passando em 1974 a 36,4% e em 1980 a 50,7%. (Veja-se o quadro 7)

Ano	Quant. (1000 b.)	US\$/barril	Valor (1000 US\$)
1973	259.000	2,77	718.000
1974	252.000	11,11	2.800.000
1975	262.000	10,72	2.812.000
1976	301.000	11,50	3.460.000
1977	297.000	12,35	3.663.000
1978	328.000	12,48	4.089.000
1979	365.000	17,24	6.290.000
1980	317.000	29,57	9.370.000
1981	308.000	34,37	10.599.000
1982	291.000	32,85	9.566.000
<u>Fonte</u> : Anuários Estatísticos - IBGE			

Quadro 7- Importações brasileiras
de Petróleo

A análise do quadro energético no setor rural mostra-nos que o consumo de derivados de petróleo é, aí, significativo. Em 1975 o setor era responsável por cerca de 11% do consumo total de óleo diesel no país e, em 1981, encontra-se esta cifra aumentada para 15% do total.

De 1970 a 78, o consumo total de diesel aumentou no conjunto da economia à razão de 12% ao ano, enquanto no

setor agropecuário a taxa foi de 20,3% ao ano. De 1978 a 81, o consumo total cresceu a taxas de 3,6% ao ano, enquanto no setor rural cresceu a 9,4% ao ano. Com o agravamento da crise econômica no período 81/82, a taxa de acréscimo para o conjunto da economia foi de 1,1% ao ano, enquanto na agricultura encontramos 1,9% ao ano.

Segundo ALBUQUERQUE (2) :

" Claramente, verifica-se que a expansão da agricultura brasileira nas mesmas bases tecnológicas que prevaleceram durante os últimos quinze anos dificilmente poderá ter continuidade, por razões tanto sociais como econômicas. A questão que se coloca é que para atender às necessidades energéticas do crescimento agrícola no país, será necessário desenvolver modelos tecnológicos alternativos para a modernização agrícola. Em tais modelos, o uso de técnicas poupadoras de insumos e de fontes renováveis de energia terá um papel fundamental e a perspectiva que se apresenta mais promissora está no conceito de desenvolvimento de sistemas integrados de produção de energia e alimentos. (...)

(...) O desenvolvimento de sistemas de produção agrícola que sejam benéficos dos pontos de vista social, econômico e ecológico deve basear-se em características tais como : conservação dos recursos naturais; reciclagem dos resíduos orgânicos; uso de fontes locais de energia renovável; diversidade da produção; integração das diversas atividades através de complementariedade; aumento da produtividade e da renda e nível de investimento compatível

com diversas escalas de produção." (p.409 e 410)(grifo nosso)

Ressalta ainda que a elevação abrupta dos preços internacionais do petróleo na década passada fez ressurgir o interesse nas pesquisas em fontes de energia não-convencionais e renováveis, pois era o próprio modelo de desenvolvimento que estava sendo posto em dificuldades.

Pode-se citar uma série de programas e iniciativas da época, governamentais e de instituições de pesquisa, de escopo semelhante, tais como o Programa Agro-Energia do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), vinculado ao III Plano Nacional de Desenvolvimento (III PND) - Ação Programada em Ciência e Tecnologia (APCT) (15), o Programa de Transferência de Tecnologia Apropriada para o meio rural (PTTA) (16), também do CNPq, a elaboração do "Fichário de Tecnologias Adaptadas" (9), pela Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), a formação do Grupo de Energia da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Grupo de Energia Solar da Universidade Federal da Paraíba (UFPb) e do Grupo de Energia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o Programa Nacional de Engenharia Agrícola (17), do CNPq, que, na área de energização rural, dava ênfase ao desenvolvimento de fontes alternativas de energia tais como a energia solar e eólica, e, finalmente, o Pró-Alcool.

Este interesse e estas iniciativas, porém, eram fruto, como se pode hoje constatar, dos problemas de preço do

petróleo e não representavam, por parte do governo, um questionamento profundo do modelo de desenvolvimento adotado até então, haja visto que atualmente verifica-se uma quase total suspensão do apoio de organismos governamentais a pesquisas na área de fontes alternativas de energia, além de constatar-se que poucos resultados foram obtidos a nível de difusão de tecnologias apropriadas e de equipamentos de energia renovável ao meio rural, particularmente aos setores mais desfavorecidos do ponto de vista sócio-econômico. Como assinala FURTADO (35), o Pró-Álcool - único programa de aproveitamento de energia não-convencional efetivamente implantado - obteve apoio governamental e encontra-se implantado por inserir-se no atual estilo de desenvolvimento, isto é, por não representar uma alternativa real ao modelo presente, dado que é centralizador, concentrador de renda e propriedade da terra e voltado tão-somente para a substituição da gasolina utilizada pelos carros particulares, acessíveis tão-somente a uma diminuta parcela da população.

Em documento sobre as atividades previstas da FAO para o setor de energia rural dos países do 3º Mundo (56), encontramos elementos que se ajustam perfeitamente à realidade de nosso país. Há o alerta de que o setor rural precisa de mais energia para atingir seus objetivos de desenvolvimento em termos de insumos para a produção de alimentos, para o processamento e transporte destes produtos e para o desenvolvimento sócio-econômico de sua população. O

setor agrícola e rural de muitos países continua isolado da corrente principal das atividades relacionadas com o desenvolvimento energético. A falta de políticas integradas que estabelecessem a ligação entre a oferta de energia e um aumento da produção de alimentos conduziu a uma maior pressão sobre os recursos das regiões rurais e a uma estagnação ou mesmo decréscimo do uso de energia "per capita" de suas populações. As fontes de energia renováveis, bem como as fontes comerciais, têm ambas um importante papel a cumprir no suprimento de energia para o desenvolvimento agrícola e rural. Tecnologias energéticas de pequena e média escala, de aplicação descentralizada, dimensionadas para responder a usos finais específicos, devem, segundo o documento, ser desenvolvidas com maior apoio e mecanismos e esquemas relativos ao suporte financeiro e comercial devem ser implementados com um suporte técnico e institucional adequado.

Um recurso que nosso país possui, com uma abundância bastante superior em relação aos países economicamente desenvolvidos, todos de clima temperado, é a energia solar e sua derivação, a biomassa. Ela é abundante na região do globo ocupada por nosso país, renovável e não-polvente, além de possuir, à diferença do carvão e do petróleo, uma distribuição mais uniforme e descentralizada, enquanto aqueles encontram-se centralizados em regiões específicas. Essa característica diferencial pode permitir, com maior facilidade, a adoção de um estilo de desenvolvimento menos

centralizado, energia-intensivo e predatório do meio-ambiente.

SUNKEL (82) recorda-nos que o estudo da energia solar foi retomado agora, após haver sido deixado de lado no final do século passado devido ao advento do petróleo. Assinala também que a substituição, ainda que parcial, do consumo de petróleo pela energia solar contribuiria para aliviar alguns dos efeitos negativos do uso desse combustível fóssil, ou seja, a poluição e a contaminação ambiental, a perspectiva de esgotamento desse valioso recurso natural e os problemas com a balança de pagamentos dos países do 3º Mundo.

O modelo imitativo de desenvolvimento que nos levou a utilizar intensamente o petróleo, levou-nos também a considerar, segundo VIDAL (90), a energia solar e suas derivações (a energia da biomassa, a energia eólica, etc.) como algo ultrapassado e sem maiores perspectivas de aproveitamento.

Em nosso país, entretanto, como salienta um documento elaborado pelo Grupo de Energia da FINEP (34), as crescentes necessidades energéticas sugerem uma atenção redobrada à busca de reais possibilidades da utilização de fontes e processos alternativos de produção de energia. O desenvolvimento de técnicas que permitam a geração de energia obtida de fontes não-poluidoras, contínuas e renováveis deve constituir-se em uma grande preocupação nacional.

BATISTA (5) assinala que uma política energética alternativa deve tomar a propriedade rural como unidade a ser avaliada em termos energéticos. Propõe para tal o desenvolvimento de um amplo programa de pesquisa em fontes de energia alternativas, em que pequenas unidades geradoras autônomas, instaladas nas propriedades rurais, aproveitariam o potencial da energia eólica e solar, do biogás, de hidrelétricas de pequeno porte, etc. O documento da FINEP (34) já citado, apontando também nesta direção, propõe, por exemplo, que o desenvolvimento e a utilização em maior escala de novos equipamentos para o aproveitamento da energia eólica deveriam ser fomentados, dado que os ventos são extremamente previsíveis e repetitivos, já havendo sido utilizados extensivamente ao longo da história para o bombeamento de água e para a produção de energia mecânica.

É bastante provável não seja possível resolver os problemas da energia no meio rural através da utilização única da energia solar ou suas derivações, porém existe uma série de aplicações localizadas que poderiam auxiliar no desenvolvimento de áreas isoladas do país, melhorando, portanto, suas condições sociais e de produção.

DAGNINO (24), após fazer um sintético exame das áreas onde existe, no Brasil, possibilidade imediata de desenvolvimento e difusão de tecnologias autóctones, aponta pré-condições objetivas favoráveis a seu desenvolvimento em nosso setor rural no relativo ao suprimento energético, entre outros, devido às especificidades das condições

climáticas. Apresenta, como exemplos, as tecnologias de utilização de fontes de energia não-convencionais, tais como a solar e a eólica, necessárias para resolver em parte o problema de suprimento energético do campo. Cita ainda seu uso no processamento de alimentos e fibras vegetais e na produção de energia mecânica e elétrica.

ALBUQUERQUE (2) é de opinião que a difusão de sistemas de produção agrícola baseados no uso de fontes locais de energia pode ser um importante passo no sentido de um modelo mais equilibrado de desenvolvimento agrícola no Brasil, porém é consciente de que é preciso levar em conta as políticas necessárias, a um nível mais geral, que poderão viabilizar a difusão em larga escala de um modelo tecnológico baseado na poupança de insumos energéticos e na integração de fontes renováveis de energia à produção agrícola.

O que torna estas soluções interessantes é o fato de que muitas das tecnologias já disponíveis para a utilização de fontes renováveis de energia são facilmente adaptáveis às necessidades descentralizadas de fazendas, vilas ou mesmo pequenas cidades situadas na área rural, fator essencial para a aplicação em um país que, como o nosso, possui uma grande extensão territorial e uma também grande dispersão das propriedades rurais.

A questão tecnológica

Em face do exposto até aqui, torna-se claro que o atual modelo de desenvolvimento para o setor rural não beneficia a maioria dos produtores rurais e, como consequência, a maioria da população de nosso país. A continuidade do desenvolvimento rural nas bases em que vem se dando até aqui não é socialmente desejável a longo prazo nem tampouco sustentável do ponto de vista ambiental, dado que se apóia na crescente concentração da terra e da renda - o que tende a acentuar cada vez mais o já alto grau de desigualdade social, que contribui, por sua vez, para agravar ainda mais as tensões sociais no campo e nas cidades - e em uma característica de relação predatória com o meio-ambiente, ao utilizar insumos energia-intensivos e não-renováveis, ou ainda, ao utilizar técnicas produtivas que esgotam os recursos do solo ou que contaminam o ambiente (por exemplo, a monocultura da cana-de-açúcar para a produção de álcool ou a utilização maciça e, na maioria dos casos sem critério, de defensivos agrícolas).

Torna-se necessário portanto, buscar alternativas para o desenvolvimento do meio rural que beneficiem a maioria da população em uma relação harmoniosa e sustentável com o meio-ambiente.

É possível vislumbrar algumas soluções possíveis, tais como soluções de tipo político e organizativo ou de tipo técnico. É preciso fazer convergir entretanto essas

soluções de forma conjunta, dado que a implantação isolada de uma delas não poderia garantir uma transformação efetiva do atual quadro.

As soluções políticas consistiriam, por uma parte, em alterações na orientação das políticas agrícolas (crédito, extensão, formação de profissionais, etc) de tal forma que estas passassem a atender com maior ênfase os setores dos produtores rurais atualmente mais desfavorecidos ou mesmo marginalizados do processo de desenvolvimento econômico e social.

É necessário frisar que as orientações políticas assinaladas não significam que o planejamento deva subestimar a agricultura comercial, as tecnologias de ponta e os insumos de alta produtividade. É sabido que o setor da agricultura empresarial moderna desempenha um papel preponderante na economia do país, no abastecimento de setores importantes da energia e da alimentação e na geração de excedentes para a exportação. O que se propõe aqui é que o governo direcione prioritariamente o uso de seus recursos e as ações de apoio direto aos pequenos agricultores, com o objetivo de que se possa tornar viável seu desenvolvimento, tomando em conta suas limitações de capital e tecnologia.

Um subconjunto das soluções de tipo político seriam as soluções de tipo organizativo, isto é, as iniciativas voltadas a organizar os pequenos produtores em associações ou cooperativas de produção, que seriam uma resposta à constatação de que a renda individual destes agricultores é

tão pequena que não lhes possibilita o acesso a qualquer equipamento ou tecnologia que seja. Este fato indica que, em muitos casos, não existem soluções técnicas possíveis, se tomadas isoladamente, para os problemas de produção dos agricultores de baixa renda.

A necessidade de buscar soluções tecnológicas decorre da constatação de que não existe uma correlação entre as características das tecnologias que atualmente geram os centros de pesquisa e as circunstâncias e necessidades dos pequenos agricultores. É possível constatar que o processo de geração de tecnologia agrícola, levado a cabo por institutos de pesquisa, universidades, etc, não se adequa, em sua maior parte, às necessidades e características dos pequenos agricultores.

Os programas de desenvolvimento não têm dado suficiente importância à pesquisa e aplicação de tecnologias de baixo custo e de simples operação e manutenção, que utilizem de forma racional os recursos existentes e mais abundantes buscando uma maior independência dos recursos externos, o que propiciaria uma maior autonomia de gestão ao produtor, isto é, àquelas tecnologias que estariam ao alcance da maioria dos pequenos agricultores em suas atuais circunstâncias.

As políticas que têm orientado a pesquisa são influenciadas pelo modelo tecnológico de alta densidade de capital, alta produtividade e consumo energético, próprio dos países centrais, mas de difícil e questionável

incorporação à realidade e condições em que se encontra o pequeno produtor rural em nosso país. Não se tem levado suficientemente em consideração a problemática destes pequenos agricultores a fim de propor alternativas tecnológicas acordes com as reais condições e dificuldades que os caracterizam. Além disso, as tecnologias originadas por este modelo tendem a desconsiderar as marcantes diferenças entre os ecossistemas de nosso país e os dos países centrais, o que provoca o desequilíbrio ecológico e o uso incorreto dos recursos naturais do local.

O Brasil tem, hoje, problemas graves a resolver no setor tradicional do meio rural e há fortes evidências de que a adoção e aplicação indiscriminadas da moderna tecnologia - no contexto do atual modelo de desenvolvimento - não serão capazes de resolvê-los e ainda contribuirão para agravar a situação de desigualdade social e os danos ao meio-ambiente. A adoção e aplicação indiscriminada de tecnologia têm sido, de fato, causa do agravamento de muitos dos problemas e desigualdades nos países periféricos.

A preocupação mundial cada vez mais acentuada com a avaliação tecnológica é o resultado da tomada de consciência de alguns fatos que se encontram na raiz de toda discussão contemporânea sobre os impactos e efeitos colaterais da mudança tecnológica. Pode-se ressaltar entre eles os seguintes :

- os efeitos secundários da tecnologia sobre o meio-ambiente e a sociedade são já significativos;

- a prática atual preocupa-se quase que exclusivamente com o curto prazo; as atitudes de correção, quando executadas, vêm tarde, pois a degradação está já de tal forma avançada que volta a exigir soluções improvisadas sem perspectivas de longo prazo;

- as opções de tecnologia são feitas de forma fragmentária e desintegrada, sem uma visão mais ampla do problema.

A questão da geração e utilização da tecnologia tem merecido a atenção de inúmeras instituições e pesquisadores de todo o mundo, provocando discussões acerca de inúmeras conceituações e soluções propostas para o problema. Uma das propostas mais debatidas e controversas em anos recentes tem sido a chamada "Tecnologia Apropriada" (TA), conceito importante para este trabalho, dado que a maioria dos trabalhos em TA, desenvolvidos até aqui, voltaram-se para a solução de problemas de produção dos setores pobres das sociedades do 3º Mundo -particularmente das áreas rurais-, o que tem gerado tecnologias de pequena escala, baratas, de simples construção e operação, que utilizam preponderantemente recursos renováveis e disponíveis localmente.

O conceito de "Tecnologia Apropriada" e as discussões em torno da questão surgem inseridos, em muitos casos, dentro de novas concepções do desenvolvimento, em base à constatação das profundas e crescentes implicações que a tecnologia apresenta ao desenvolvimento das sociedades

humanas, no que diz respeito principalmente aos impactos sociais e ambientais. Aparece aí, portanto, a tendência de qualificar a tecnologia, atribuindo-lhe adjetivos que indicam uma visão diferente de seu conteúdo e papel nos modelos de desenvolvimento.

Surgiram assim, dentro do que se convencionou denominar nos últimos anos de "movimento da tecnologia apropriada", inúmeras denominações para a tecnologia, começando com "Tecnologia Apropriada" e daí passando para "soft technologies", "tecnologia intermediária", "tecnologia alternativa", "tecnologia radical", etc, cada uma delas privilegiando um ou outro aspecto do desenvolvimento e da participação da tecnologia neste processo.

JEQUIER (45) comenta que a "Tecnologia Apropriada" tornou-se, em alguns poucos anos, uma das estratégias mais comentadas para atender os setores tradicionais dos países do 3º Mundo. Indivíduos, pequenos grupos privados, agências governamentais e organismos internacionais, virtualmente em quase todos os lugares, encontram-se incorporando a TA em suas atividades. Ao mesmo tempo, o conceito de TA é provavelmente o conceito sobre o qual mais se encontram divergências nos círculos que tratam dos problemas do desenvolvimento nos últimos anos.

HERRERA (43) alerta que há, porém, com relação ao movimento da TA, uma escassez de resultados práticos, com a possível exceção da China, apesar de haver muitas instituições e pesquisadores envolvidos com a geração e

difusão das chamadas TAs, pois as mudanças necessárias para a implantação das TAs são de ordem não só técnica, mas também política, social, econômica e cultural, o que torna necessário, o que nem todas as correntes do movimento fazem, referenciar a tecnologia apropriada a um outro tipo de sociedade bem definido. O termo TA, portanto, carece de sentido, a menos que seja apresentado em relação a um modelo de desenvolvimento e de sociedade bem definidos.

A nosso ver, não faz sentido falar genericamente de "Tecnologia Apropriada" ou "Adequada", dado que o grau de adequação de uma tecnologia é definido pelo contexto de desenvolvimento (objetivos sociais, valores culturais, grau de desenvolvimento e integração dos meios de produção, etc) no qual ela se encontra inserida e, conseqüentemente, pelos problemas que se propõe resolver.

DAGNINO (24) ressalta o fato de que, em meio ao movimento das tecnologias apropriadas, há propostas ingênuas e há também as politicamente conseqüentes.

" Nas propostas mais ingênuas, é o desenvolvimento tecnológico e a difusão de novas formas tecnológicas o próprio agente de mudança social; algo como uma condição necessária e suficiente. Nas mais conseqüentes, ressalta-se o caráter político do processo de escolha tecnológica, indicando que qualquer tecnologia pode ser "apropriada", dependendo de quais interesses se está procurando defender, de que tipo de sociedade se quer construir ou perpetuar." (p.10)

A técnica, portanto, não é neutra, estando sujeita às condições impostas pela reprodução do sistema econômico e social. O caráter social da técnica evidencia-se quando se constata como esta se adapta às particularidades histórico-sociais do momento em que é gerada e como tende a mantê-las, consolidando a correlação de forças sociais existente. Daí que se possa, por exemplo, também chamar de apropriada a tecnologia disponível no mercado para o setor rural, pois ela contribui, sendo portanto apropriada, para manter, ampliar e consolidar o atual estilo de desenvolvimento, que é não-igualitário e concentrador de terra e renda, além de não-sustentável a longo prazo desde um ponto de vista ambiental. A pergunta mais importante para a caracterização de uma determinada tecnologia passa a ser então : apropriada para que e para quem ?

Ao buscarem-se soluções técnicas para os problemas dos pequenos agricultores, deve-se, portanto, verificar qual é sua situação e quais suas necessidades. Torna-se necessário, por exemplo, que o desenvolvimento rural seja promovido através de modelos alternativos que se baseiem no uso mais intensivo dos recursos humanos e materiais existentes nas propriedades e vizinhanças, buscando não depender tão fortemente da introdução de elementos externos.

Um exemplo desta orientação seria gerar linhas de investigação que permitissem dimensionar sistemas que tendessem a conduzir a uma maior auto-suficiência alimentar

dos pequenos produtores, que melhorassem sua dieta e reduzissem a compra de alimentos.

SACHS (73) apresenta um exemplo de uma possível combinação tecnológica que segue estas orientações, ao apresentar o caso em que secadores solares são introduzidos para a secagem de produtos agrícolas ou de peixes. Esta introdução contribuiria, segundo ele, para melhorar toda a cadeia de produção, diminuindo as perdas, criando um mercado para o excedente da produção e, acima de tudo, não significaria o abandono das atividades tradicionais; ao contrário, esta tecnologia de secagem iria inserir-se no processo produtivo conciliando o postulado da "criação ou manutenção do emprego" com a introdução de uma técnica moderna.

A pesquisa agrícola deve basear-se em um conhecimento teórico e prático dos sistemas diversificados de produção próprios dos pequenos agricultores e dos recursos que estes possuem em suas propriedades para que, a partir deles, sejam geradas tecnologias que sejam uma efetiva resposta aos problemas que apresentam. Além disso, é necessário adequar as inovações à realidade e potencialidades dos pequenos produtores, levando em consideração seu nível educacional, suas instituições, seu limitado acesso a insumos e serviços e os recursos que possuem nas propriedades, o que significa considerar o problema dentro de todo um contexto de desenvolvimento.

A percepção de que a tecnologia deve ser encarada dentro de todo um contexto de desenvolvimento aparece claramente nos escritos de Gandhi, já no início deste século. Ele possuía uma percepção pioneira de que a transferência de tecnologia indiscriminada dos países centrais para o 3º Mundo não era uma solução adequada para os problemas destes países.

Em seu "Sarvodaya", de 1909, encontra-se claramente definido um modelo de desenvolvimento para a Índia, alternativo em relação ao ocidental .

Escreve Gandhi: "(...) se eu pudesse converter o país ao meu ponto de vista, a ordem social do futuro incluiria tudo o que promova o bem-estar dos habitantes das aldeias. Certamente visualizo a eletricidade, a fabricação de navios, a produção de máquinas, etc, coexistindo com o artesanato da aldeia. Mas a ordem de dependência seria invertida. Até agora, a industrialização tem sido planejada para destruir a aldeia e seus produtos. No futuro, ela serviria a aldeia e seus produtos." (Nota 1)

Os elementos centrais de seu enfoque eram :

- auto-suficiência e auto-confiança (self-reliance) começando a nível de aldeia;
- concentração dos esforços para a resolução dos problemas de relevância imediata;
- fomento da inteligência criativa através do pleno desenvolvimento dos indivíduos -visto ser o indivíduo o valor supremo para ele- através da ocupação de todos em

atividades úteis em que cada um pudesse auto-exprimir-se e desenvolver sua inteligência, e conseqüentemente conquistar o desenvolvimento moral e mental;

- mudança social através da desobediência civil não-violenta e da não-cooperação.

Segundo HERRERA (39), o conceito de desenvolvimento de Gandhi incluía uma política científica e tecnológica explícita, essencial para sua implementação. "Sua insistência na proteção dos artefatos das aldeias", escreve Herrera, "não significava uma conservação estática das tecnologias tradicionais. Ao contrário, ela implicava o desenvolvimento gradual das técnicas locais (technological up-grading), a adaptação das modernas tecnologias às condições e ao meio-ambiente da Índia e o fomento de pesquisa científica e tecnológica para identificar e resolver problemas de imediata relevância. Gandhi apresentava, portanto, um conceito de tecnologia inserido em um contexto de um enfoque integrado para o desenvolvimento sócio-econômico e cultural. Na doutrina social de Gandhi, o conceito de tecnologia apropriada encontra-se claramente definido, embora ele nunca tenha usado tal termo."

Inserido nesta linha conceitual, encontra-se também o projeto "Prospectiva Tecnológica para a América Latina" (PTAL) (Nota 2), desenvolvido conjuntamente por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa da AL. Seu objetivo é apontar respostas para a problemática do desenvolvimento tecnológico no futuro dos países latino-

americanos. Uma premissa básica elaborada pelo projeto é a de que o impacto de uma determinada tecnologia não depende somente das características desta tecnologia, mas principalmente da estratégia sócio-econômica e cultural que se adote para sua incorporação.

A equipe do projeto buscou também apresentar uma alternativa para o modelo de desenvolvimento seguido até aqui por estes países, dado que este é mimético em relação ao modelo dos países industrializados, isto é, tem-se buscado criar aqui sociedades semelhantes às daqueles países. Para tal, a equipe formulou uma nova visão de sociedade, que se estrutura em torno de quatro características básicas; tal sociedade teria de ser igualitária, participativa, autônoma e intrinsecamente compatível com o meio-ambiente. A partir deste modelo é que se busca a formulação das estratégias requeridas para atingir os objetivos do desenvolvimento. É importante ressaltar que a estratégia de Ciência e Tecnologia deverá ser elaborada sobre a base da demanda das estratégias sócio-econômicas e políticas adotadas, o que significa que aquela deverá ser um fator determinado pelo conjunto das estratégias de desenvolvimento, e não seu fator determinante.

Outro exemplo da necessidade da integração da questão tecnológica dentro de uma matriz de desenvolvimento mais abrangente encontra-se na conceituação de

"Ecodesenvolvimento", elaborada principalmente por SACHS (73) e (76).

O Ecodesenvolvimento pode ser definido como um estilo de desenvolvimento socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente prudente. Esta proposta de um "novo desenvolvimento" apóia-se em cinco condições fundamentais que ele deve incorporar :

- ser endógeno;
- contar com suas próprias forças, através da melhor utilização possível dos recursos disponíveis localmente, buscando-se sempre manter uma base sustentável;
- tomar como ponto de partida a lógica das necessidades;
- esforçar-se por promover uma simbiose entre o sistema produtivo das sociedades humanas e os sistemas naturais;
- permanecer aberto à mudança institucional.

A necessidade de um "outro" desenvolvimento surge a partir da constatação da crise do desenvolvimento vivida pelos países do 3º Mundo, crise esta que vem sendo sentida cada vez com maior intensidade e que tem como principais causas a desigualdade social, a degradação acelerada do meio-ambiente e a dependência cultural e tecnológica em relação aos países centrais. O modelo de desenvolvimento econômico seguido até aqui pelos países do 3º Mundo foi inspirado nas experiências históricas das nações industrializadas do hemisfério norte. É preciso que esses países formulem outras trajetórias de industrialização e de

modernização rural, diferentes dos caminhos seguidos até aqui pelos países centrais.

Segundo Sachs, a verdadeira peça-chave da auto-confiança técnica, indispensável para se implementar um "outro" desenvolvimento é a concepção de técnicas apropriadas originais. A contribuição de soluções técnicas frequentemente mal adaptadas às condições ecológicas, climáticas e sociais do 3º Mundo tem agravado a destruição do meio-ambiente. Daí a necessidade de buscar tecnologias com um mínimo grau de desperdício, assim como do desenvolvimento de técnicas caracterizadas por produtos duráveis ou recicláveis, de baixo consumo energético e baixo impacto ambiental. As estratégias de ecodesenvolvimento estimulam, portanto, o uso de energias renováveis em todas as suas formas : solar, eólica, da biomassa e também a minimização do consumo dos recursos exauríveis.

Sachs corrobora nossa visão da "Tecnologia Apropriada" ao afirmar que não existem tecnologias apropriadas em termos absolutos, pois este conceito é elaborado em relação a um contexto social, econômico, ecológico e ao conjunto de objetivos a que a sociedade se propõe. Daí decorre a necessidade de se identificarem, para cada caso específico, os correspondentes critérios de adequação.

HERRERA (43) complementa ainda este quadro conceitual ao assinalar que :

" O surgimento do conceito de TA significa que a humanidade começa a fazer-se consciente de que a tecnologia

não pode mais ser uma variável relativamente independente, senão que deve ajustar-se mais estreitamente às necessidades específicas do meio social (...)", e adiante, complementa que isto " (...) não significa o rechaço global da tecnologia moderna, nem uma volta ao passado, como às vezes se supõe. Ao contrário, significa a superação de uma etapa primária, na qual se supunha implicitamente que a sociedade devia adaptar-se às condições criadas pelo desenvolvimento tecnológico em grande medida gerado externamente à vontade e às aspirações do corpo social. É a tomada de consciência de que a ciência moderna oferece a possibilidade de diversificar a tecnologia de maneira tal a adaptá-la às condições específicas de cada sociedade. Em outras palavras, a tecnologia deve ser uma variável dependente do verdadeiro progresso humano, e não seu fator determinante."

A partir dessa conceituação de TA que vimos desenvolvendo, é possível responder à crítica, bastante frequente, de que a TA representa um movimento neo-colonialista que visa perpetuar o atraso tecnológico dos países do 3º Mundo e a atual divisão internacional do trabalho, onde o grupo dos países centrais continuaria a produzir a tecnologia de "ponta", enquanto os países do 3º Mundo continuariam a produzir tecnologias ineficientes e rudimentares. A resposta à crítica encontra-se no fato de que esta conceituação reconhece a necessidade de que os países em desenvolvimento devem utilizar também tecnologias modernas, de maior produtividade, e que não se devem deixar

atrasar na corrida tecnológica. Uma política que vise o desenvolvimento de tecnologias mais simples, mais mão-de-obra intensivas, mais racional na utilização dos recursos, voltada para o atendimento do setor dos agricultores de baixa renda, é vista aqui, portanto, como uma política de transição, não-permanente, necessária para arrancar este setor da carência de recursos, buscando "engatá-lo" ao processo de desenvolvimento.

Ao se falar em TA não se está pregando uma tecnologia pobre, rudimentar e ineficiente. Deve-se utilizar a tecnologia mais adequada para resolver os problemas específicos de cada país. Advogar atualmente a importação maciça e indiscriminada de tecnologia significa reforçar a perspectiva de manutenção e ainda de ampliação da "brecha" tecnológica e econômica, que terá como consequência o crescente afastamento dos frutos do desenvolvimento econômico da ampla maioria da população.

A Conferência Mundial do Emprego (Nota 3), em sua declaração de princípios e programas de ação, estabeleceu que o fomento à pesquisa deve constituir uma prioridade fundamental e que esta deve realizar-se no interior dos países em desenvolvimento e sob sua direção, assinalando especialmente os setores rural e informal urbano para impulsionar neles o desenvolvimento de tecnologias voltadas a atender os requerimentos específicos destes grupos sociais.

Nas condições atuais em que o mundo se vê dividido em países industrializados geradores de tecnologia e em países em desenvolvimento ou periféricos, BUARQUE & BUARQUE (19) ressaltam que estes últimos, para chegarem a um desenvolvimento voltado a atender suas reais e imediatas necessidades, só tem pela frente a alternativa de realizar um esforço próprio de formação de uma base científico-tecnológica que lhes permita selecionar e adaptar melhor a tecnologia disponível no mercado internacional, e sobretudo, inovar e criar sua própria tecnologia.

É possível advertir-se a falta de relação entre as atividades científicas e tecnológicas e os reais problemas e necessidades da grande maioria da população de nosso país, decorrentes fundamentalmente do modelo de desenvolvimento e aplicação tecnológica vigentes até aqui. Seja pela tendência a buscar imitar os padrões de desenvolvimento dos países centrais, seja porque a maioria dos técnicos e cientistas de alto nível são formados no exterior, muitos destes profissionais especializados dão continuidade, em nosso país, às atividades que realizavam nos países centrais, esquecendo-se da realidade nacional que os cerca.

Finalmente, outro ponto central relativo à busca de soluções tecnológicas próprias refere-se ao estímulo à capacidade de inovação local, dado que a importação indiscriminada de tecnologia tende a inibir, nos países receptores, a estrutura científica e tecnológica, estrutura esta, como já descrito, deficiente e pouco articulada com as

reais necessidades de suas sociedades. A reorientação de parte das pesquisas para o setor tradicional desses países, cujas características são bastante diferentes das condições encontradas nos países centrais e no setor moderno de suas economias, dá margem à necessidade de real inovação.

Nota 1 : citado em BHATT (6).

Nota 2 : Projeto em fase final de elaboração, sob a coordenação do prof. Amilcar O. Herrera, do NPCT/IG/UNICAMP, que conta com o apoio financeiro da UNU e do IDRC, do Canadá.

Nota 3 : citado em SINGER (80).

ESTUDO DE CASO - um equipamento para a conservação de grãos a nível de fazenda que utiliza energia solar e eólica

Buscou-se, até aqui, traçar um perfil do contexto do setor rural e definir um quadro contextual e conceitual para a geração de tecnologias voltadas ao atendimento do pequeno produtor rural, nos quais o equipamento, objeto deste estudo de caso, insere-se.

O setor tradicional da agricultura em nosso país, como já visto, enfrenta inúmeras dificuldades a nível econômico, técnico e organizativo. No processo de desenvolvimento seguido até aqui por nosso país, o setor moderno da agricultura tem apresentado grandes aumentos de produção e renda nos últimos anos e o setor tradicional e descapitalizado, ao contrário, tem sido, cada vez mais, deixado de lado, no sentido de que há uma falta muito grande de pesquisa científica e tecnológica que vise contribuir para a solução de seus problemas específicos e de políticas agrícolas que visem atender suas necessidades fundamentais.

A seguir, apresentar-se-ão alguns pontos específicos relativos à concepção, construção e operação de um equipamento para a conservação de grãos a nível de fazenda que utiliza energia solar e eólica. O desenvolvimento do equipamento constitui uma contribuição no sentido de buscar diminuir a falta, já apontada, de pesquisas voltadas para a

... a ... da construção de um

sistema para a conservação de grãos que respondesse às necessidades dos pequenos agricultores, adaptado às condições econômicas e técnicas em que estes se encontram. O equipamento foi concebido, portanto, levando-se em conta alguns princípios básicos de adequação à situação desses pequenos produtores.

O equipamento orienta-se para a busca de uma solução ao grave problema da conservação dos produtos, enfrentado pelos pequenos produtores rurais, que por não possuírem infra-estrutura adequada para conservá-los na propriedade, acabam vendendo sua produção por preços muito baixos, sem poder aguardar melhores épocas ou condições de comercialização, com o que se agravam seus problemas de renda. Visa contribuir para o desenvolvimento de uma alternativa técnica, voltada para o atendimento de um setor do meio rural acentuadamente carente de recursos, o setor de agricultores de baixa renda, responsável pela maior parte da produção de alimentos de nosso país.

A ampliação da autonomia técnica e econômica do pequeno produtor foi contemplada, ao ser-lhe oferecida uma técnica simples e eficiente do ponto de vista da construção, manutenção e operação e a possibilidade de aumentar sua renda, através da conservação do produto com boa qualidade na propriedade, à espera de melhores condições para a comercialização, além de propiciar possibilidades de utilização múltipla do equipamento que, com modificações simples, como por exemplo a introdução de bandejas no

interior do silo, permitiria conservar também hortaliças e legumes.

A escolha do produto para os primeiros testes seguiu a lógica da satisfação de uma necessidade essencial : a alimentação. O feijão é, tradicionalmente, um alimento de alto valor nutritivo, básico na dieta de nossa população, característica muito importante em um país em que a grande maioria da população encontra-se abaixo das condições mínimas de nutrição, entre outros graves problemas. Além disso, o feijão é produto típico da pequena produção rural em nosso país.

A compatibilidade intrínseca com o meio-ambiente - no sentido de se obter uma relação equilibrada com o meio, evitando os danos devidos à poluição ou à exaustão de recursos - também foi contemplada, através do uso de fontes de energia renováveis, de baixo impacto e disponíveis localmente, que asseguram a adequação ao conceito de prudência tecnológica na relação com o meio-ambiente. A utilização de fontes de energia renováveis é, a nosso ver, a melhor solução para os problemas imediatos de suprimento de energia enfrentados neste momento pelo setor rural não-estruturado, devido à sua disponibilidade a baixo custo, à facilidade de utilização e à sua grande dispersão ao longo do território brasileiro, o que as torna acessíveis, mesmo para regiões afastadas dos centros econômicos desenvolvidos.

Antes de passar à descrição dos detalhes construtivos e dos testes realizados com o equipamento, apresentar-se-ão, complementando a revisão da bibliografia, informações relevantes acerca do processo de conservação de grãos e das fontes de energia envolvidas na operação do equipamento, apresentando ainda alguns outros exemplos de equipamentos que visam a conservação de alimentos, também voltados à pequena produção rural.

Secagem e armazenagem

Estima-se que cerca de 30% dos grãos colhidos para a alimentação humana e animal no Brasil é perdido por falta de armazéns e silos e de um sistema técnico eficiente para a operação das unidades armazenadoras. Segundo um levantamento feito pela CIBRAZEM em 1978, apenas 2,5% da produção é armazenada a nível de fazenda, enquanto em outros países, esta taxa atingia, por exemplo, 30% na França, 35% na Argentina e 60% nos EUA. As altas taxas de perdas, presentes em um país como o nosso que apresenta graves deficiências alimentares, exigem medidas urgentes no sentido de busca de soluções para o problema.

A maioria dos programas governamentais de incentivo e desenvolvimento de tecnologias para a conservação dos grãos no período da pós-colheita tem-se voltado para os grandes sistemas, estatais ou privados, e para os grandes produtores, altamente capitalizados e tecnificados. A nível de fazenda, e principalmente a nível da pequena propriedade rural, a infra-estrutura de beneficiamento e armazenagem é, portanto, extremamente deficiente. Segundo o INCRA (1980), verifica-se que cerca de 84% das propriedades rurais do país situa-se na faixa de 1 a 100 ha. Elas são responsáveis por 75% do abastecimento interno de alimentos e mais de 70% do pré-processamento é aí feito na total dependência das condições climáticas, o que provoca grandes perdas.

Tal carência de infra-estrutura para a conservação da produção impede os produtores de conseguirem melhores preços para seus produtos, por não poderem mantê-los na propriedade em boas condições. O produtor vê-se, assim, forçado a vender sua produção, o mais rapidamente possível, a intermediários que não têm qualquer relação consigo ou que lhe concedeu algum tipo de assistência ou crédito, por não poder esperar uma melhor época para a comercialização de seus produtos. Temos assim uma situação em que o produtor não possui "força" para impor seu preço, dado que o produto não vendido será perdido; interessa pois, ao produtor, vender sua produção o mais rápido possível, a fim de evitar perdas maiores. A situação de falta de autonomia, ou o que é o mesmo, a situação de dependência e carência dos pequenos produtores é vista aqui com bastante eloquência.

Há inúmeras causas para a deterioração dos produtos agrícolas. Entre as principais, cabe citar a ação dos microorganismos, insetos, roedores e pássaros, a atividade metabólica do produto, os danos mecânicos devidos à colheita, transporte e processamento do produto.

Os principais parâmetros a serem considerados no relativo à qualidade do produto armazenado são a temperatura e o teor de umidade.

Com relação a este último, sabe-se atualmente que, a partir de um certo teor de umidade no grão, sua atividade metabólica e a dos microorganismos a ela associados são praticamente eliminadas. Um valor que é considerado médio

para a maioria dos grãos é o de 12% bs, teor este que permite o armazenamento do produto a longo prazo.

Para que se obtenha um armazenamento de qualidade, a etapa da secagem é apresentada pela literatura como essencial. De sua correta condução depende em grande parte o êxito da etapa seguinte, a armazenagem, dado que os grãos são colhidos com teores superiores aos recomendados para serem armazenados com segurança e manutenção da qualidade.

A secagem consiste basicamente na retirada de parte da água do produto depois de colhido, até que este atinja o teor de umidade ideal para a armazenagem.

O teor de umidade do grão é um parâmetro básico da secagem, pois ele deve ser tal que não propicie a proliferação de microorganismos e pragas e a atividade metabólica (respiração) do produto, responsáveis pelas perdas já mencionadas ou deterioração do produto.

O conceito de "umidade de equilíbrio" é bastante importante nos estudos sobre a conservação dos grãos. Estes são materiais higroscópicos, o que significa que podem ceder ou absorver umidade do ar que os envolvem. O teor de umidade do ar refere-se à quantidade de água, sob a forma de vapor, contida no ar. É usualmente expressa como a razão entre a massa de vapor d'água em um dado volume de ar e a massa de gases (secos) no mesmo volume. Pode ser também expressa em termos de umidade relativa, que é a razão entre a pressão parcial do vapor d'água no ar a uma dada temperatura e a pressão de saturação do vapor para esta mesma temperatura. A

umidade de equilíbrio é a umidade que o grão possui para uma dada condição de temperatura e umidade do ar que o envolve. Diferentes produtos apresentam, portanto, diferentes teores de umidade para uma mesma condição do ar. A umidade de equilíbrio corresponde ao teor de umidade do grão em que os valores das pressões de vapor d'água no produto e no ar ambiente se igualam, o que faz com que se estabeleça um equilíbrio entre a absorção e a eliminação de água do produto em relação ao ambiente.

A secagem depende de vários fatores, sendo os principais os teores de umidade inicial e final (desejado) do produto, a quantidade de produto a ser seco, as condições do ar ambiente a ser usado na secagem (temperatura, umidade relativa) e a vazão do ar de secagem.

Conforme a forma de aplicação da energia ou a fonte da mesma, teremos diferentes tipos de secagem. Podemos, entretanto, classificar o processo de secagem em dois grandes tipos: solar e mecânico.

O primeiro pode ser ainda subdividido em: solar tradicional e não-tradicional.

O sistema de secagem solar tradicional é ainda dos mais utilizados nas regiões agrícolas de todo o mundo e no Brasil, calcula-se, é responsável pela secagem de 80% de nossa produção agrícola (TORRES (85)). Consiste em utilizar diretamente o calor do Sol para a desidratação dos produtos, que podem permanecer na própria planta ou serem colocados em terreiros após a colheita. Neste último método, o produto é

espalhado em camadas de até 15 cm. sobre uma área plana ensolarada e aí é deixado secar. É necessário revirar o produto ao longo do processo para que a secagem se processe de forma uniforme, e à noite é necessário juntar o produto e cobri-lo para que, com o orvalho, não venha a readquirir a umidade perdida durante o dia. Este método é bastante simples e barato, porém expõe o produto a possíveis causas de deterioração como mudanças bruscas no clima (por ex., chuva) e a perdas causadas por infestação de fungos, ataque de insetos ou aves, etc. Até recentemente, a secagem solar tradicional era a única forma de secagem agrícola utilizada no mundo e é hoje ainda, seguramente, a indústria de processamento agrícola mais comum e difundida.

No outro extremo do processo, tem-se os sistemas de secagem denominados mecânicos, que utilizam como fonte de energia para o aquecimento do ar de secagem, a energia elétrica, ou a proveniente da queima de lenha ou resíduos vegetais e de derivados do petróleo. O ar aquecido é forçado, então, por convecção geralmente promovida por ventiladores elétricos, através da massa de grãos a ser seca. Tais sistemas são recomendados aos grandes produtores de grãos, em virtude de seus altos custos e necessidade de mão-de-obra especializada para a operação e manutenção dos equipamentos.

Como alternativa para os pequenos e médios produtores, surgiram os equipamentos solares ditos alternativos ou não-tradicionais. Tem-se consolidado em anos recentes a opção

pelo uso do sistema de secagem solar via utilização de secadores solares para o aquecimento do ar de secagem. Este sistema conjuga os baixos custos e a facilidade de operação e manutenção, característicos do sistema de secagem solar tradicional, com a segurança para o produto e manutenção de sua qualidade, características da secagem mecânica. Os secadores solares fazem uso para seu funcionamento da radiação solar, da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente que, passando através de seus elementos constitutivos, é aquecido para os fins da secagem.

O interesse pelos secadores solares deveu-se também aos grandes aumentos de preço do petróleo na década passada e às perspectivas de, a médio prazo, deparar-se com uma crise real de abastecimento deste produto. No Brasil, por exemplo, a utilização de óleo diesel para a secagem de produtos agrícolas encontra-se proibida por lei (CNP-DIRAB-318).

Secadores solares

Podem ser de exposição direta, indireta ou mistos, segundo a útil classificação de TORRES (85). São de fácil manutenção e podem ser construídos com recursos disponíveis no próprio local, não exigindo utilização de mão de obra especializada.

Nos secadores de exposição direta, os raios solares incidem diretamente sobre o produto a desidratar. O processo

de secagem é rápido, pois a temperatura da chapa absorvedora pode atingir cerca de 100° C. Podem comprometer as qualidades do produto se o acompanhamento do processo não for cuidadoso.

Os secadores de exposição indireta são câmaras ligadas a coletores de ar quente com tiragem natural ou forçada. A temperatura dentro da câmara de secagem é mais baixa que as temperaturas dos secadores de exposição direta o que torna o período de secagem maior. O produto seco em geral conserva bem suas qualidades nutritivas e organolépticas.

Os secadores mistos são câmaras que recebem diretamente a radiação solar, acopladas a coletores de ar quente.

A secagem de grãos realiza-se, na maioria dos casos, na faixa de temperatura entre 35° e 50° C, o que torna viável a utilização de coletores solares planos de baixo potencial, isto é, coletores onde não há a concentração da energia solar. Este tipo de coletor apresenta características importantes para a aplicação na zona rural, particularmente para os pequenos produtores : baixo custo de construção, custo de manutenção bastante reduzido e bom rendimento na faixa de utilização.

O coletor plano é constituído basicamente por uma superfície que absorve a radiação solar (direta ou difusa) com a qual entra em contato um fluido que dela recebe o calor. É este fluido que, ao entrar em circulação natural ou forçada, vai fornecer o calor utilizável para o processo de secagem.

Há vários tipos de coletores planos nos quais o fluido utilizado é o ar. Dentre eles, podemos citar :

1. placa absorvedora descoberta;
2. placa absorvedora coberta com canal único;
3. placa absorvedora coberta e suspensa, com fluxo de ar acima, abaixo ou em ambos os lados da placa.

O rendimento do coletor depende em grande parte de sua correta localização e posicionamento em relação aos raios solares. As perdas por reflexão, por exemplo, são minimizadas com um posicionamento perpendicular do coletor em relação a eles. Opta-se, em geral, por posicionar o coletor em uma inclinação média constante durante todo o ano, pois os dispositivos de acompanhamento do Sol são muito caros, sendo compensador utilizá-los atualmente apenas para os coletores concentradores.

A eficiência de um coletor é afetada por diversos fatores, tais como :

- a diferença entre a temperatura média do fluido no coletor e a temperatura ambiente;
- a taxa de fluxo do fluido;
- a velocidade do vento;
- o isolamento do coletor;
- o material da cobertura;
- as propriedades do absorvedor.

A superfície absorvedora (ou absorvedor) é geralmente negra para favorecer a absorção e encontra-se instalada em uma caixa isolada termicamente, com sua face superior

exposta às radiações. Um bom absorvedor tem as seguintes características :

- absorve uma elevada porcentagem da radiação;
- perde um mínimo de energia para a área ao redor do coletor;
- transfere a energia absorvida para o fluido coletor com a maior eficiência possível.

Uma cobertura, colocada na face superior da estrutura do coletor sobre a superfície absorvedora, transparente para a radiação solar de ondas curtas e opaca para as ondas longas emitidas por esta, cria o chamado "efeito estufa" que retém o calor dentro do coletor. A cobertura é feita de plástico transparente ou vidro, excelente material para os fins em vista, porém muito caro. Suas principais funções são diminuir as perdas por convecção por efeito do vento e promover o "efeito estufa" por redução das perdas de calor por irradiação de ondas longas.

O coletor solar, por permanecer exposto ao tempo, deve ser construído com uma estrutura forte o suficiente para resistir às condições climáticas adversas.

Deve possuir também um correto isolamento em sua parte inferior para diminuir as perdas de calor por condução. Os materiais mais frequentemente utilizados em sua construção, na zona rural, são o ferro e a madeira.

A energia solar

A energia solar é proveniente das reações termonucleares que ocorrem no núcleo do Sol. Esta energia é transmitida, em sua maior parte, sob a forma de ondas curtas. A radiação, quando atinge um material, passa através dele, é refletida ou absorvida. Esta última parcela é a responsável pelo aquecimento dos materiais.

Da energia solar total que atinge nosso planeta, cerca de 50% é refletida pela atmosfera; o restante alcança a superfície na forma de radiação direta e difusa.

A radiação direta é a fração da energia solar que atinge diretamente a superfície terrestre, sendo que em dias claros alcança cerca de 80% da radiação recebida. Com a presença de nuvens, a maior parte da radiação incidente é difusa, chegando a constituir a totalidade da radiação recebida em dias totalmente nublados.

A quantidade de energia solar disponível é principalmente uma função da latitude e da estação do ano e é prevista em função das medições efetuadas ao longo dos anos pela rede de postos meteorológicos espalhada pelo estado e pelo país.

Para estimá-la a melhor maneira é utilizar a média da radiação solar recebida durante alguns anos no local em estudo e considerar que esta média será também recebida no futuro.

Anualmente o Sol envia à superfície terrestre energia equivalente a mais de 15 mil vezes o uso anual de energia no mundo e a mais de 10 vezes o total mundial de reservas de combustíveis fósseis e urânio. A natureza difusa desta forma de energia, contudo, impõe grandes obstáculos técnicos e econômicos para sua exploração comercial. A energia solar possui baixa concentração e intensidade e só é disponível a intervalos regulares, não ininterruptos.

Há já condições para o aproveitamento da energia do Sol principalmente em aplicações térmicas. A curto prazo, os "sistemas solares" de pequena dimensões oferecem as melhores condições para o aproveitamento da energia solar, visto que o custo e a complexidade, e também em alguns casos a ineficiência, aumentam na mesma proporção em que aumenta a temperatura requerida.

Por suas características, a aplicação da energia solar à agricultura é bastante promissora. Podemos distinguir as aplicações diretas da energia solar, que consistem em captar e utilizar de alguma forma diretamente a radiação solar, e as indiretas, onde iremos encontrar as formas de aproveitamento do vento, da biomassa produzida através da fotossíntese até a exploração dos gradientes de temperatura da água dos oceanos.

Entre as possíveis aplicações, podemos citar :

- secagem de alimentos;
- produção de biogás, via produção vegetal e animal;

- produção de energia mecânica ou elétrica, através de máquinas térmicas solares ou engenhos eólicos (bombeamento de água, produção de eletricidade, etc.);
- cocção de alimentos, através de coletores concentradores;
- conservação de alimentos utilizando refrigeradores movidos a energia solar.

A energia eólica

A energia eólica é, seguramente, a forma mais antiga de utilização indireta da energia do Sol. A atmosfera terrestre constitui uma camada de ar de cerca de 20 bilhões de km³ que serve como um armazenador da energia solar. Os ventos são consequência do movimento das massas de ar provocado pelos diferentes graus de aquecimento que estas sofrem sob a irradiação solar e da rotação terrestre.

Foi utilizada inicialmente na navegação e nos primitivos moinhos. Estes parecem haver sido criados na Pérsia, há cerca de 2.000 anos atrás, para moer grãos e bombear água.

A energia dos ventos é renovável e é também uma forma de energia caracterizada por sua grande dispersão espacial e inconstância no tempo.

Coletores eólicos corretamente dimensionados e posicionados podem atingir elevados "outputs" energéticos

com um impacto climático e ambiental excepcionalmente reduzido. Os cataventos não geram poluição, nem resíduos danosos e tampouco barulho. Os principais impactos da utilização de equipamentos eólicos são os relacionados com a mineração e o refino dos metais necessários para sua construção, impactos estes associados com praticamente todas as fontes de energia. De fato, é difícil imaginar uma fonte energética mais "limpa", segura e "branda" do ponto de vista ambiental.

Os maiores problemas associados à obtenção de energia eólica dizem respeito às propriedades físicas do ar. A densidade do ar é pequena, o que faz com que os equipamentos projetados para obter apreciáveis quantidades de energia a partir da movimentação do ar devam ser capazes de interceptar grandes áreas, ou seja, que tão-somente os requerimentos de tamanho já apresentam limitações para sua utilização.

O ar é, também, geralmente bastante instável e imprevisível. Diferentemente da água, as correntes de ar não podem ser facilmente concentradas através de uma canalização, nem estocadas para o armazenamento da energia; talvez mais importante ainda é o fato de que elas mudam de direção, velocidade e intensidade com muita frequência e sem prévios avisos.

Em relação ao uso mundial de energia, a energia eólica responde por uma baixa porcentagem do total, embora sua utilização não seja insignificante em alguns casos

particulares, tais como em moinhos, para o bombeamento de água para a irrigação e para a geração de eletricidade (especialmente nos países nórdicos). A invenção da máquina a vapor e, posteriormente, dos motores de combustão interna, cujo crescimento vertiginoso deveu-se em grande medida à disponibilidade de petróleo a baixo custo, deslocou os cataventos para uma utilização marginal. (Nota 1)

Há falta de incentivos e de pessoal capacitado para a pesquisa em energia eólica nos países do 3º Mundo em geral. Nestes países suas aplicações mais comuns têm sido o bombeamento de água e a geração de energia elétrica na faixa de 1 a 10 kW.

Há dois tipos básicos de cataventos : os de eixo horizontal e os de eixo vertical. Durante os últimos mil anos, o campo tem sido dominado pelo modelo de moinho conhecido como tipo Holandês (eixo horizontal). De anos recentes para cá, entretanto, este predomínio tem sido disputado por outros modelos. Dentre eles, encontram-se os modelos de eixo horizontal com uma, duas ou três pás e ainda os multi-pás.

A nível de aplicações, encontram-se os multi-pás sendo utilizados para a geração de energia mecânica, devido a suas baixas velocidades e alto torque, no bombeamento de água e na moagem de grãos, principalmente. Os outros modelos são utilizados para a geração de eletricidade, que não exige altos torques, mas sim altas velocidades.

Dentre os modelos de eixo vertical, encontram-se os rotores tipo Savonius, Darrieus, etc. Este último tem encontrado aplicação preferencial na geração de eletricidade, devido também às altas velocidades que atinge e pela principal característica diferencial que os cataventos de eixo vertical apresentam em relação aos de eixo horizontal, que é a de poderem movimentar-se independentemente de qual seja a direção do vento, característica também conhecida como omnidirecionalidade.

Há também possibilidades de se utilizar cataventos para a movimentação do ar em sistemas de secagem ou armazenagem. Esta movimentação é feita nos sistemas de secagem solar, via de regra, insuflando-se o ar ambiente através do sistema com um ventilador elétrico. Esta é uma limitação presente na maioria dos sistemas de secagem, via energia solar, que visam atender os pequenos agricultores, pois nos últimos 35 anos, a eletricidade, na forma de programas de eletrificação rural, tem sido implementada como solução para atender à demanda energética do setor rural nos países do 3º Mundo, inclusive no Brasil. A introdução da energia elétrica, orientada segundo o atual estilo de desenvolvimento, tem apresentado, entretanto, um importante viés a nível social. Por ser acessível somente àqueles agricultores já capitalizados e próximos aos centros produtores, tem contribuído para acentuar as desigualdades no campo. Os pequenos produtores não possuem o capital necessário para fazer uso da eletricidade, pois é muito caro estender as

redes de distribuição a áreas remotas, onde as demandas são muito reduzidas, e é justamente esta a característica típica do setor rural.

Nota 1 : Para um histórico muito interessante dos cataventos, vide CHEREMISINOFF (22).

O rotor Savonius :

Este catavento com secção transversal em "S" foi desenvolvido na década de '20 pelo engenheiro finlandês S.J.Savonius para bombeamento de água (VILLAÇA(92)). No sistema em foi aplicado, o rotor era fixado em um eixo que girava sobre dois rolamentos. O rolamento superior estava situado praticamente no meio do rotor e os esforços eram, portanto, suportados diretamente, sem auxílio de alavanca. O tubo sustentador era fixado no mastro da torre de sustentação do rotor para se conseguir a necessária distância (altura) do solo. A força aplicada ao eixo era constante e orientada diretamente para baixo, em direção ao plano da base. Não existiam engrenagens, alavancas, etc; apenas um eixo de rotação reto. As perdas por fricção e transmissão, portanto, eram insignificantes se comparadas às dos moinhos de vento. Os modelos menores do novo rotor trabalhavam sem regulagem de velocidade e os maiores eram regulados por meio de freios a ar, que consistiam em pequenas aletas que se abriam na superfície das palhetas do ventilador quando a velocidade pré-determinada era excedida. Estas aletas eram ativadas pela força centrífuga e a regulagem não era dependente da velocidade do vento, mas somente da velocidade de rotação; como consequência, eles movimentavam-se suavemente, mesmo para ventos fortes.

É possível ainda seleccionar a velocidade de rotação dentro de um limite bastante amplo para as diferentes

classes de trabalho. Um rotor, por exemplo, de grande diâmetro (D) e comparativamente curto em comprimento (H) - pequena relação H/D - irá movimentar-se com uma baixa velocidade e será adequado para uma carga intensa. Um rotor de igual área, porém longo e de pequeno diâmetro (elevada relação H/D), terá uma velocidade muitas vezes maior, sendo portanto mais indicado para trabalhos como a geração de eletricidade.

O Savonius tem provado ser um modelo adequado para aplicações na zona rural do 3º Mundo, devido à simplicidade de construção no local (pode ser feito, por exemplo, usando-se um tambor de óleo cortado ao meio no sentido longitudinal), ao seu baixo custo inicial e de manutenção, à facilidade de operação, além de movimentar-se com ventos vindos de qualquer direção, não apresentar problemas de balanceamento e ter um bom torque inicial. (BODEK (7) e CONGDON (23))

O Savonius, apesar de criado já na década de vinte, não recebeu um estudo mais aprofundado de seu desempenho e posteriormente caiu em desuso, devido, principalmente, ao fato já assinalado da penetração maciça das tecnologias baseadas no uso intensivo do petróleo e seus derivados. Em anos recentes, e fundamentalmente após o choque do petróleo e o surgimento da questão ecológica, renovou-se o interesse pela energia eólica e, conseqüentemente, por seus equipamentos.

Após testes em túnel de vento na FEC/UNICAMP, ISMAIL et alii (44), com um modelo reduzido de Savonius, concluíram que a excentricidade das pás do rotor é muito importante para a potência gerada por ele e que, para seu comportamento aerodinâmico, a excentricidade ótima foi estimada em 15%. Além disso, constataram que a relação altura/diâmetro (H/D) das pás do rotor também exerciam grande influência no desempenho do equipamento e que para cada velocidade de rotação há uma relação H/D na qual é gerada a máxima potência.

TOHA et alii (84) realizaram ensaios em túnel de vento na Universidade do Chile com diversos modelos de rotores, alterando-se em cada um deles a separação, o espaçamento e a forma do perfil, mantendo-se a relação H/D próxima da unidade. De todos os modelos ensaiados o que apresentou maior potência foi o rotor de perfil circunferencial, com separação igual ao diâmetro e espaçamento igual a $D/3$. Este modelo foi aplicado a um projeto de cultivo de algas da mesma Universidade, que tem como objetivo produzir proteínas não-convencionais baratas e de alta qualidade.

BODEK (7), pesquisador do BRACE RESEARCH INSTITUTE, realizou testes com o rotor Savonius para testar sua aplicação ao bombeamento de água e concluiu que, sem a mesma eficiência que seus similares de eixo horizontal, apresentava, entretanto, condições satisfatórias para tal aplicação a zonas rurais dos países do 3º Mundo.

WAGNER (93), dentro de um projeto para aplicação de energia eólica à irrigação na cidade de Campos (RJ), testou modelos Savonius no túnel de vento da COPPE/UFRJ e chegou a algumas importantes conclusões; dentre elas, cabe citar :

- os rotores de duas pás alcançaram rendimento aerodinâmico significativamente superior aos modelos de três pás, independentemente de seu desenho;
- as pás de configuração semi-elíptica proporcionaram um melhor desempenho que as pás semi-cilíndricas;
- os rotores de duas pás semi-cilíndricas alcançaram maiores rendimentos para valores D/H entre 6,9 e 9,6.

O referido autor considera, além disso, que a baixa velocidade de rotação do aparelho contribui substancialmente para a minimização dos problemas de vibração frequentemente verificados em cataventos, enquanto que a simplicidade estrutural e a robustez do projeto colocam este catavento em posição privilegiada do ponto de vista da vida útil e do custo do aparelho.

Equipamentos para secagem e armazenagem

Segundo um documento publicado pelo BRACE RESEARCH INSTITUTE (8) , dentre as possibilidades de aperfeiçoar os métodos tradicionais de secagem de produtos agrícolas usando energia solar, os sistemas de secagem bastante promissores

são aqueles nos quais o ar, aquecido pela energia solar, é forçado através da massa do produto impulsionado pela convecção natural promovida por gradientes de temperatura, auxiliada, se possível, pelo vento.

EXELL & KORNSAKOO (29) desenvolveram um secador solar de arroz de baixo custo. é um secador composto por uma câmara de secagem e um aquecedor de ar via energia solar, que utiliza a convecção natural do ar para a movimentação do ar de secagem. No presente trabalho, todo o sistema foi desenhado de forma a poder ser construído pelo pequeno agricultor com materiais disponíveis na propriedade. Utilizou-se casca de arroz queimada como absorvedor do coletor solar, por exemplo, ao invés das caras chapas de metal pintadas de preto.

O sistema foi instalado na Tailândia, onde, na época da colheita do arroz, a temperatura média atinge 25° C e a umidade relativa média atinge 78%. Nestas condições, o teor de umidade de equilíbrio do arroz é de 14,4% bu; na colheita, seu teor é de cerca de 20 a 25% bu.

O produto a ser seco é colocado no interior da câmara de secagem e espalhado em uma camada homogênea. A saída desta câmara é aberta ao ambiente e tem 0,1m². O ar aquecido atravessa o secador devido ao efeito chaminé, ou seja, ocorre a movimentação do ar de secagem através do coletor, onde o ar é aquecido, e da camada de grãos, onde este ar promove as trocas de calor e massa que caracterizam o processo de secagem. O coletor é coberto com um plástico

transparente e a camada de grãos é colocada sobre uma tela de plástico apoiada em uma treliça de madeira, em um recinto fechado nas laterais por plástico, para evitar problemas com a chuva. A área da câmara é de 1m^2 e os 4 testes realizados utilizaram camadas de grãos de 50, 100, 150 e 200 mm.

A umidade inicial do produto era de 20% bu e constatou-se que a secagem adequada ocorreu para as espessuras de camada de 50 e 100 mm, onde a secagem processou-se em 2 dias. Na camada de 150 mm também a secagem ocorreu de forma razoável, tendo levado entre 2 e 3 dias, enquanto na de 200mm, houve uma pequena redução de 3,4% no teor de umidade em 4 dias, o que não foi considerado como uma correta secagem. A capacidade do secador é de 80 kg/m^2 de camada de grãos. Foram feitos também testes de moagem após a secagem e constatou-se que houve aí um rendimento semelhante ao do arroz seco em secadores comerciais e superior ao produto seco em terreiro. Este é um dado importante, visto que este rendimento é o que determina o preço que o agricultor poderá conseguir por seu produto.

Os mesmos autores, EXELL & KORNSAKOO (30), desenvolveram no ano seguinte um secador de arroz que utiliza também um coletor solar para o aquecimento do ar de secagem e uma chaminé para promover sua convecção e passagem através do leito de grãos (vide Figura 1). O coletor possui uma estrutura de madeira ($3,6\text{m} \times 4,8\text{m}$) sobre a qual foi espalhada casca de arroz queimada para servir como absorvedor e uma cobertura plástica transparente . Uma

camada de 0,15m de grãos, espessura máxima admitida para este sistema (não foi possível fazer o ar atravessar camadas mais grossas), foi colocada em uma câmara de secagem de 1,2m x 4,8m x 0,3m, construída a 1,0 m do chão, com um fundo de chapa de ferro de 0,8mm de espessura com orifícios de 1,5mm de diâmetro para a passagem do ar. A chaminé foi construída com bambu pintado de preto com o objetivo de aumentar a absorção da radiação solar.

Verificou-se que o tempo necessário de secagem depende da profundidade da camada, do teor de umidade inicial do produto e das condições de temperatura e umidade ambientais. Neste sistema, segundo os dados obtidos pelos autores, podem-se secar cerca de 500 kg de grãos em um dia, havendo boas condições de insolação e, em dois ou três dias, com condições de clima adversas, ocorrendo uma redução da umidade do produto de 22% bu para 14% bu. A temperatura de secagem, advertem os autores, não deve exceder os 45° C, o que pode ser feito, em dias muito ensolarados, cobrindo-se o coletor, pois valores de temperatura superiores a este valor causariam a quebra dos grãos, com a consequente diminuição de seu valor comercial.

LAWAND (50), pesquisador do BRACE RESEARCH INSTITUTE do Canadá, estudou um sistema de secagem, que foi instalado na Turquia, que utiliza a energia solar para o aquecimento do ar e um ventilador, acionado pelo vento, para sua movimentação (vide Figura 2). O coletor solar é constituído por uma caixa plana pintada de preto coberta por plástico ou

vidro e é instalado na parte inferior da câmara de secagem. Uma tela de arame pintada de preto foi colocada no interior do coletor, entre a cobertura e o absorvedor, com o objetivo de aumentar a eficiência do equipamento, que alcançou assim o valor de 75%. A câmara de secagem, construída em madeira e pintada de preto, possuía 12 bandejas e folhas transparentes nas faces leste, oeste e sul para aumentar a insolação sobre o produto a ser seco. O ventilador, um catavento de pás inclinadas de formato semi-esférico, foi instalado na parte superior da câmara, na extremidade de um tubo cujo objetivo era o de promover o "efeito chaminé". Foram feitos testes com quiabo, abóbora, beringela, inhame, pasta de tomate e couve. Para a couve e o quiabo, o tempo de secagem foi, respectivamente, 20% e 58% menor que o necessário para a secagem em terreiro e o produto final apresentou melhor qualidade que no sistema tradicional. As temperaturas ambientais variaram entre 30 e 34° C, as temperaturas de secagem entre 36,2 e 58,4° C e o coletor apresentou eficiência de 64 a 88%, definida como a razão entre o calor absorvido pela corrente de ar e a energia transmitida através da cobertura.

OLIVEIRA FILHO (55) estudou vários tipos de secadores solares: do tipo estufa, com e sem chaminé, de tipo rotativo (modelo UFV-JPC-1) com 3 espessuras distintas (5, 10 e 15 cm) e de tipo convecção natural do ar. O primeiro tipo citado consiste basicamente de uma câmara coberta por um plástico transparente e estrutura interna pintada de preto.

Com o aumento da temperatura no interior da câmara, o ar é aquecido e, em contato com o produto, é umidificado, saindo então pelas aberturas superiores ou pela chaminé por convecção natural, forçando assim a entrada de ar ambiente pelas aberturas inferiores. Os de tipo rotativo (vide Figura 3) consistem de caixas cujas laterais são abertas ao ambiente, cobertas por arame; a estrutura gira sobre um eixo a fim de buscar a maior insolação possível. O secador à base de convecção natural foi desenvolvido por Sinício e Roa, segundo descrição do autor.

Entre todos os secadores testados neste trabalho, os melhores resultados para a secagem de milho e cebola foram obtidos pelo secador tipo estufa sem chaminé. Os testes com as raspas de mandioca não obtiveram resultados satisfatórios, havendo ocorrido alto índice de deterioração do produto. Os mais altos índices de evaporação de água do produto por unidade de área do secador ocorreram nos secadores rotativos.

Alguns resultados para a secagem de milho, distribuídos em três períodos (30/6 a 8/7, 13/7 a 22/7 e 27/7 a 3/8/1982) são transcritos no quadro 8. Não é possível fazer, entretanto, uma comparação e uma avaliação destes valores, dado que a carga por unidade de área é muito diferente de um tipo de secador para outro.

FARONI et alii (31) realizaram três testes de secagem de milho, utilizando três métodos diferentes. Em um deles, o produto foi seco na própria planta e aí permaneceu depois;

no segundo, a secagem deu-se também na própria planta, porém o produto foi depois armazenado em paiol e no terceiro, foi utilizado um coletor solar de 3m^2 , construído em alvenaria e blocos de concreto, e um ventilador elétrico centrífugo de $1/3$ HP, capaz de promover uma vazão de $4\text{m}^3/\text{min} \times \text{ton}$. Neste sistema foi utilizado ainda um silo-secador de $1,25\text{m}$ de diâmetro $\times$ $1,65\text{m}$ de altura, com capacidade para $1,8$ ton. de grãos. Foi constatado que a secagem e a armazenagem no silo-secador apresentaram menores índices de infestação e maiores índices de germinação do produto que os outros métodos.

SANTOS (77) construiu, com materiais de baixo custo, um coletor solar de 60 m^2 , que utilizou um leito de pedras britadas pintadas de preto como elemento absorvedor e usou-o para a secagem de 55 ton de soja contidas em um silo metálico, de um teor inicial de $17,2\%$ bu até o teor final de 12% bu. O autor fez também a comparação de desempenho entre este coletor absorvedor e um coletor plano de placa absorvedora e concluiu que o primeiro apresenta vantagens quanto ao custo por unidade de área, ao armazenamento do calor e à área necessária para o mesmo aumento da temperatura, e desvantagens em relação à facilidade de transportar o coletor de um local para outro, pelo fato de não poder ser construído em módulos como o coletor de placa absorvedora.

Um último exemplo temos em PEREIRA et alii (62), que desenvolveram um secador que utiliza convecção natural para a movimentação do ar de secagem e queima de madeira e

resíduos agrícolas para o aquecimento deste (vide Figura 4). Este secador é composto por uma câmara de secagem (A), uma câmara para a uniformização da temperatura do ar de secagem (B), um queimador-trocador de calor (C), trocadores de calor adicionais (D), uma chaminé para a retirada dos gases da combustão (E), uma entrada de ar (F), uma estrutura perfurada de tela de arame de 1,5mm x 1,5 mm (H), um estrado de fixação da estrutura perfurada (G), uma porta de entrada da câmara B (J), uma câmara de distribuição dos gases da combustão (K) e uma regulagem da saída dos gases (L). Nos testes realizados, os autores constataram que a temperatura do ar de secagem, medida logo abaixo da placa perfurada G elevava-se a 80° C após 20 min. de operação, que era necessário o revolvimento da massa de grãos para a obtenção de uma secagem uniforme, que este revolvimento era tanto mais necessário quanto maior fôsse a temperatura de secagem e que a eficiência térmica do secador aumentava com a secagem sucessiva de lotes do produto.

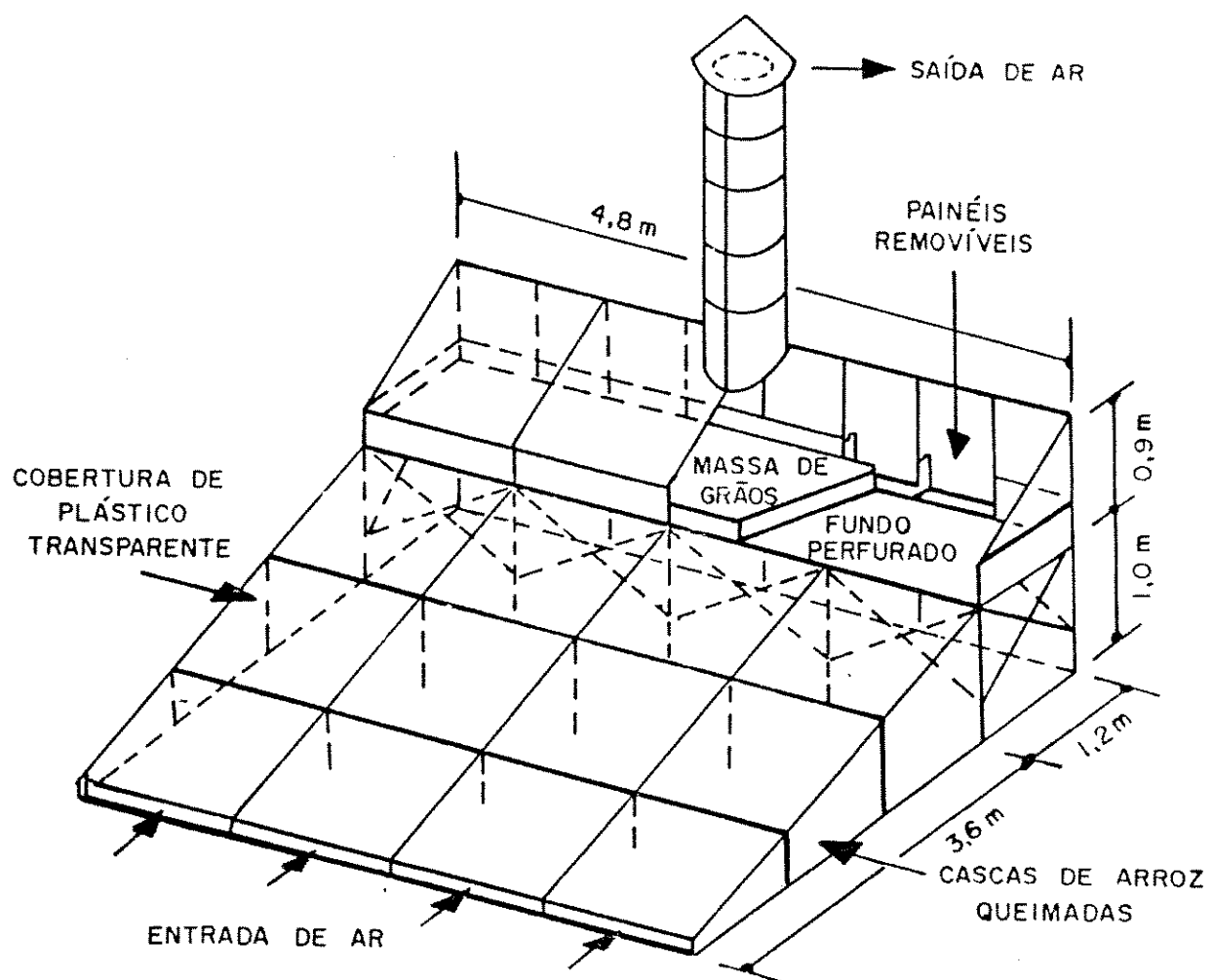


Figura 1= Secador de arroz com coletor solar e chaminé

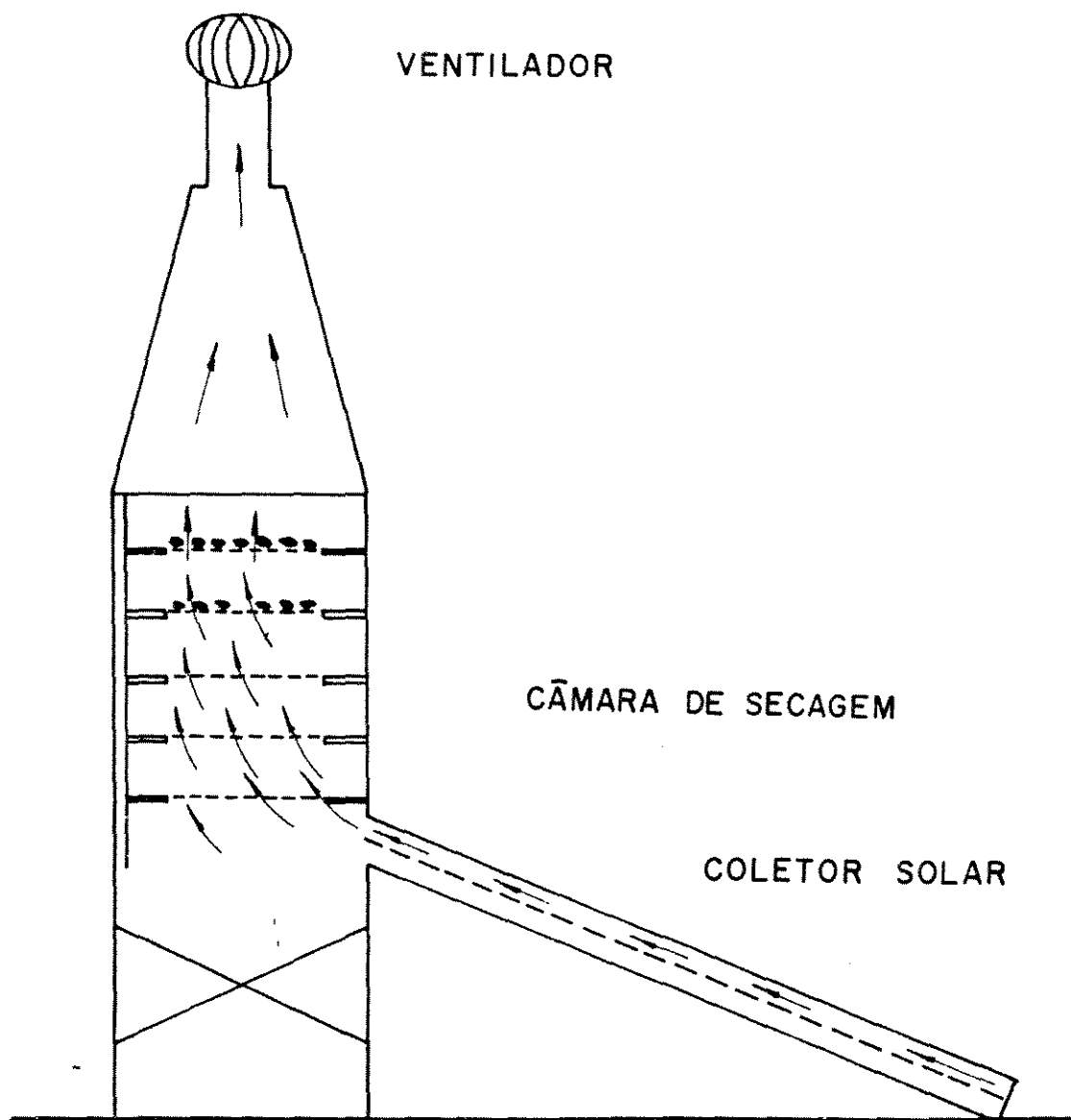


Figura2= Sistema de secagem com coletor solar e ventilador acionado pelo vento

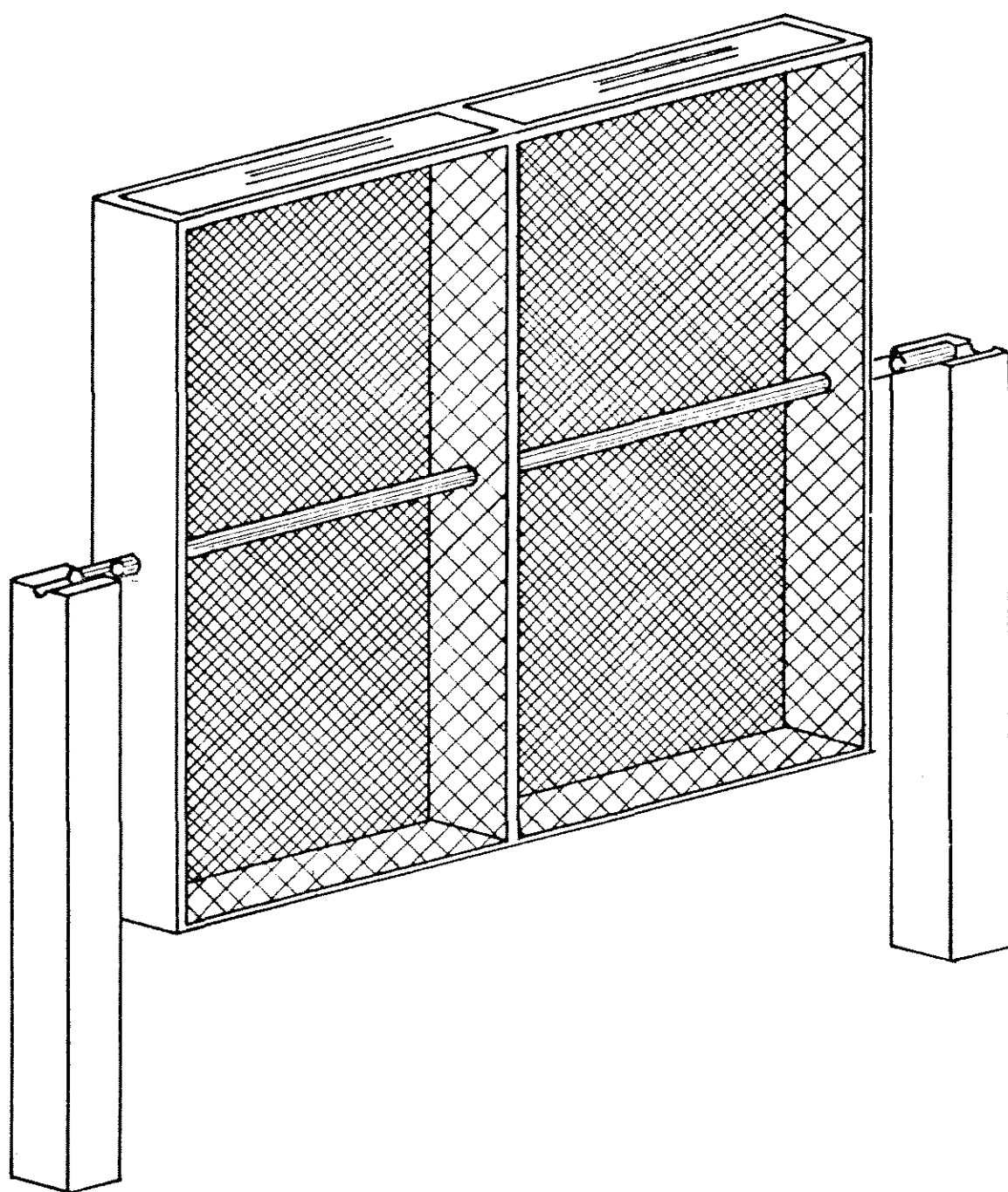


Figura3= Secador solar de tipo rotativo UFV — JPC-1

Secador	estufa s/chaminé	estufa c/chaminé	UFV-JPC-1 (5cm)	UFV-JPC-1 (10cm)
<u>Teste 1</u>				
Umidade inicial(%bs)	21,74	21,74	21,74	21,74
Umidade final(%bs)	12,78	14,60	14,29	16,09
kg de produto por m ² secador	10,386	10,662	30,903	62,430
<u>Teste 2</u>				
Umidade inicial(%bs)	21,03	21,03	21,03	21,03
Umidade final(%bs)	13,83	14,24	14,61	15,52
kg de produto por m ² secador	16,722	16,568	35,460	62,771
<u>Teste 3</u>				
Umidade inicial(%bs)	19,59	19,59	19,59	19,59
Umidade final(%bs)	13,64	14,11	14,64	15,92
kg de produto por m ² secador	16,722	16,568	47,362	80,208

Quadro 8 - Resultados para a secagem
de milho

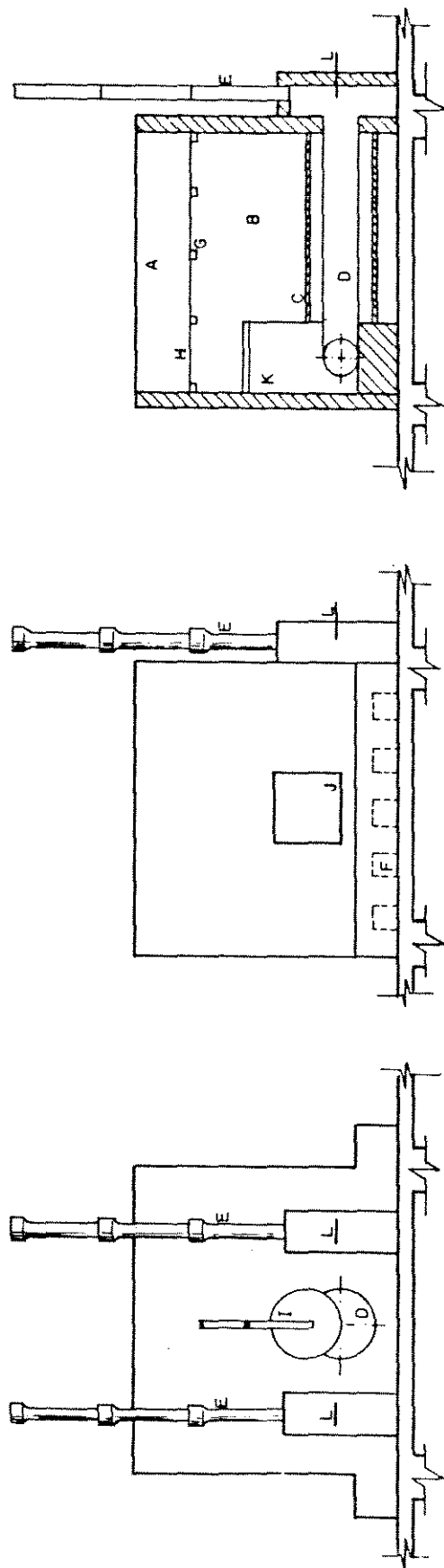


Figura 4= Esquema do secador com ar movimentado por convecção natural.

MATERIAL E MÉTODOS

O Sistema integrado para secagem-armazenagem de produtos agrícolas é composto por :

- um coletor solar;
- um coletor eólico (catavento) acoplado a um ventilador centrífugo;
- um silo-secador-armazenador.

Processo

O silo é carregado com o produto através de uma abertura na parte superior.

O vento aciona o conjunto catavento-ventilador que succiona ar do ambiente para dentro do silo, que se caracteriza então como câmara de secagem e armazenagem. O ar ambiente, antes de entrar no silo-secador, atravessa o coletor solar e é aquecido, o que cria melhores condições de secagem para este ar, ao diminuir sua umidade relativa. A utilização da energia solar tem como principal objetivo aqui conferir um maior potencial de secagem ao ar ambiente utilizado no processo.

A movimentação do ar é aqui obtida pela utilização do conjunto catavento-ventilador centrífugo. Tradicionalmente, tal movimentação é obtida ou por convecção natural, isto é,

aquela obtida pela diferença de densidade do fluido, ou por convecção forçada, na maior parte dos casos promovida pelo uso de ventiladores acionados pela energia elétrica. A energia elétrica, porém, não se encontra disponível para o conjunto das propriedades rurais, especialmente para as pequenas.

Na tentativa de substituir os ventiladores elétricos, pode-se optar pelo uso do princípio da chaminé, em que um tubo para a exaustão do ar de secagem, geralmente pintado de preto para aumentar a absorção de calor do sol, é acoplado ao secador a fim de promover uma diferença de densidade do ar entre a entrada e a saída do secador, ou então pelo uso de coletores eólicos para o acionamento dos ventiladores, traço que define o equipamento estudado.

Esta segunda opção pode conceitualmente ser considerada convecção natural, pelo fato de que é uma convecção laminar, devida à grande perda de carga provocada pela camada de grãos (principalmente em função da altura) e pela baixa vazão do ar de secagem.

Produto

A escolha do feijão deveu-se aos seguintes fatores :

- tem papel primordial na dieta do brasileiro;
- é fonte proteica e energética de boa qualidade;

- é bastante plantado no país, principalmente pelos pequenos e médios produtores.

Coletor solar

O coletor construído (Figura 5) foi acoplado diretamente ao plenum na base do silo, respeitando-se as recomendações técnicas quanto à orientação da superfície absorvedora na latitude de realização do experimento. O ar é aquecido ao passar entre a cobertura e o fundo de placas absorvedoras aquecidas.

É de tipo plano, com dez placas absorvedoras, feitas de uma mistura de cimento, areia e flocos de isopor (30% em volume, a fim de diminuir o peso das placas e a condutividade térmica para minimizar as perdas de calor), pintadas de preto fosco para melhor absorver a radiação solar. As placas foram colocadas em uma estrutura de madeira, coberta por um filme plástico transparente que tem por objetivo promover o efeito estufa.

Suas dimensões são : comprimento = 2,00 m

largura = 0,80 m

altura = 0,13 m

Optou-se pela utilização de um coletor barato e de construção simples. Dentre os modelos, o escolhido, de placa

coberta com canal único de fluxo, apresenta maior eficiência que os coletores de placas descobertas.

Coletor eólico

O modelo escolhido foi o Rotor "Savonius" conjugado ao rotor de um ventilador centrífugo de 12 pás (Figura 6).

Características do modelo :

- omnidirecionalidade;
- baixa inércia de repouso;
- baixa inércia de movimento.

Possui vantagens no que diz respeito :

- ao baixo custo;
- à facilidade de construção;
- à simplicidade de operação;
- à robustez;
- à possibilidade de ser construído com materiais geralmente disponíveis na propriedade rural (por ex., latões de óleo).

O rotor "Savonius" empregado aqui constitui-se de duas aletas (um tubo de alumínio de 5" cortado ao meio no sentido longitudinal), fixadas em dois discos de alumínio, formando um "S". O ventilador é montado conjuntamente ao disco, na parte inferior do catavento e possui um rotor com 12 (doze) pás retas, que gira sobre rolamentos fixados à estrutura. A descarga do ar é aberta ao ambiente.

O conjunto é fixado a um eixo central acoplado a dois rolamentos auto-compensadores situados em suas extremidades, sendo o eixo sustentado por uma barra de alumínio fixada ao tubo de sucção. Uma estrutura de 3 (três) flanges de madeira acopladas a dois tubos de alumínio complementam a função de sustentação do conjunto.

O conjunto catavento-ventilador é fixado à parte superior do silo pela extremidade inferior do tubo de sucção e também por quatro tirantes, sustentados por duas braçadeiras colocadas uma em cada tubo de sustentação lateral.

Os Silos

Modelo :

Como primeiro objetivo dos testes experimentais encontrava-se a avaliação da viabilidade da utilização do sistema. Para estes testes, utilizou-se um silo-armazém, aqui denominado "modelo" (Figura 7), com capacidade para 500 kg de produto, construído com compensado naval, de secção transversal quadrada, com um fundo de tela metálica e um "plenum" em sua parte inferior para melhorar a distribuição do ar antes que este atravessasse a massa de grãos.

O "protótipo" foi desenvolvido em seguida ao primeiro teste com o modelo, pois este deteriorou-se após os primeiros meses de teste, além de não haver permitido uma distribuição homogênea do ar em seu interior.

Protótipo :

Trata-se de um silo com capacidade para 1 (uma) tonelada de produto, construído em estrutura metálica de cantoneiras de ferro, chapas de cimento-amianto, madeira, tubos de PVC e chapa galvanizada (Figura 8).

Construiu-se, inicialmente, a base (pés) em madeira de secção retangular de 12 x 8 cm, sendo fixada com tábuas transversais.

Na estrutura do silo foram utilizadas cantoneiras de ferro soldadas. A seguir foi encaixado o fundo de chapa de ferro galvanizado contendo 9 (nove) furos para posterior encaixe dos componentes de distribuição interna do ar de secagem. Em suas laterais foram fixadas, com parafusos, chapas de cimento-amianto que foram, em seguida, calafetadas em suas junções, para evitar vazamentos e infiltrações.

Na cobertura do silo foi utilizada uma estrutura de cantoneira de ferro soldada de duas águas, construídas em madeira e impermeabilizadas a seguir. Ainda na cobertura, foi fixado um sistema de gaveta, construído em madeira, para o acoplamento do tubo de sucção, com o qual se pode interromper o fluxo do ar.

Na parte inferior do silo foi instalada uma saída para a descarga dos grãos. Para facilitá-la, a inclinação do fundo do silo é igual ao ângulo de talude do produto a ser seco e/ou armazenado. Ainda na parte inferior do silo foi construído um "plenum", acompanhando a inclinação do mesmo e com uma abertura para a conexão com a saída do coletor solar. Nesta construção utilizaram-se, para seu fechamento, molduras de ferro e placas de cimento-amianto.

Para melhorar a distribuição do ar de secagem no interior do silo, foram utilizados 9 (nove) tubos de PVC perfurados. O número de furos é diminuído gradativamente no sentido ascendente para compensar as menores perdas de carga devidas à diminuição da altura da camada de grãos.

Para evitar o super-aquecimento nas paredes do silo devido à insolação, estas foram pintadas em sua face externa com tinta de cor clara.

Tomadas de dados :

Os testes foram realizados no CTAA/EMBRAPA, no Rio de Janeiro, RJ, e foram verificados e registrados os principais parâmetros envolvidos na secagem e armazenagem de grãos, com o objetivo de avaliar a viabilidade do sistema aqui proposto e levantar dados para uma tentativa de modelagem matemática do processo.

Foram medidas durante os testes :

- as temperaturas do ambiente (b.s.), no plenum, no coletor solar e no interior do silo;
- as velocidades do vento e do ar no duto de sucção;
- a umidade relativa ambiente;
- a umidade dos grãos no interior do silo.

Modelo :

Temperaturas :

Foram tomadas medidas com o registrador "Speedomax" (24 entradas) em .

- 2 pontos no interior do coletor solar: um a 5 cm da entrada do ar e outro no meio do coletor;
- 1 ponto a 5 cm da saída do coletor;
- 6 pontos ao longo da altura da massa de grãos, distanciados 15 cm uns dos outros.

Velocidade do ar :

Utilizou-se aqui, para a medição das velocidades do vento, um anemômetro de hemisférios de Gottingen, e, para as medidas de velocidade do ar no duto de sucção, um velômetro "ALNOR", modelo 6000-p.

Umidade relativa ambiente :

Utilizou-se um psicrômetro "HAENNI", modelo 564.

Umidade dos grãos :

De pontos, localizados à mesma altura que os pontos de tomada das temperaturas no interior do silo, foram retiradas semanalmente amostras de 30 g para os testes de determinação do teor de umidade dos grãos. O método utilizado foi o da estufa a 105° C /24 hs.

As medidas de temperaturas, velocidades do ar e umidades relativas ambientais foram feitas de 2 em 2 horas, entre 9:00 e 15:00 hs, apenas nos dias em que havia sol.

Protótipo :

Temperatura :

Nestas medições, foram utilizados vinte pontos de tomada assim distribuídos :

- tomadas 1,2 e 3: ao longo da largura do coletor solar, a 5 (cinco) cm da saída para o plenum, na mesma posição horizontal. Estes pontos foram colocados 0,5 (meio) cm acima da placa absorvedora,
- tomada 4: colocada no centro do plenum para a determinação das temperaturas do ar de secagem;
- tomadas 5 a 8: equidistantes entre si na mesma cota vertical (coincidente com a extremidade superior do plenum), aqui denominada 1^ª camada;
- tomadas 9 a 12: equidistantes entre si na mesma cota vertical, 30 (trinta) cm acima das anteriores, aqui denominada 2^ª camada;
- tomada 13: no ambiente, situada abaixo do plenum, junto ao pé do silo;
- tomadas 14 a 17 equidistantes entre si na mesma cota vertical, 30 (trinta) cm acima da camada anterior, aqui denominada 3^ª camada A;
- tomadas 18 e 19: na mesma cota vertical da 3^ª camada A, no interior dos tubos perfurados, aqui denominada 3^ª camada B;

- tomada 20: dentro do duto de sucção, 20 (vinte) cm acima do topo do silo.

Velocidades do ar :

Ambiente : foram medidas na mesma altura do catavento, à distância de 1,0 (um) m deste, com um anemômetro de hemisférios.

Sucção no catavento : nas mesmas horas em que eram efetuadas as medições do ambiente, foram efetuadas as medidas no duto de sucção com um velômetro "ALNOR", modelo 6000-p.

Umidades Relativas :

Ambiente : foram determinadas com um psicrômetro marca "HAENNI".

Interior do silo (no centro e acima da camada de grãos): determinadas com o psicrômetro "HAENNI", coincidindo com o horário das medições anteriores.

Umidade dos grãos :

Foram retiradas as amostras de 30 g correspondentes aos níveis de tomadas de temperatura definidos anteriormente e, através do método de estufa a 105° C /24 hs, determinaram-se suas umidades.

Nos primeiros 15 dias, nove medições foram feitas em intervalos de uma hora para todas as medidas acima citadas. A seguir, foram efetuadas quatro medições diárias em intervalos de 2 hs, durante 45 dias. No período restante, passou-se a fazer duas medições diárias, uma pela manhã e outra à tarde. As medidas foram tomadas apenas em dias de sol.

Análises microbiológicas :

Estas análises foram realizadas mensalmente, sendo retiradas as amostras da 1ª, 2ª e 3ª camadas do interior do silo. De cada camada, foram coletadas duas amostras de cerca de 500 g. As análises seguiram os procedimentos indicados pela FDA (86) :

- coliformes fecais : método do número mais provável;
- contagem total de mesófilos, efetuadas pela contagem padrão em placas;
- bolores e leveduras : contagem em placas.

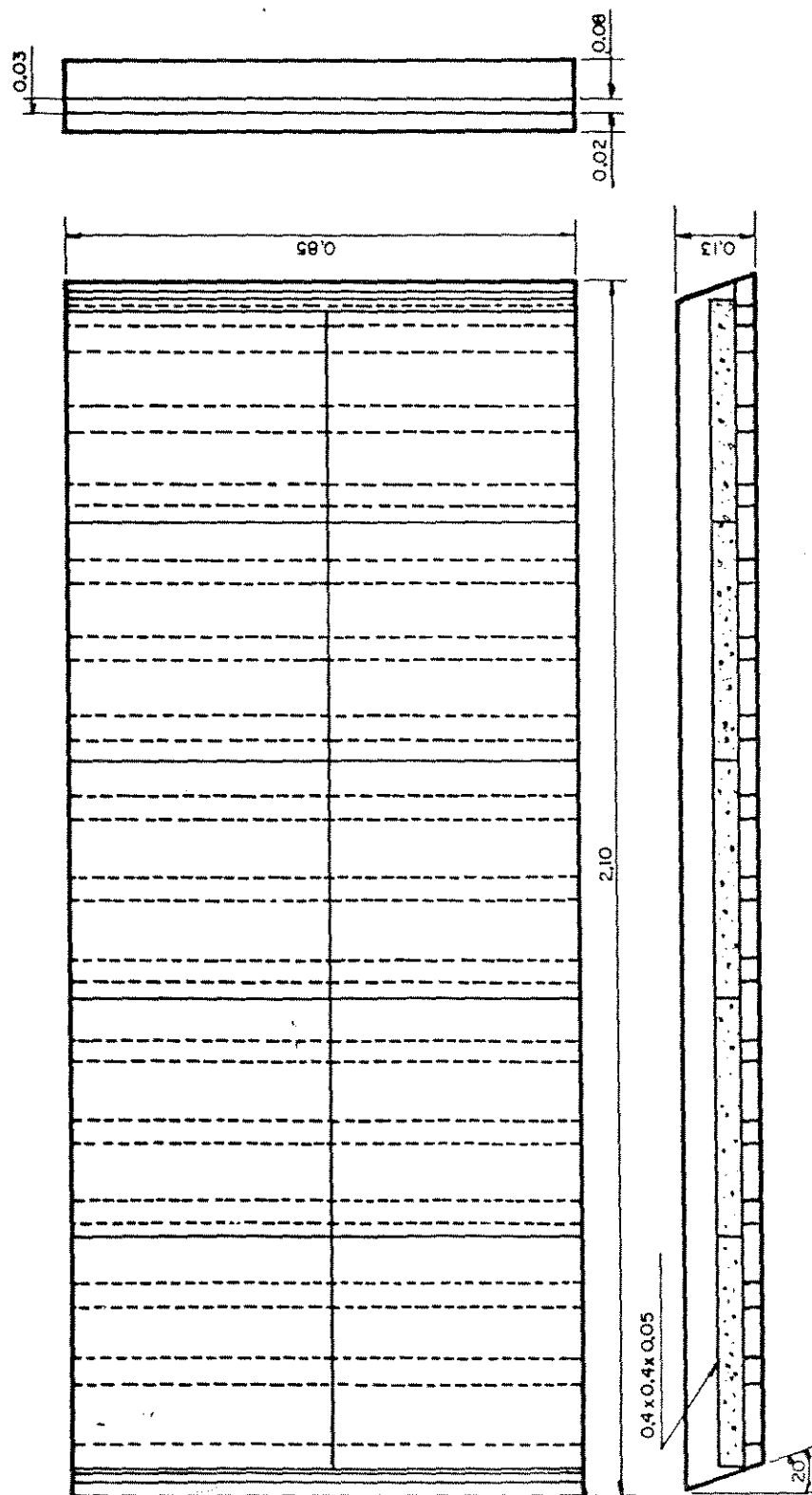


Figura 5 = Coletor solar do sistema

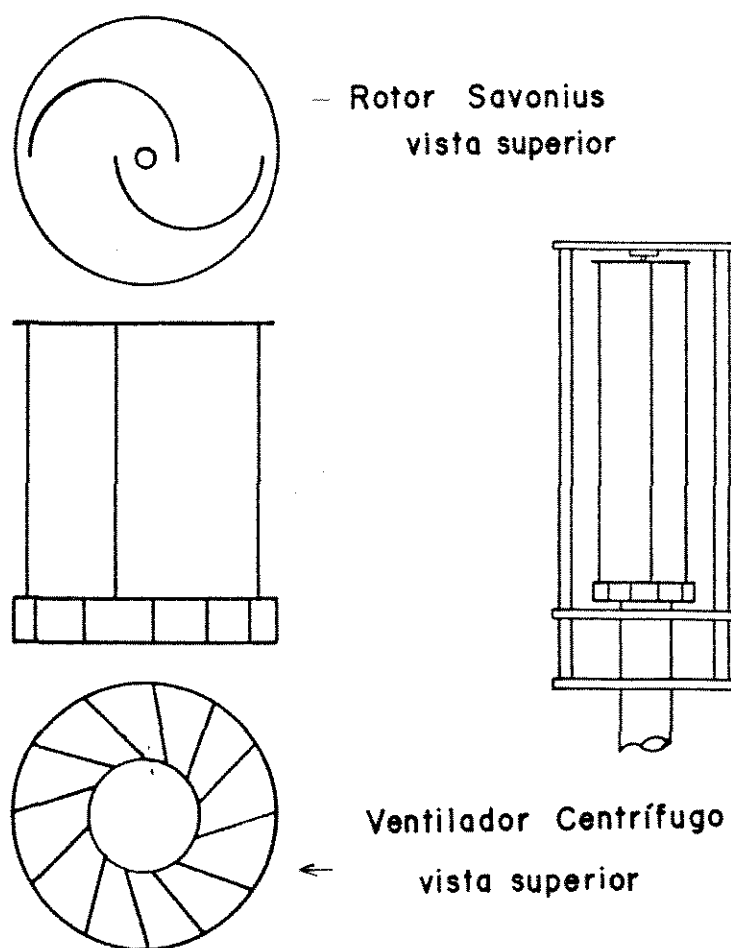


Figura6= Conjunto rotor Savonius – ventilador centrífugo

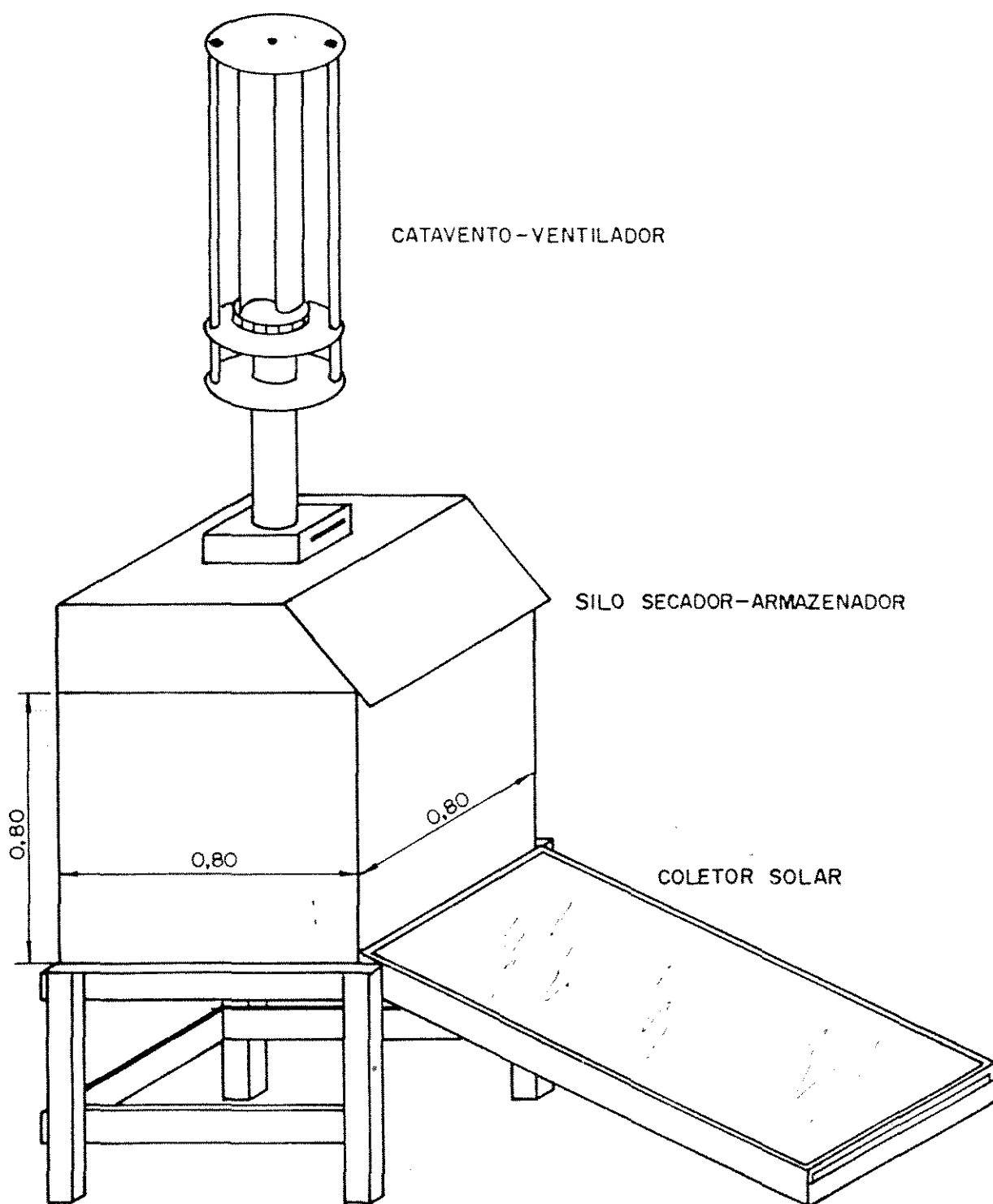


Figura 7= Equipamento modelo

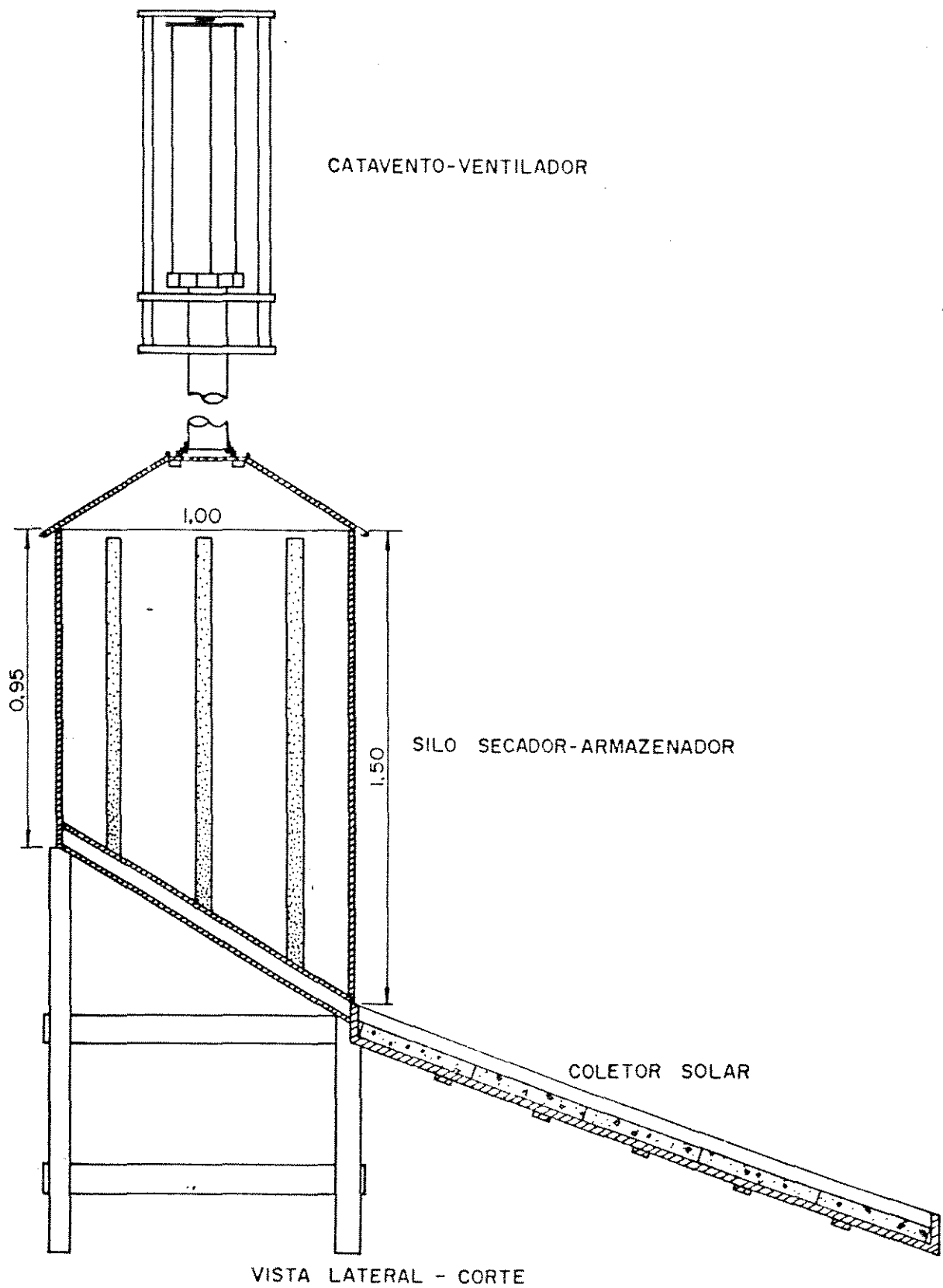


Figura8 = Equipamento protótipo

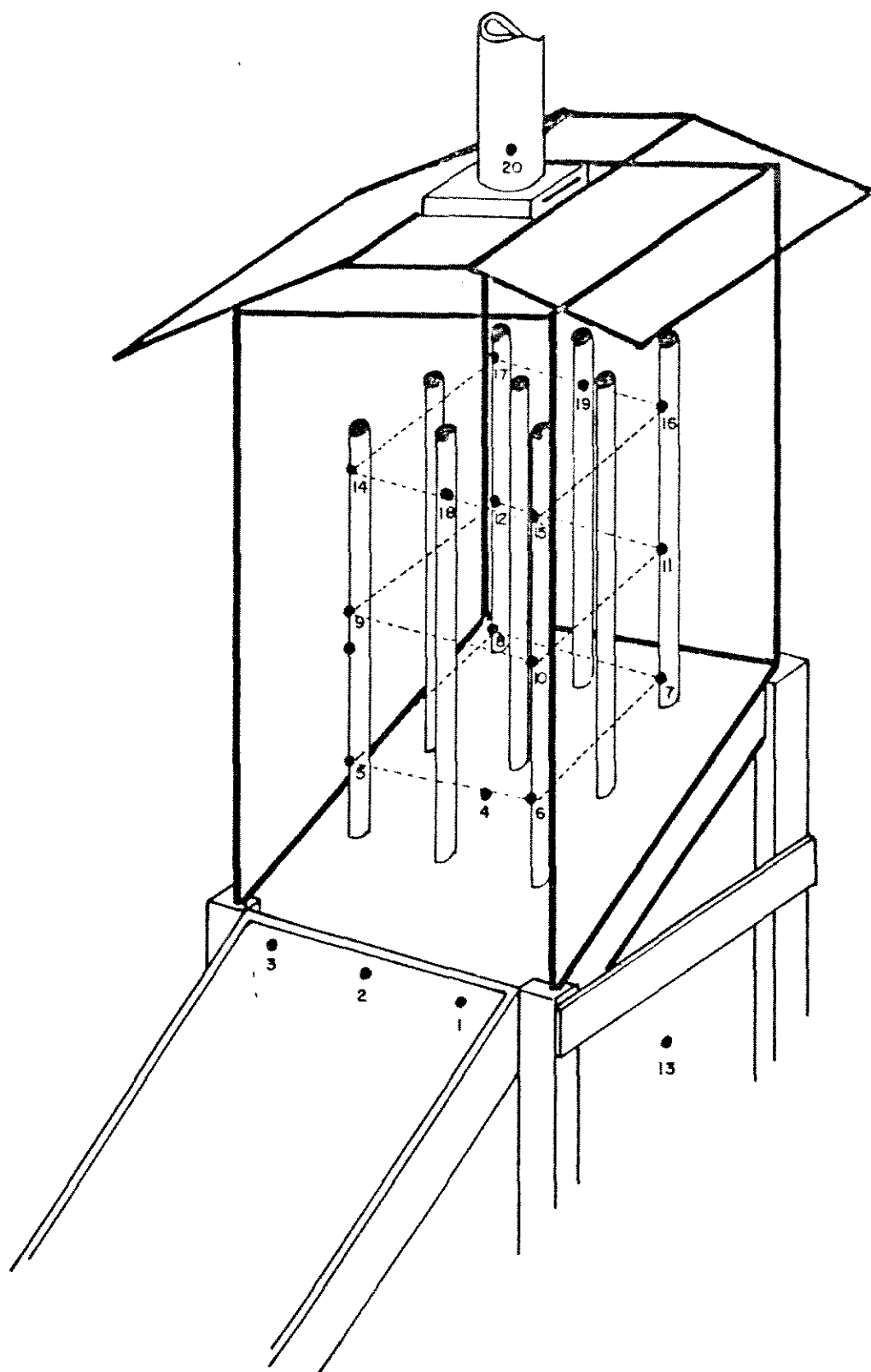


Figura 9= Distribuição dos pontos de tomada de temperatura no equipamento protótipo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo :

O silo foi carregado com 500 kg de feijão Carioca-80 no início de setembro de 1984, com umidade inicial de 21,5% bs. Procedeu-se, então, à secagem para verificar as condições para longo armazenamento.

Transcorrido um mês, verificou-se que a secagem ocorria de forma bastante heterogênea, como se pode verificar analisando os gráficos 1 e 2.

A primeira e a segunda camadas, que tiveram uma maior redução da umidade, apresentavam teores de umidade mais próximos dos recomendados na literatura para o armazenamento do feijão. O material da primeira camada poderia assim, ser retirado e armazenado em sacarias. As demais camadas apresentavam teores próximos ao teor de umidade inicial do produto, o que significa que não houve processo de secagem nos termos usuais para estas camadas superiores da massa de grãos.

Este primeiro ensaio demonstrou a viabilidade de se utilizar o equipamento para a armazenagem do feijão, desde que se fizessem alterações que permitissem melhorar o processo de secagem para camadas de produto com altura superior a 30 cm.

Os resultados apontaram para a necessidade de uma primeira modificação no sistema, no que dizia respeito à

distribuição do ar de secagem no interior da massa de grãos, que foi bastante desuniforme.

A verificação da viabilidade do equipamento, principal objetivo do modelo, foi alcançada. O experimento continuou, com controles grosseiros, até o 5º mes, porém houve sérias dificuldades para manter o equipamento em operação, devidas à infiltração de água nas juntas do silo e nas ligações entre os componentes do sistema. O material em que o silo foi construído (madeira) não resistiu às infiltrações e acabou por encharcar, transmitindo muita umidade para os grãos em seu interior, e rompeu-se ao final do quinto mês de teste, paralisando assim o experimento.

Os grãos foram descarregados e, apesar de se constatar a deterioração de parte do produto devida ao contato direto com a água infiltrada, ainda assim metade da quantidade inicial mostrou-se própria para consumo humano.

Protótipo :

1º Teste :

Este primeiro teste iniciou-se em abril de 1985. O protótipo foi construído com o objetivo de sanar os problemas de heterogeneidade da secagem, observados nos testes com o Modelo. Esta heterogeneidade fora causada principalmente, na consideração da equipe, pela má distribuição do ar através da massa de grãos.

Os resultados das medições do 1º teste com o protótipo, isto é, as medidas de temperatura (ambiente, no plenum, na massa de grãos a diferentes alturas, no coletor solar, na saída do silo), de umidade relativa, de vazão do ar e da umidade dos grãos nas diferentes camadas, são apresentados aqui, na forma de gráficos em função do tempo, para os primeiros 70 dias de experimento, para melhor visualização do processo ocorrido.

Gráfico das temperaturas do ambiente, do plenum e do coletor solar versus tempo:

No gráfico 3, constatou-se que as temperaturas do coletor solar apresentaram, em média, valores 1,5 vezes maiores que a temperatura ambiental, e que, quanto maior foi esta, maior foi o gradiente de temperatura para o coletor solar, o que revelou um rendimento do coletor que aumentou, na faixa medida, com o aumento da temperatura ambiente.

Verificou-se uma diferença de cerca de 30% da temperatura média do coletor para a temperatura do plenum. Além disso, a faixa de temperaturas no plenum (23 a 38° C), encontrou-se abaixo das temperaturas recomendadas pela literatura para a secagem de grãos, como por exemplo, para PUZZI (), que recomenda temperaturas entre 37 a 40° C.

Gráfico das temperaturas no interior do silo versus tempo:

O gráfico 4 foi construído com o objetivo de avaliar a variação da temperatura ao longo da camada de grãos. Ao observar-se que não houve diferenças significativas entre as temperaturas de cada camada, confirmou-se a distribuição homogênea do ar no interior do silo.

Esta melhor distribuição, em relação ao modelo, do ar no interior da massa de grãos, deveu-se principalmente à introdução dos tubos de PVC perfurados neste protótipo. Este resultado mostra que a modificação teve êxito em seu objetivo de melhorar a distribuição do ar.

Gráfico da umidade relativa e da umidade dos grãos versus tempo.

No gráfico 5, encontramos os dados relativos às umidades relativas médias diárias e as umidades médias dos grãos nas três camadas estabelecidas.

Não foi encontrada uma relação matematicamente equacionável entre a umidade relativa do ambiente e as variações da umidade dos grãos e não houve variação significativa entre os teores de umidade dos grãos nas diferentes camadas.

Esta menor variação dos teores de umidade, em relação aos resultados obtidos com o modelo anterior, deveu-se

também à introdução dos tubos perfurados, que possibilitaram uma melhor distribuição do ar no interior do silo.

Gráfico da velocidade do vento e da vazão do ar versus tempo:

No gráfico 6, encontramos as velocidades médias do vento e do ar no duto de sucção. Esta última, quando multiplicada pela área da secção transversal do silo, representa o fluxo de ar através da massa de grãos.

Constatou-se aí a relação direta esperada quando da construção do conjunto rotor Savonius-ventilador centrífugo. Isto mostrou a viabilidade de sua utilização para gerar um fluxo de ar no interior do silo, mesmo com velocidades do vento inferiores a 3 m/s.

Resultado das análises de qualidade do produto:

Segundo o resultado das análises microbiológicas, mostrado no quadro 6, os grãos apresentaram, durante todo o período, condições próprias para consumo humano, segundo padrões fixados pelo FDA norte-americano (86).

Este é um resultado importante em virtude de se haver tratado de um armazenamento longo (7 meses) de grãos com teores de umidade médios (19% bs) acima do nível recomendado

pela literatura (12% bs).

Não houve, no período, ataques de insetos nem tampouco de roedores.

2º Teste :

Os resultados anteriores apontaram, não um processo de secagem aos níveis correntes, primeiro objetivo deste equipamento, e sim um armazenamento aerado de feijão com alto teor de umidade, onde este, em um prazo longo, manteve-se em condições favoráveis para consumo humano.

Com o objetivo de confirmar este resultado - encontrando-se aqui, portanto, uma reorientação do objetivo inicial - procedeu-se a um segundo teste do equipamento no período de 15/4 a 16/10 de 1986. Os grãos, ao final do período de 6 meses, encontravam-se novamente em condições próprias para o consumo humano.

Os dados obtidos são apresentados a seguir :

Gráficos das temperaturas do ambiente e do plenum versus tempo:

São apresentados, nos gráficos 7 e 8, os valores das temperaturas do ambiente e do plenum, que situaram-se na faixa entre 21° e 30° C.

Gráficos das temperaturas no interior do silo versus tempo:

Os gráficos 9 e 10 confirmam que não há variação significativa entre as camadas, devida à melhor distribuição do ar conseguida com os tubos de PVC perfurados.

Gráficos da umidade relativa e da umidade dos grãos versus tempo:

Os gráficos 11 e 12 mostram os valores médios da umidade relativa ambiente e dos teores de umidade dos grãos ao longo do silo.

A variação entre os valores da umidade dos grãos não é significativa e vem confirmar novamente o acerto da introdução dos tubos perfurados.

As variações da umidade relativa ambiente foram acentuadas (faixa de 50 a 80%), não se refletindo, entretanto, na variação da umidade dos grãos. Esta, no período, não caracterizou um processo de secagem nos termos usuais; houve, entretanto, um processo de desidratação moderado, com os grãos no final do período apresentando teores de cerca de 19% bs.

Gráficos da velocidade do vento e da vazão do ar versus tempo:

Nos gráficos 13 e 14, verificou-se o mesmo que no 1º teste, ou seja, uma relação direta entre a velocidade do vento e a vazão do ar no interior da massa de grãos. O conjunto catavento-ventilador mostrou-se novamente eficiente para promover a circulação do ar através do sistema.

Resultado das análises de qualidade do produto:

Os grãos apresentaram durante o período considerado (6 meses) condições próprias para consumo humano. Aqui também não ocorreram ataques de insetos ou roedores.

Gráficos da umidade média dos grãos e da temperatura e da umidade relativa do ar no plenum versus tempo:

Com o objetivo de verificar a relação entre a temperatura e a umidade relativa do ar no plenum (condições imediatamente anteriores à passagem deste através da massa de grãos) e os teores de umidade dos grãos, construíram-se os gráficos 15, 16 e 17.

Através dos dados de temperatura e de umidade relativa ambientais e de temperatura no plenum, utilizando-se as equações psicrométricas, calcularam-se os valores para a umidade relativa do ar no plenum.

A umidade dos grãos utilizada aqui consiste na média dos valores da umidade para as camadas 1,2 e 3. Foi decidido fazê-lo em virtude da pequena diferença existente entre elas (vide gráficos 11 e 12).

Feita a análise estatística dos dados através do SAS, não se encontrou qualquer relação significativa e previsível entre as condições do ar no plenum e as variações dos teores de umidade dos grãos.

Gráfico da umidade dos grãos, da umidade de equilíbrio e do adimensional de secagem versus tempo:

Os gráficos 18, 19 e 20 foram construídos para se verificar as possíveis relações existentes entre a umidade dos grãos, a umidade de equilíbrio para as condições do ar no plenum e o adimensional calculado.

A umidade de equilíbrio foi calculada para as condições do ar no plenum, utilizando-se a equação empírica desenvolvida por ROSSI & ROA (69) em seu trabalho com o feijão carioca.

$$U_e = (p_1UR + p_2UR^2 + p_3UR^3) \exp((q_0 + q_1UR + q_2UR^2 + q_3UR^3 + q_4UR^4)(T + q_5))$$

onde : p1 a p3 e q0 a q5 são coeficientes do produto;

UR = umidade relativa do ar (em %)

T = temperatura ambiente (em °C)

O adimensional de secagem foi assim calculado :

$$X = \frac{U_g - U_{eq}}{U_o - U_{eq}} \quad \text{onde,}$$

X - adimensional de secagem;

U_{eq} - umidade de equilíbrio calculada;

U_g - umidade do grão no dia;

U_o - umidade do grão no dia anterior.

Procurou-se, ainda, encontrar relações significativas, através de testes estatísticos de correlação, que contribuíssem para o equacionamento do equipamento, com fins de simulação matemática acurada para outras condições ambientais. Isto não foi conseguido, entretanto, com estes dados, não foi possível encontrar uma função que correlacionasse as variações conjugadas da temperatura, da umidade relativa e da velocidade do vento com as variações no teor de umidade dos grãos.

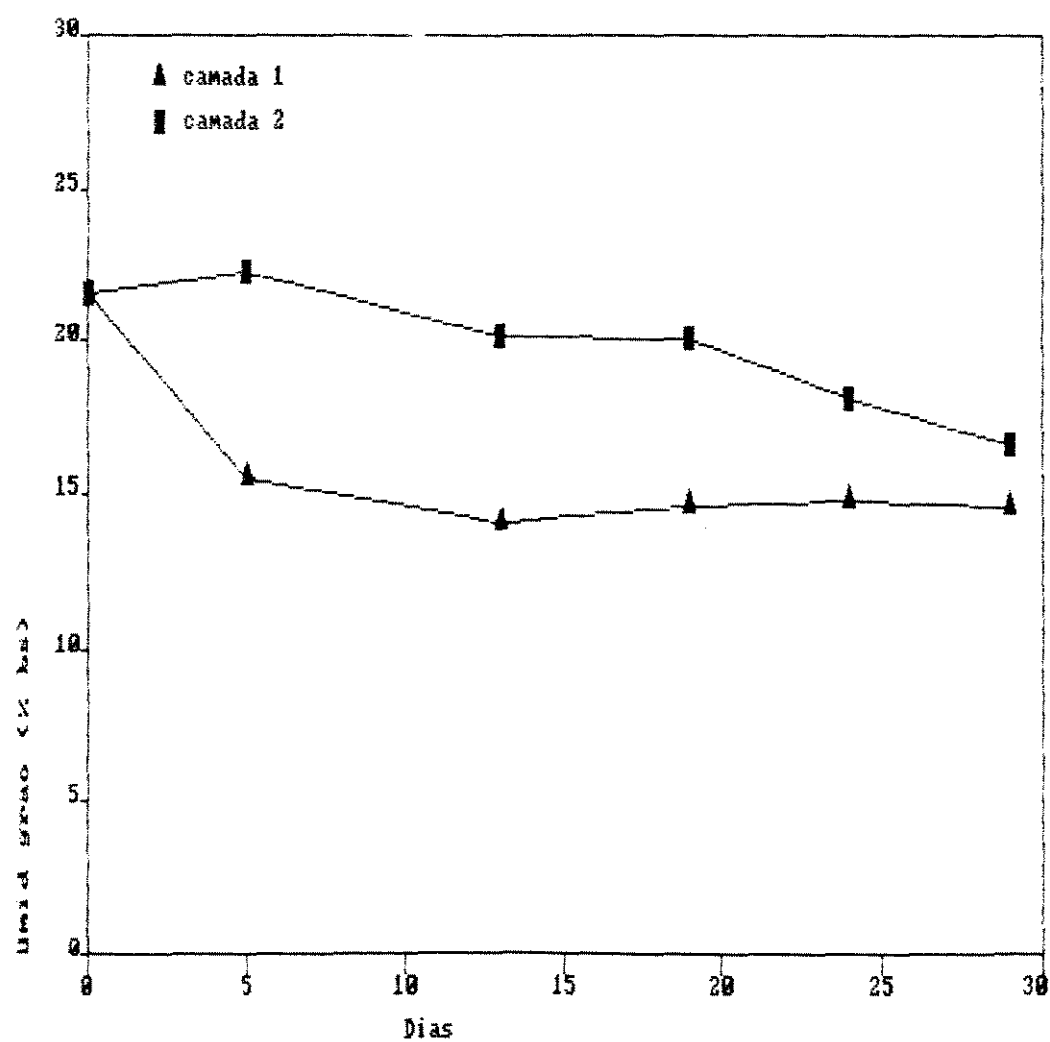


GRAFICO 1 = Teor de umidade dos grãos no equipamento modelo

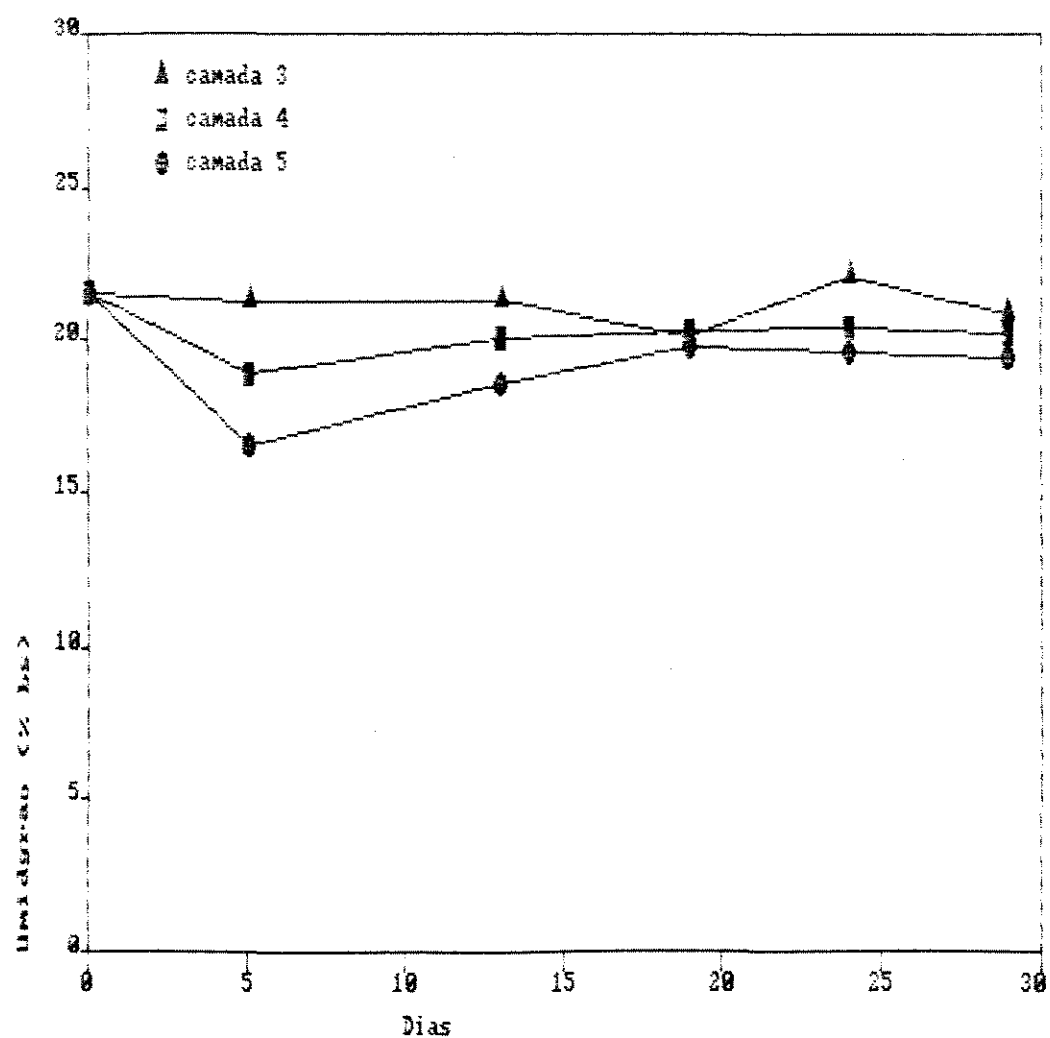


GRÁFICO 2 = Teor de umidade dos grãos no equipamento modelo

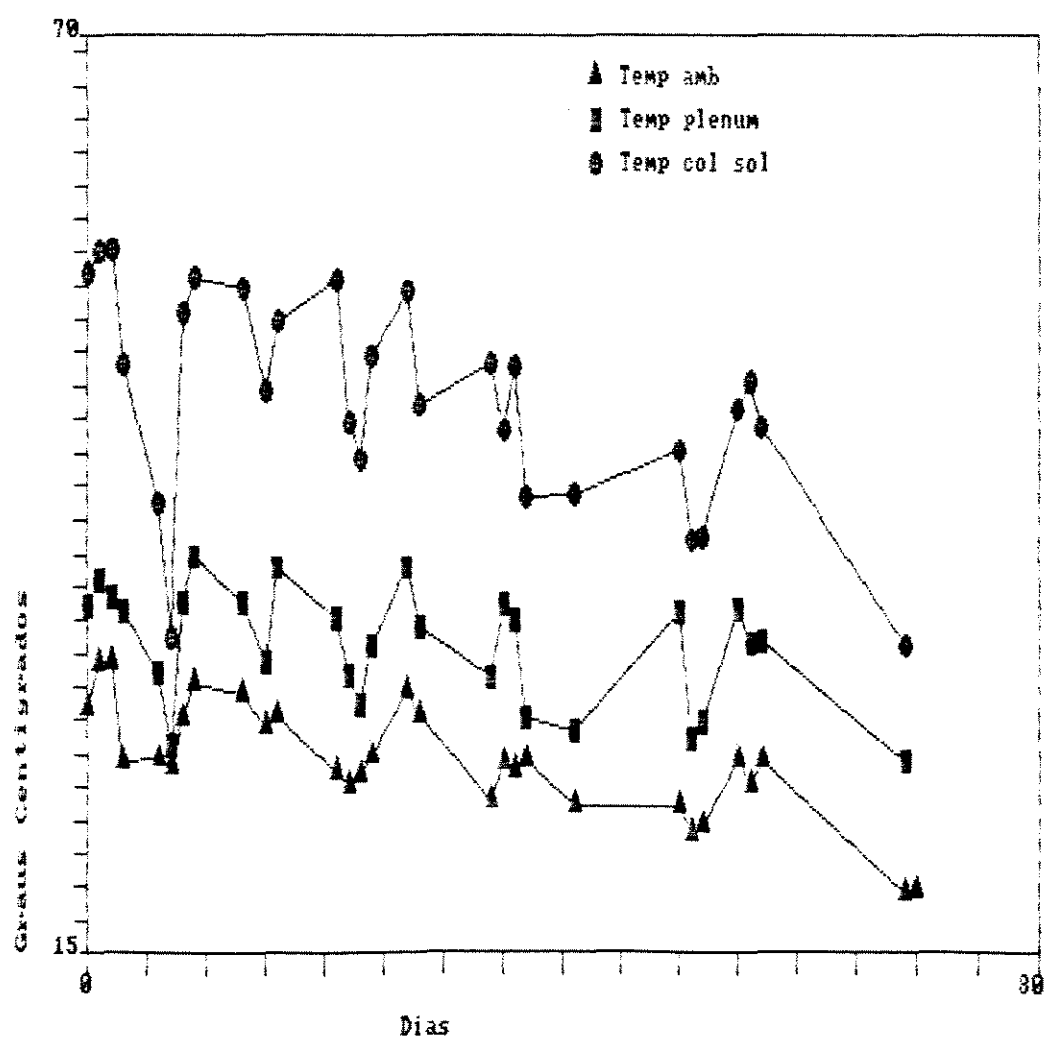


GRAFICO 3 = Temperaturas do ambiente, plenum e coletor solar

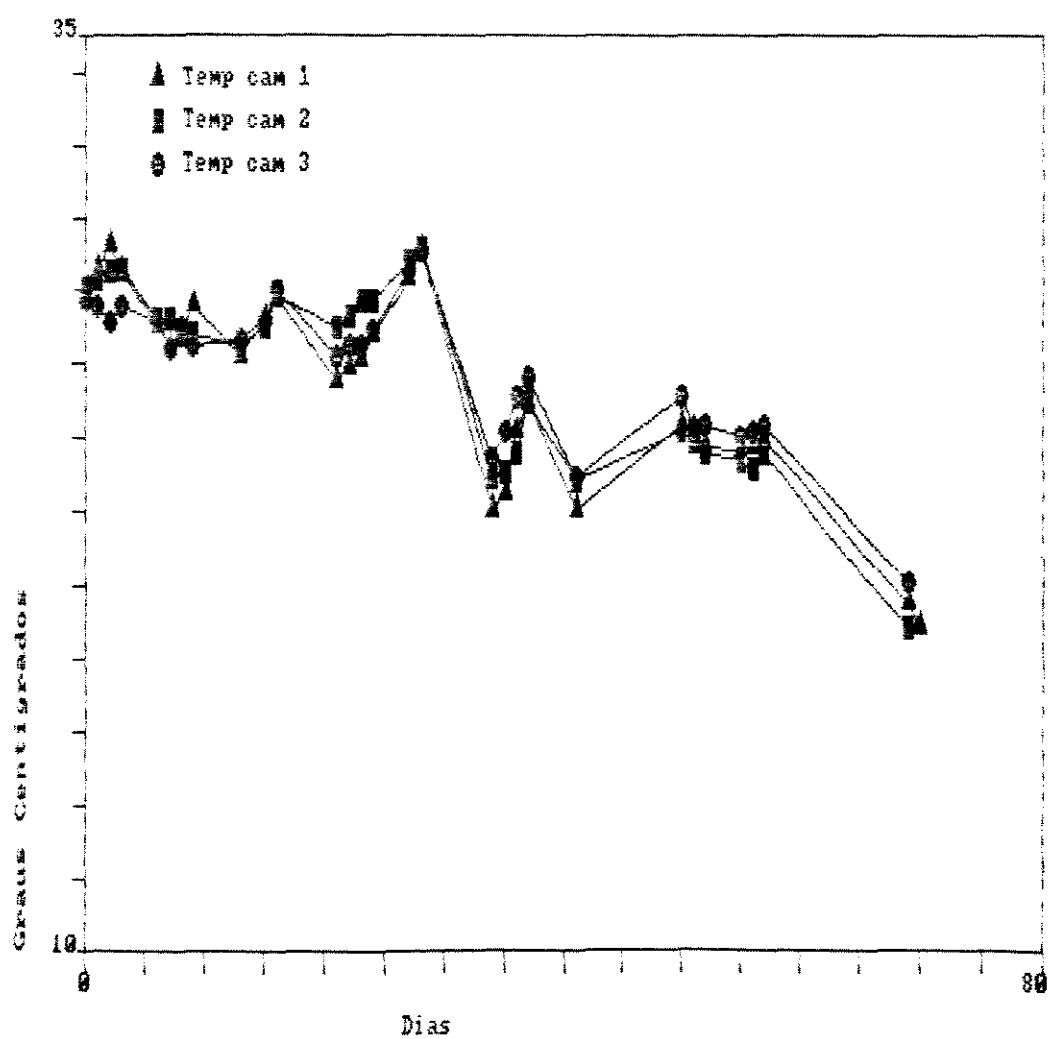


GRAFICO 4 = Temperaturas no interior do silo

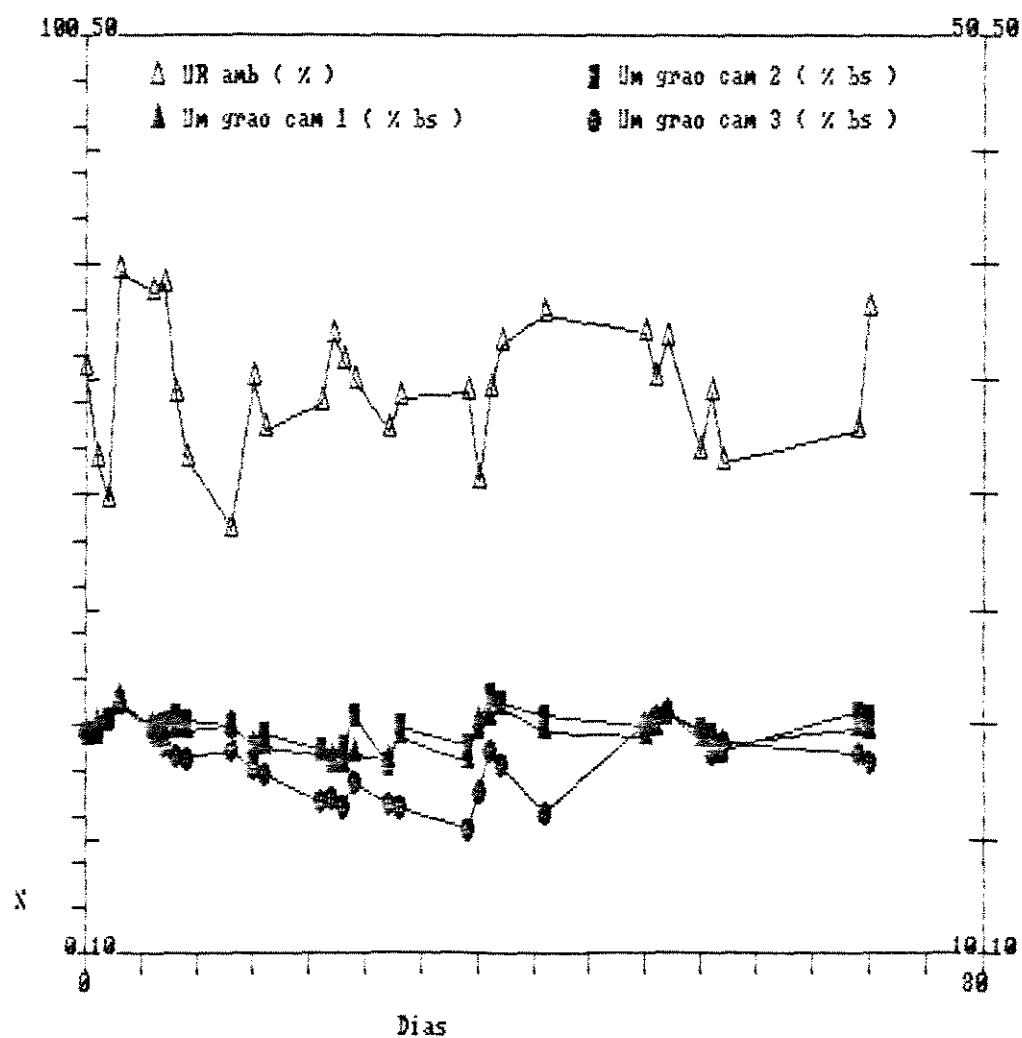


GRÁFICO 5 = Umidade Relativa e umidade dos grãos

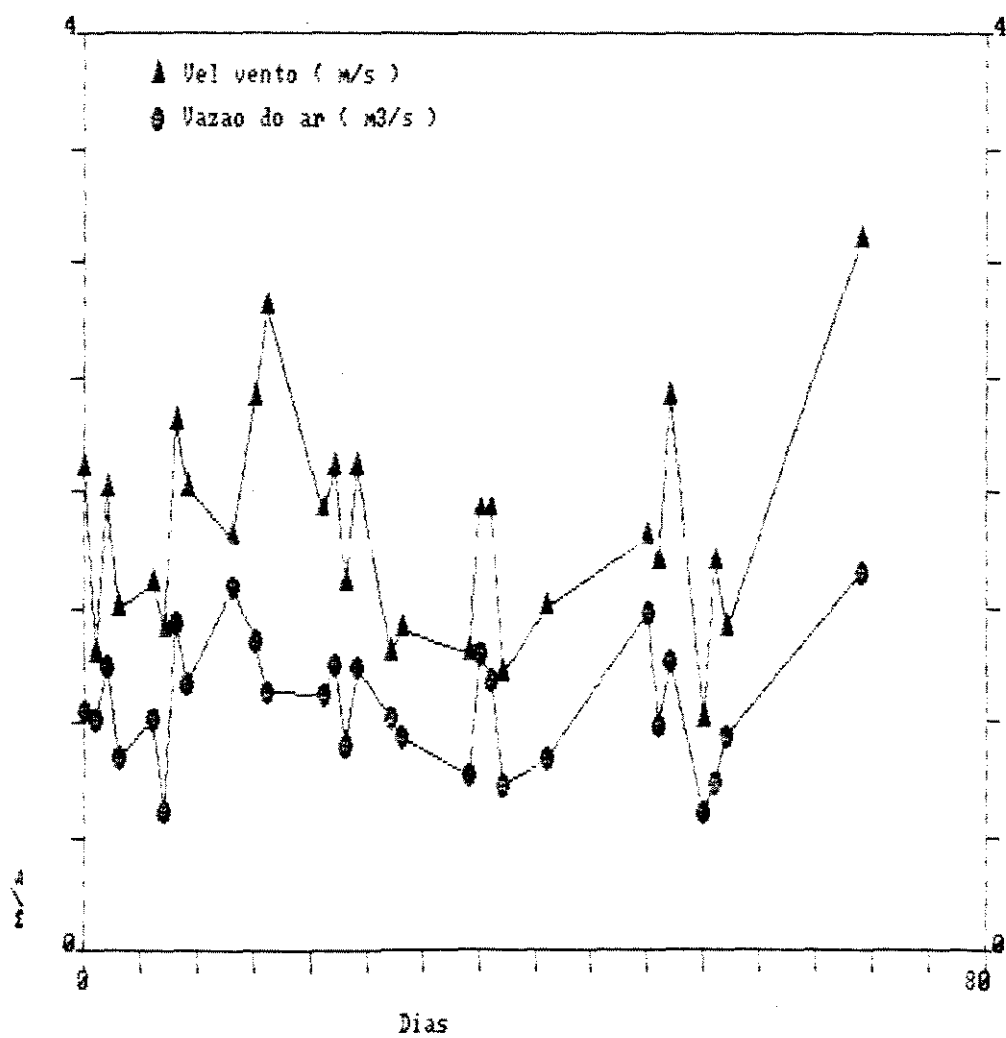


GRÁFICO 6 = Velocidade do vento e vazão do ar

Data	Teste Amostra	Coliformes fecais	Bolores e leveduras	Contagem total de bactérias mesófilas
29/03/85	Inicial	Aus.	4×10^2	6×10^2
29/04/85	Camada 1	Aus.	2×10	6×10^3
	Camada 2	Aus.	5×10	3×10^3
	Camada 3	Aus.	13×10	4×10^4
29/05/85	Camada 1	Aus.	8×10	6×10^3
	Camada 2	Aus.	9×10	14×10^3
	Camada 3	Aus.	2×10	6×10^3
28/06/85	Camada 1	Aus.	3×10^2	12×10^3
	Camada 2	Aus.	4×10^3	5×10^3
	Camada 3	Aus.	13×10	7×10^3
29/07/85	Camada 1	Aus.	10^2	3×10^3
	Camada 2	Aus.	3×10	8×10^2
	Camada 3	Aus.	10^2	9×10^3
30/08/85	Camada 1	Aus.	3×10^2	8×10^3
	Camada 2	Aus.	4×10	4×10^3
	Camada 3	Aus.	9×10	9×10^3
30/09/85	Camada 1	Aus.	10	2×10^3
	Camada 2	Aus.	4×10	26×10^4
	Camada 3	Aus.	6×10^2	7×10^2
31/10/85	Camada 1	Aus.	10	10^3
	Camada 2	Aus.	7×10	9×10^2
	Camada 3	Aus.	4×10^2	10^3
Padrão		Aus./g	10^3 UFC/g	5×10^5 UFC/g

Aus./g - Ausente por grama

UFC/g - Unidade Formadora de Colônia por grama

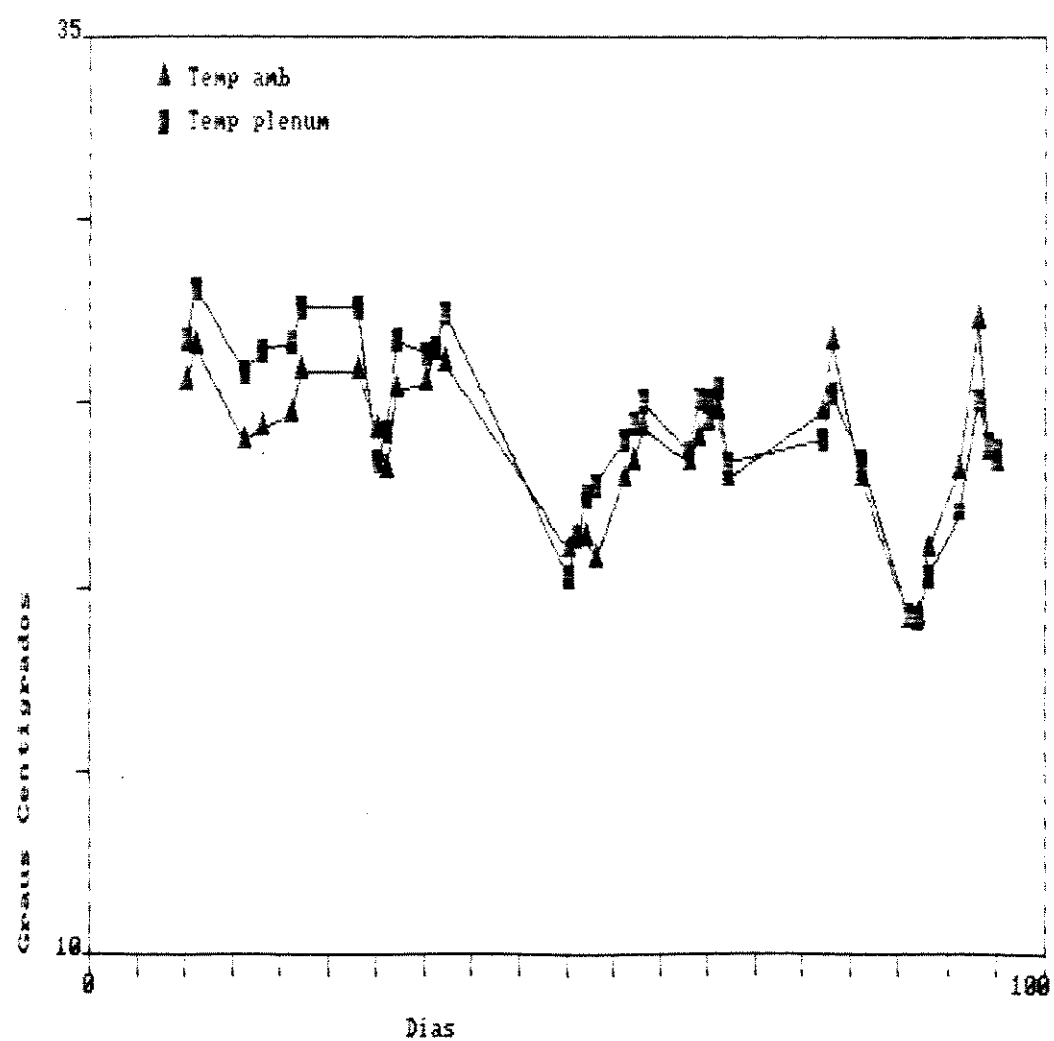


GRÁFICO 7 = Temperaturas do ambiente e do plenum

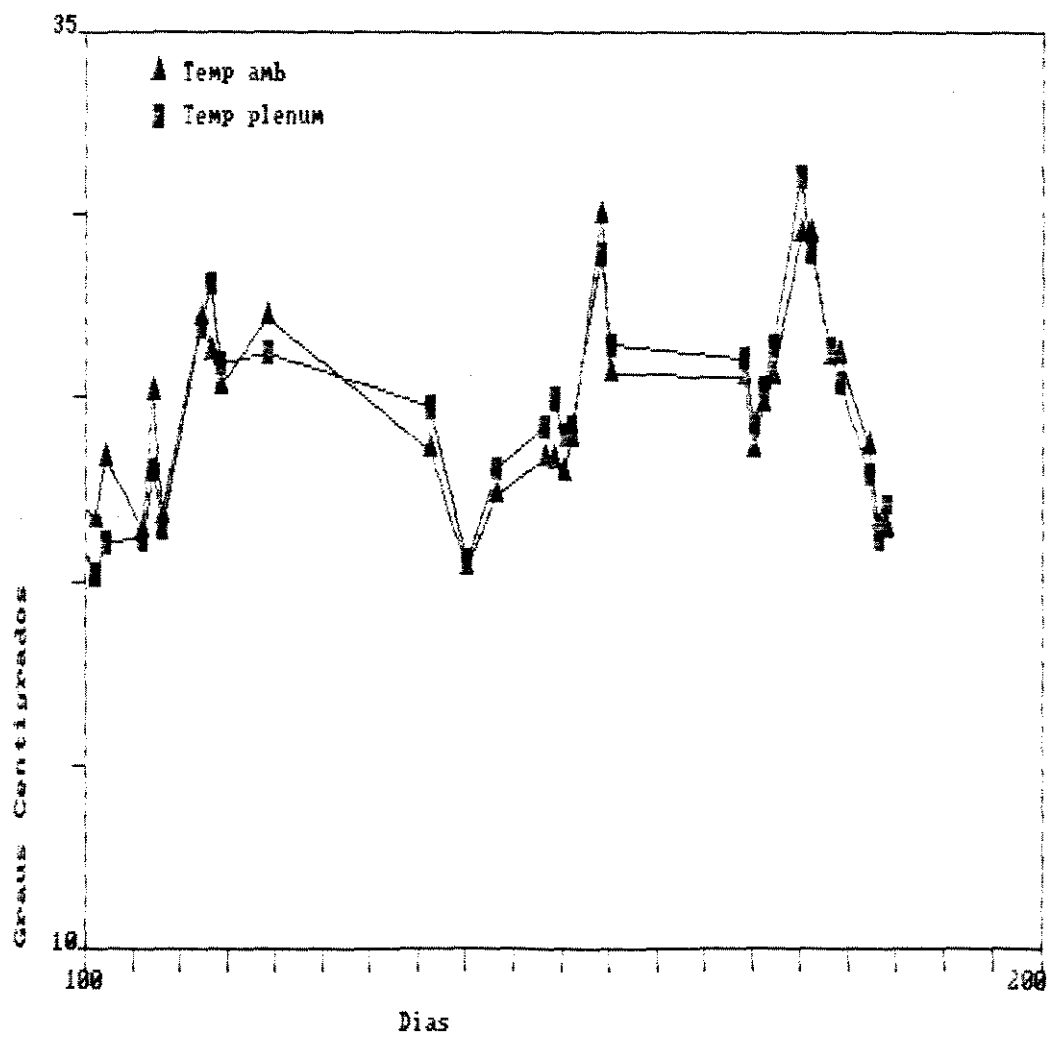


GRAFICO 8 = Temperaturas do ambiente e do plenum

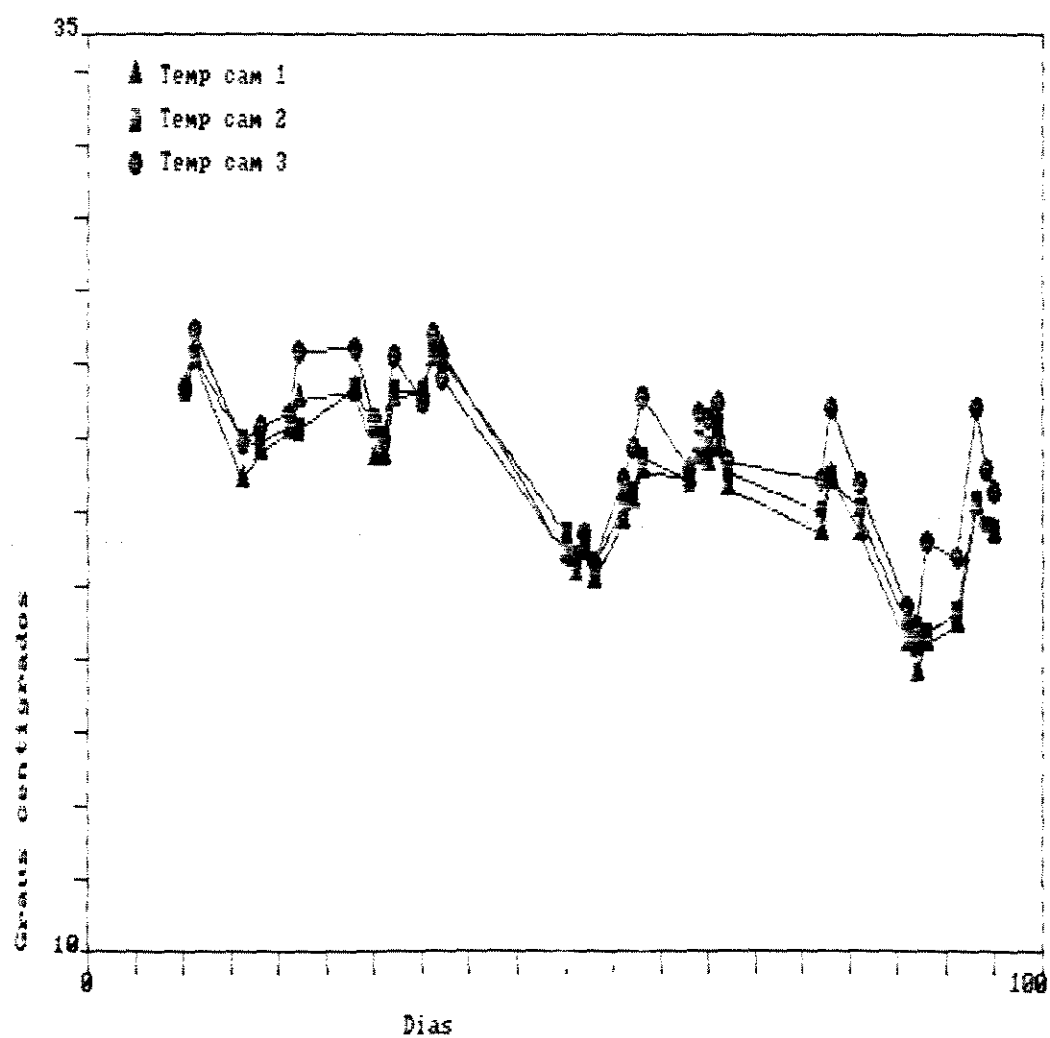


GRAFICO 9 = Temperatura no interior do silo

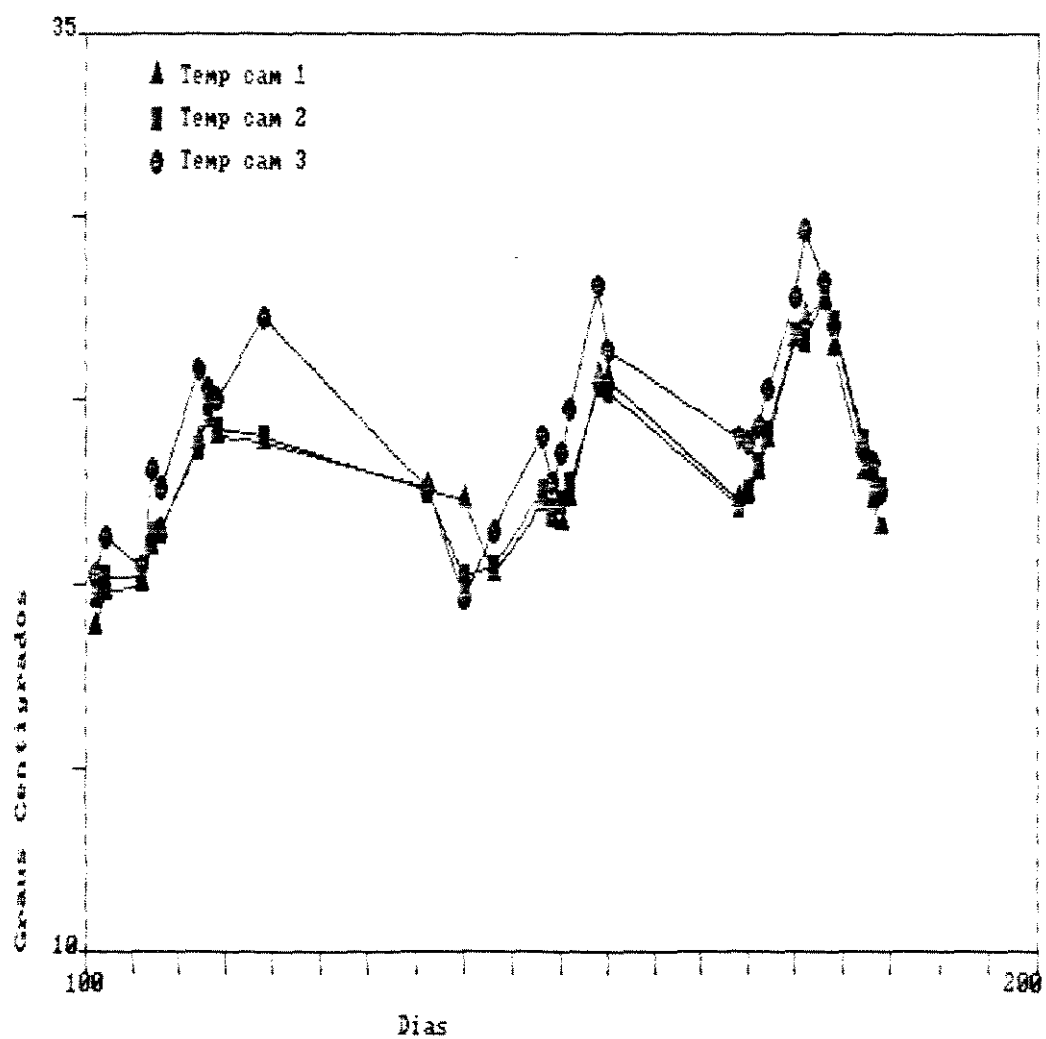


GRAFICO 10 = Temperatura no interior do silo

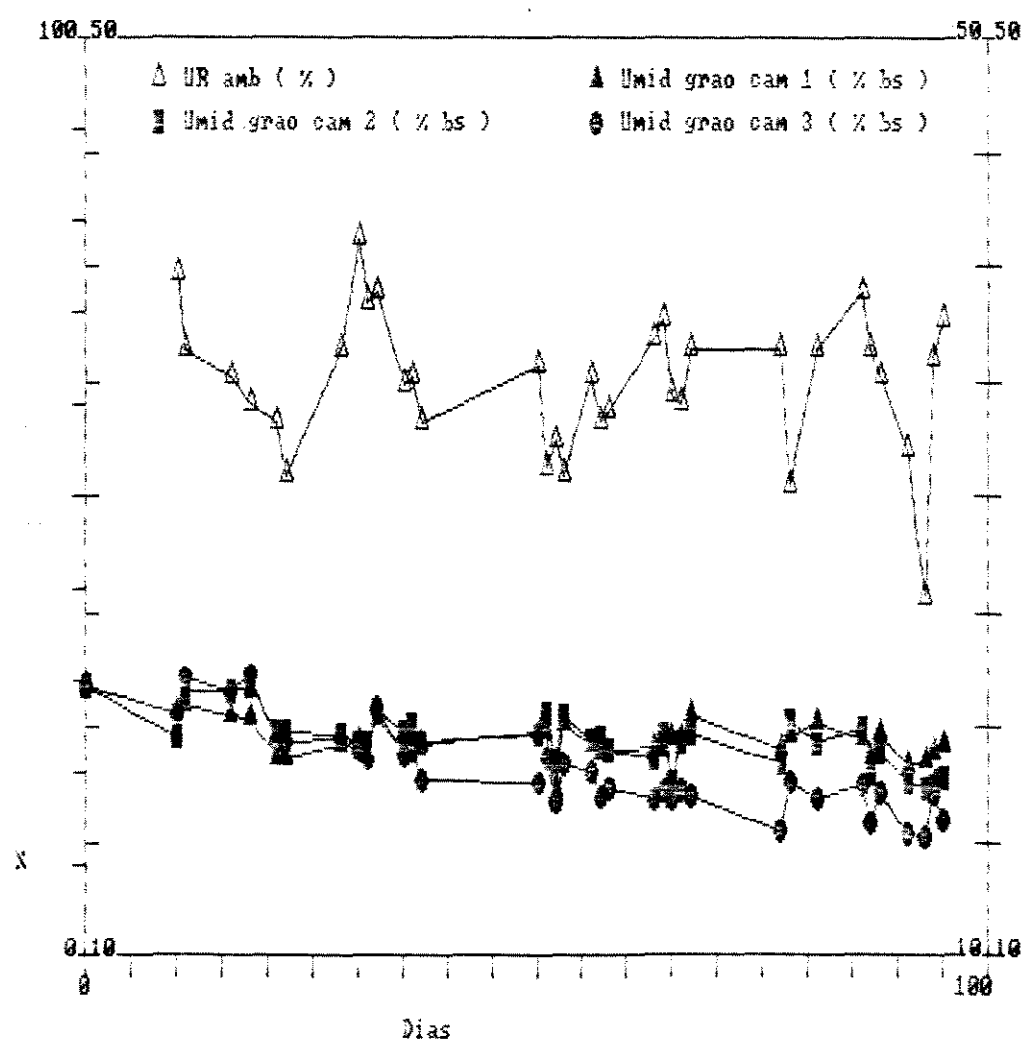


GRAFICO 11 = Umidade Relativa e umidade dos grãos

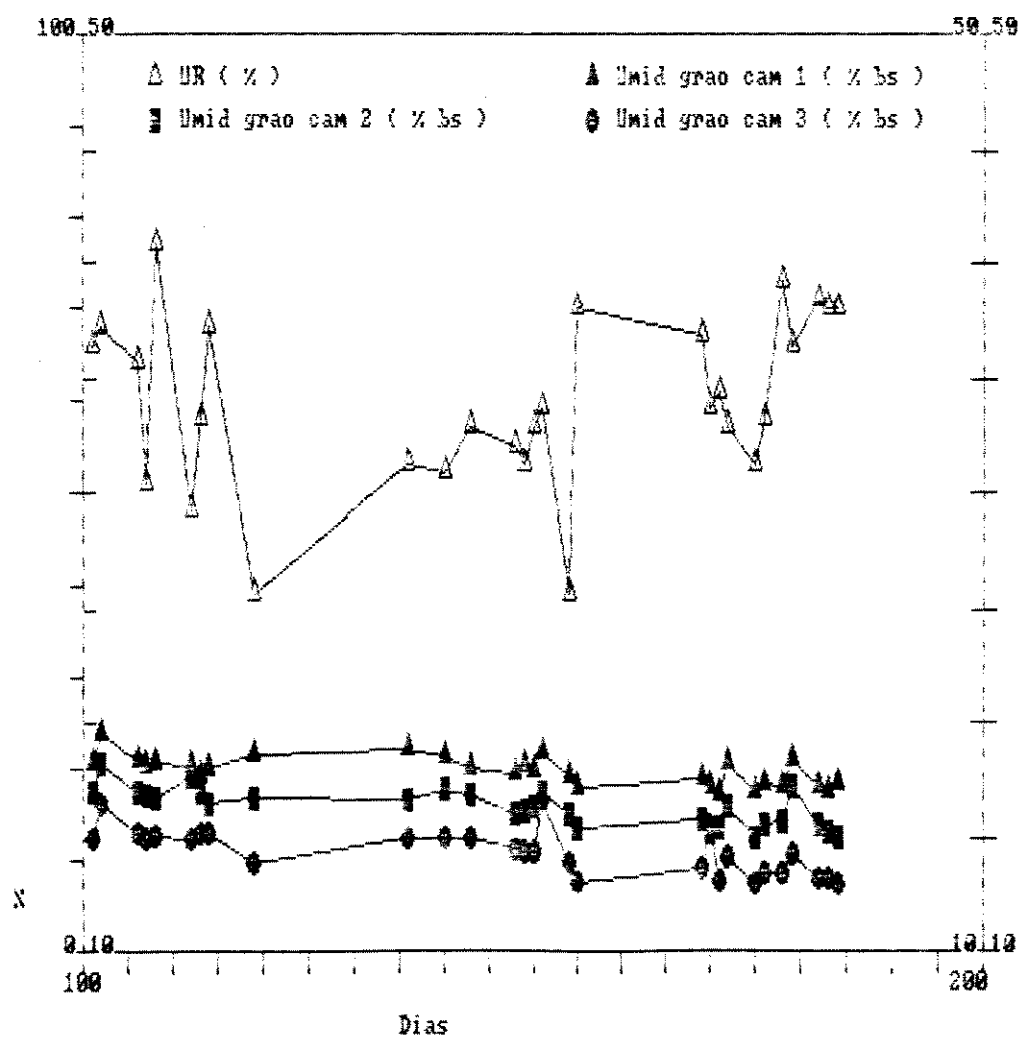


GRAFICO 12 = Umidade Relativa e umidade dos grãos

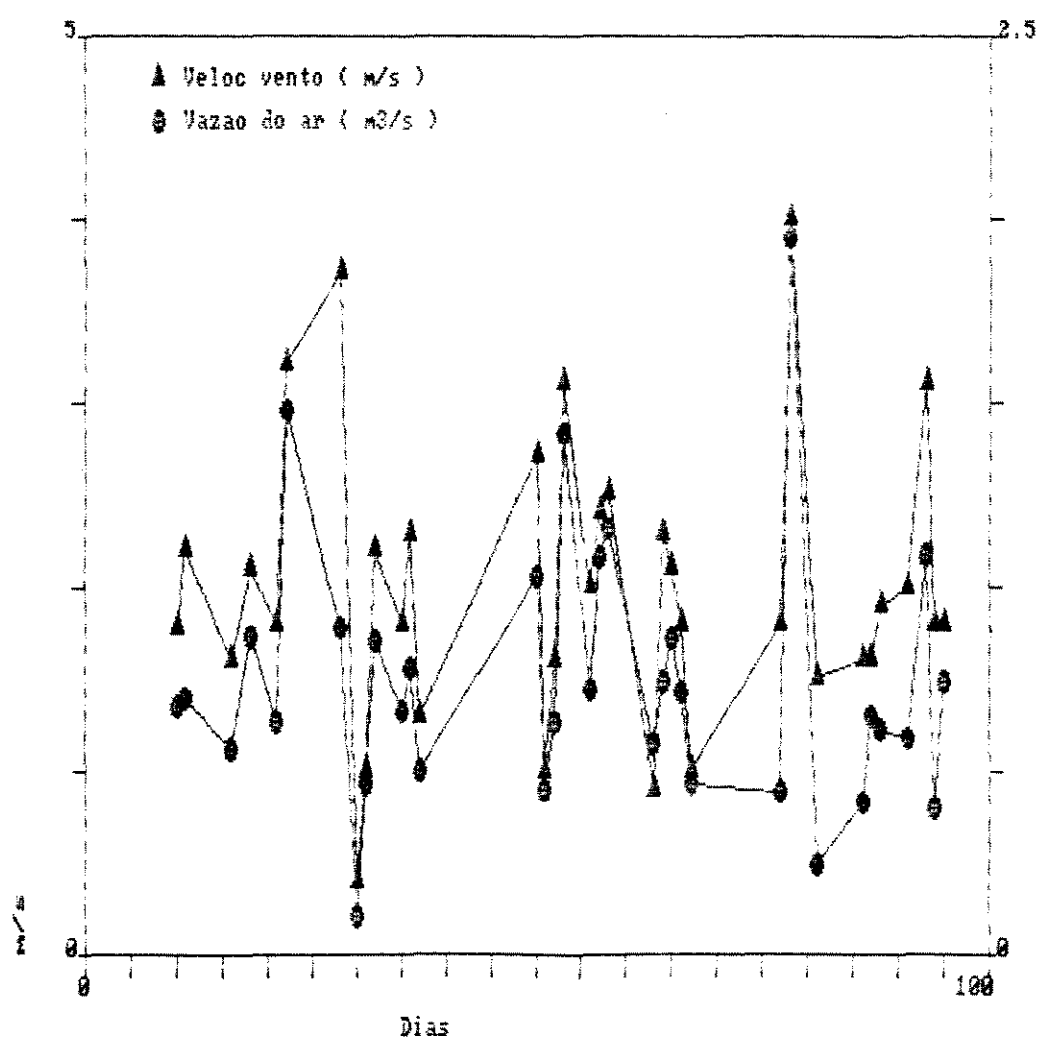


GRÁFICO 13 = Velocidade do vento e vazão do ar

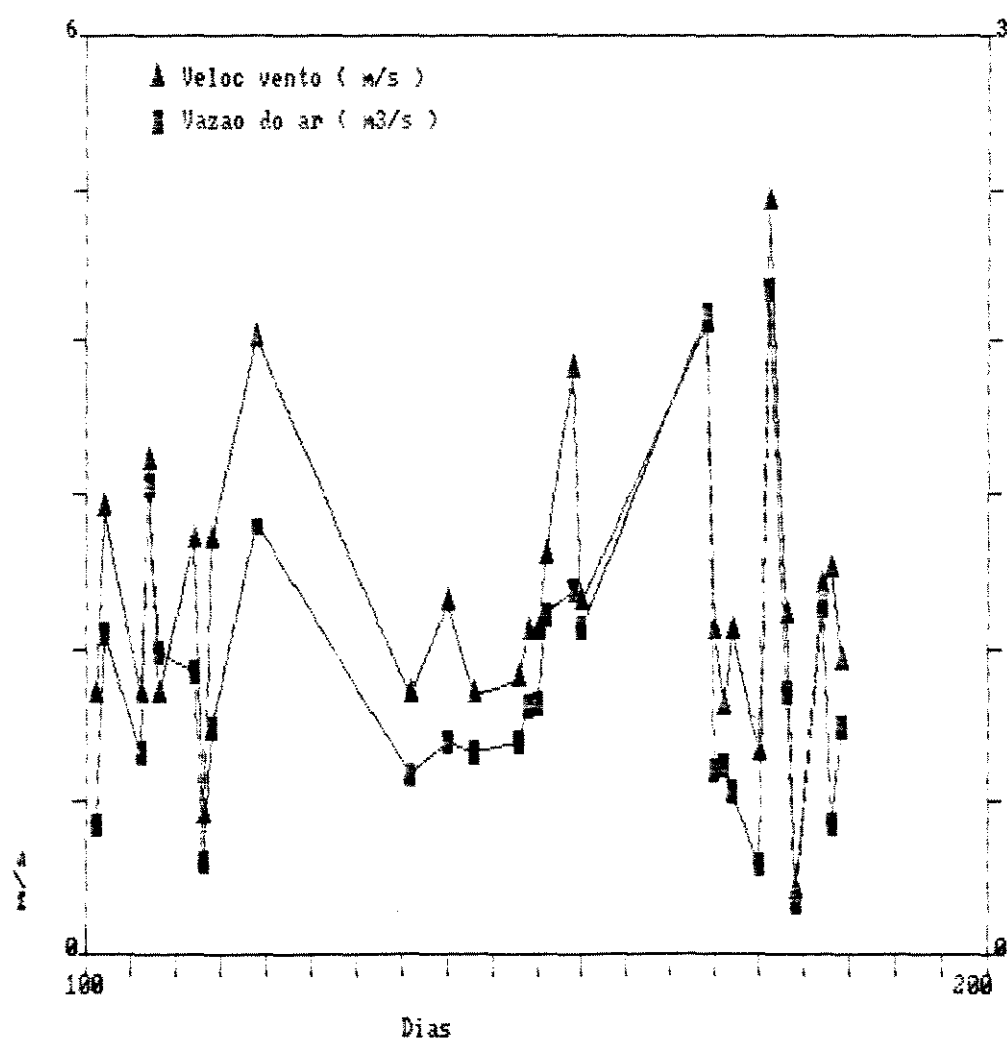


GRAFICO 14 = Velocidade do vento e vazão do ar

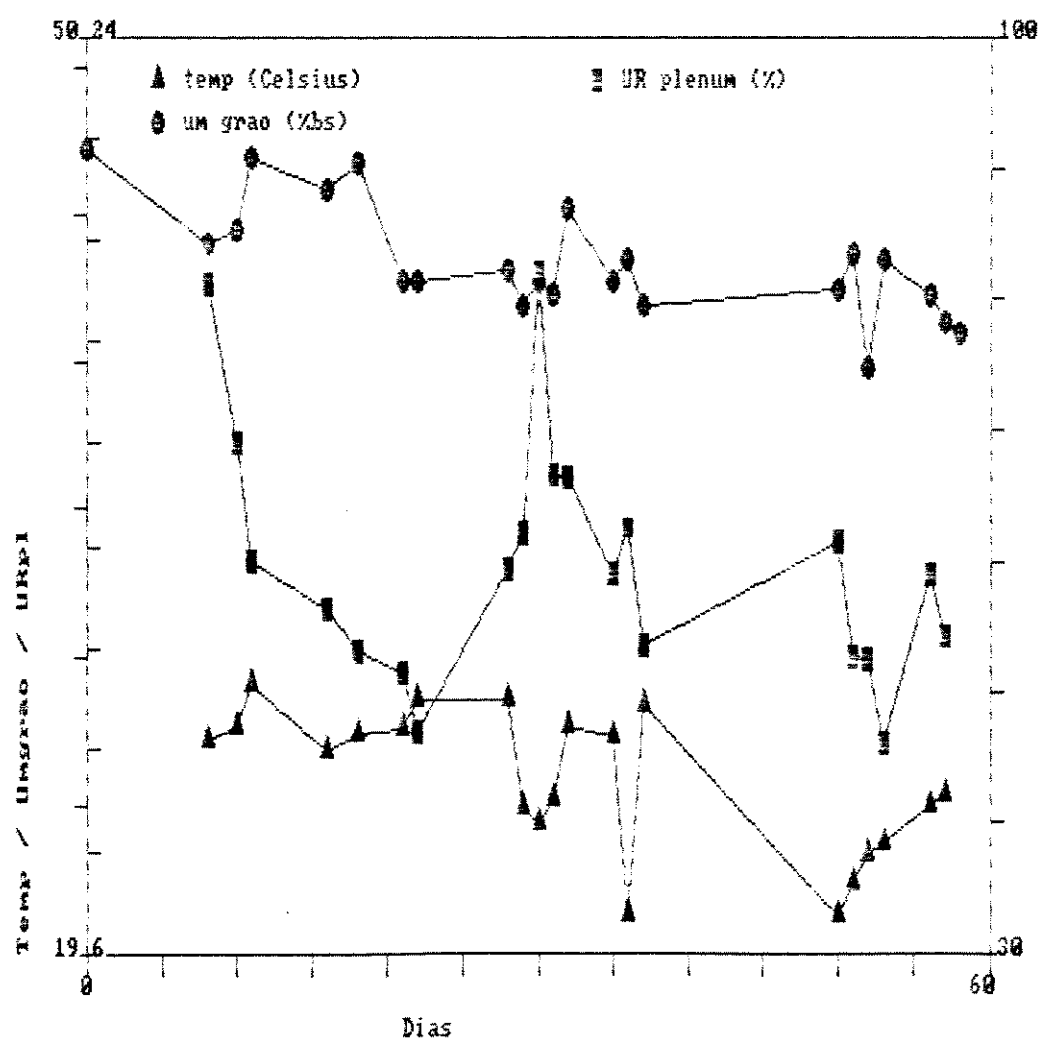


GRÁFICO 15 = Temperatura e umidade relativa no plenum
 e umidade dos grãos

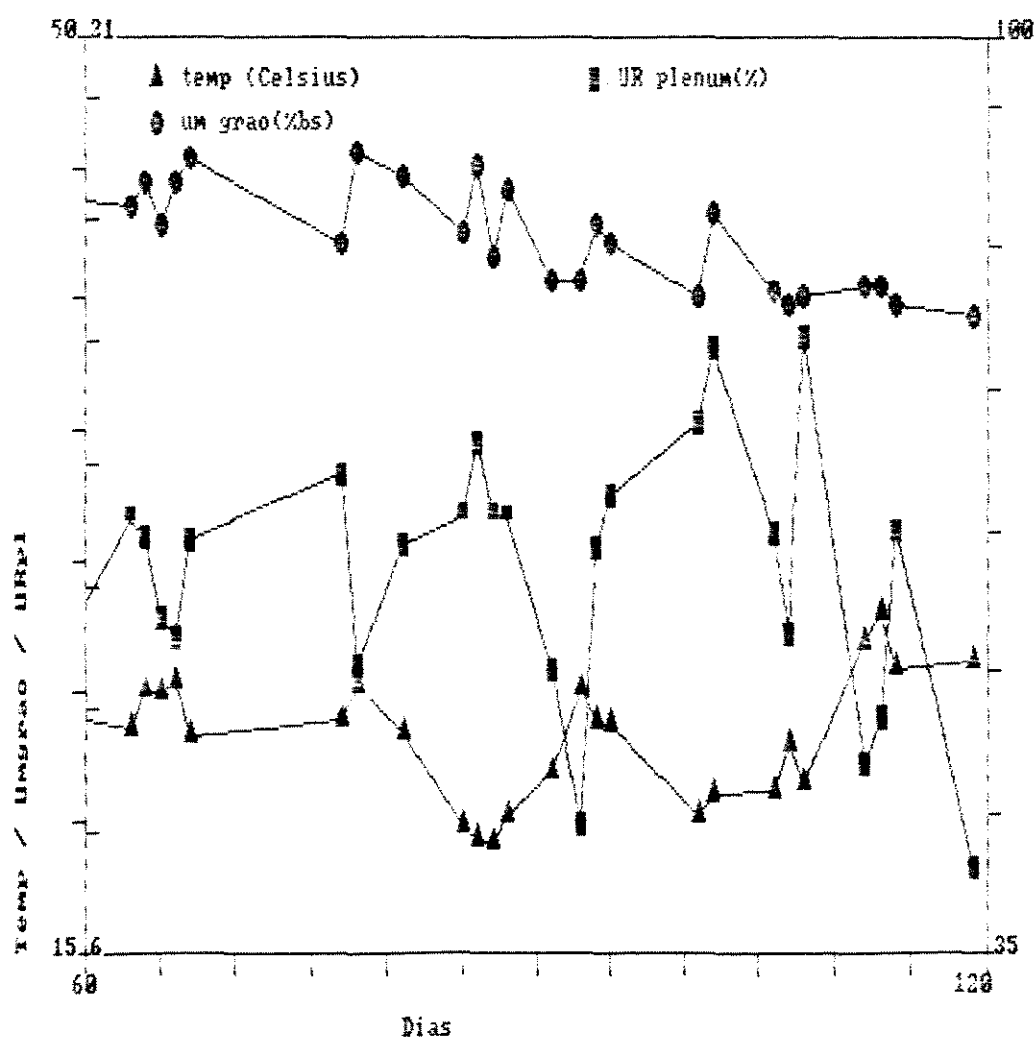


GRAFICO 16 = Temperatura e umidade relativa no plenum
 e umidade dos grãos

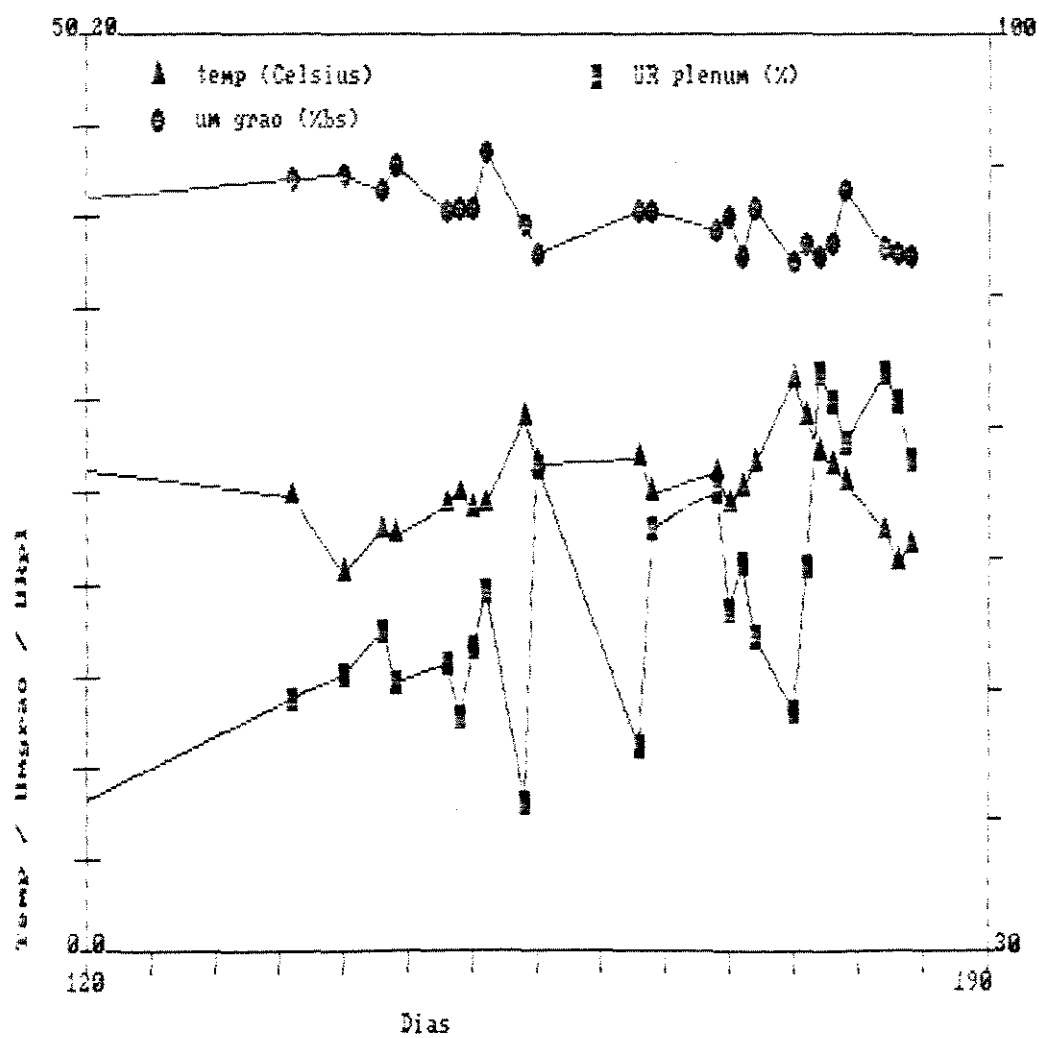


GRAFICO 17 = Temperatura e umidade relativa no plenum
 e umidade dos grãos

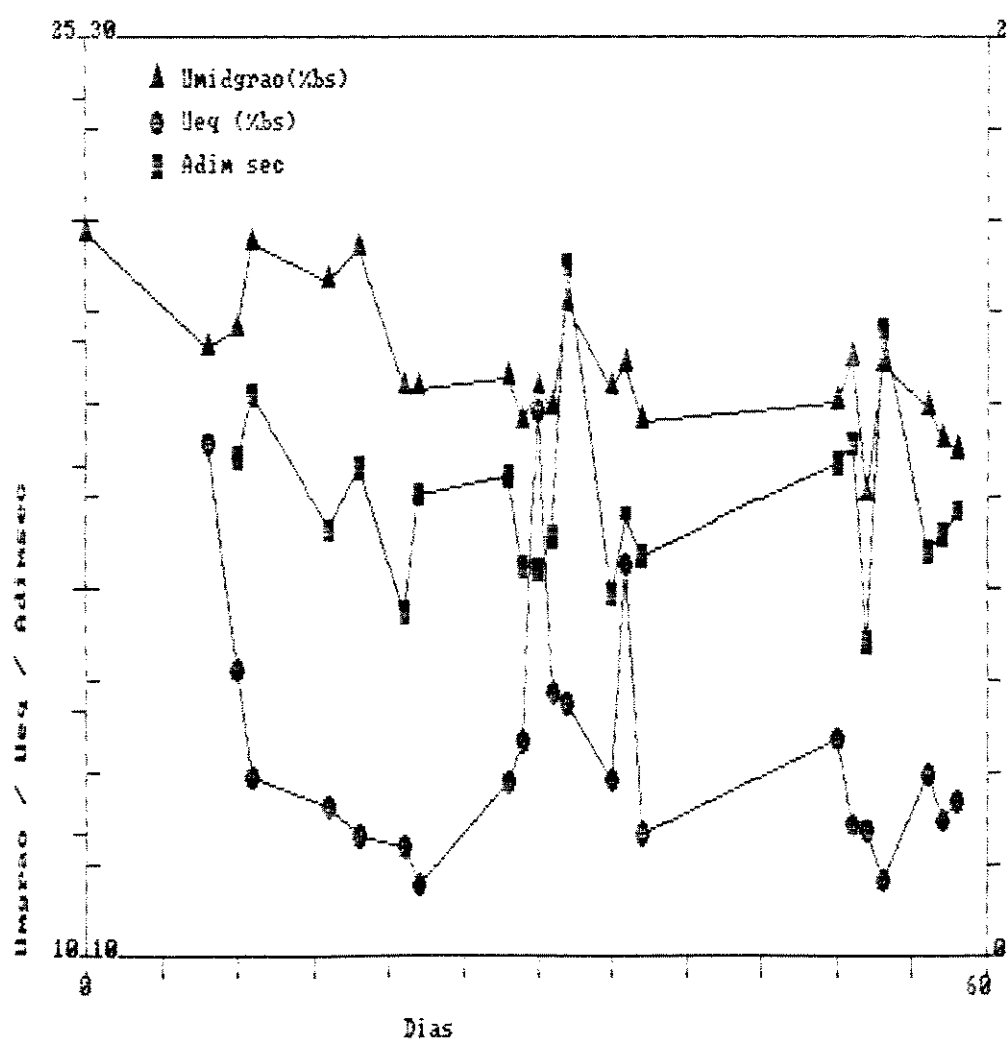


GRÁFICO 18 = Umidade dos grãos, umidade de equilíbrio e adimensional de secagem

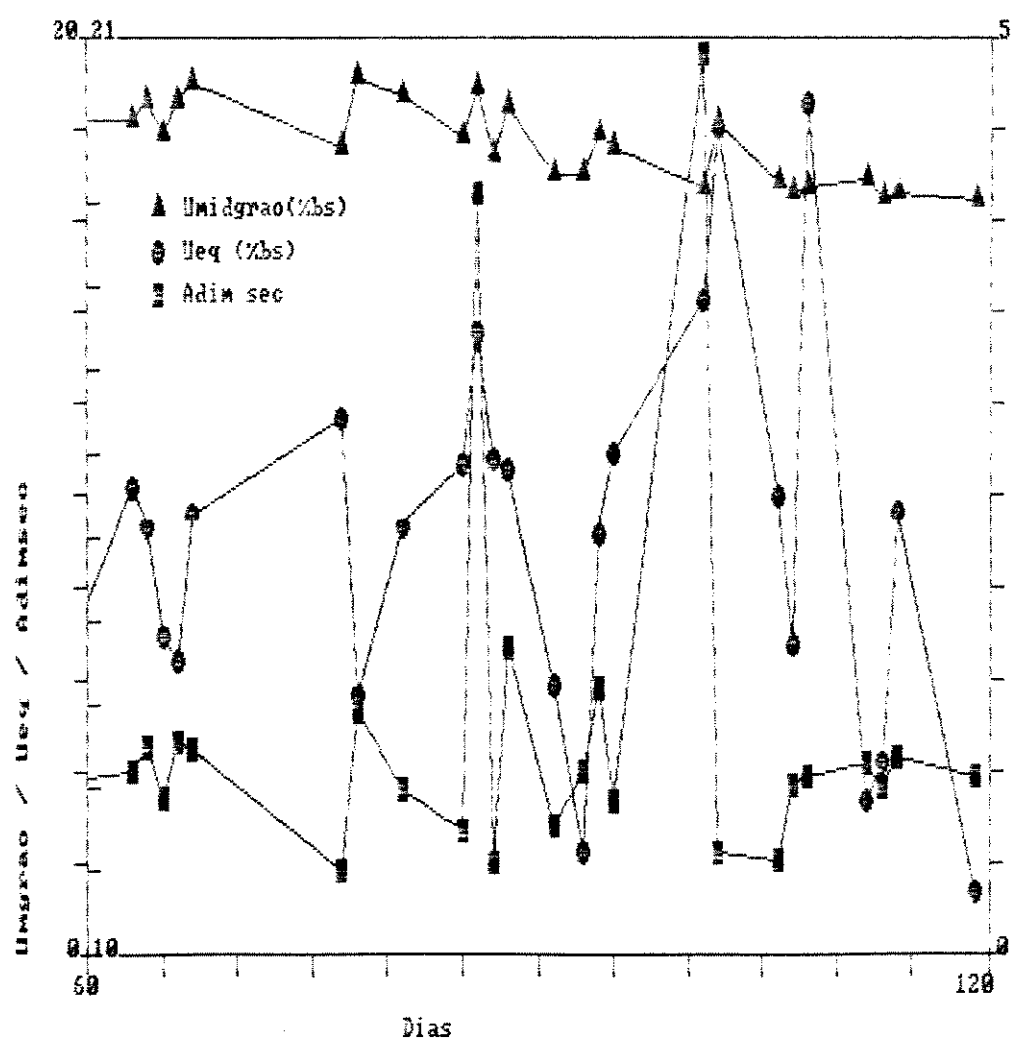


GRÁFICO 19 = Umidade dos grãos, unidade de equilíbrio e adimensional de secagem

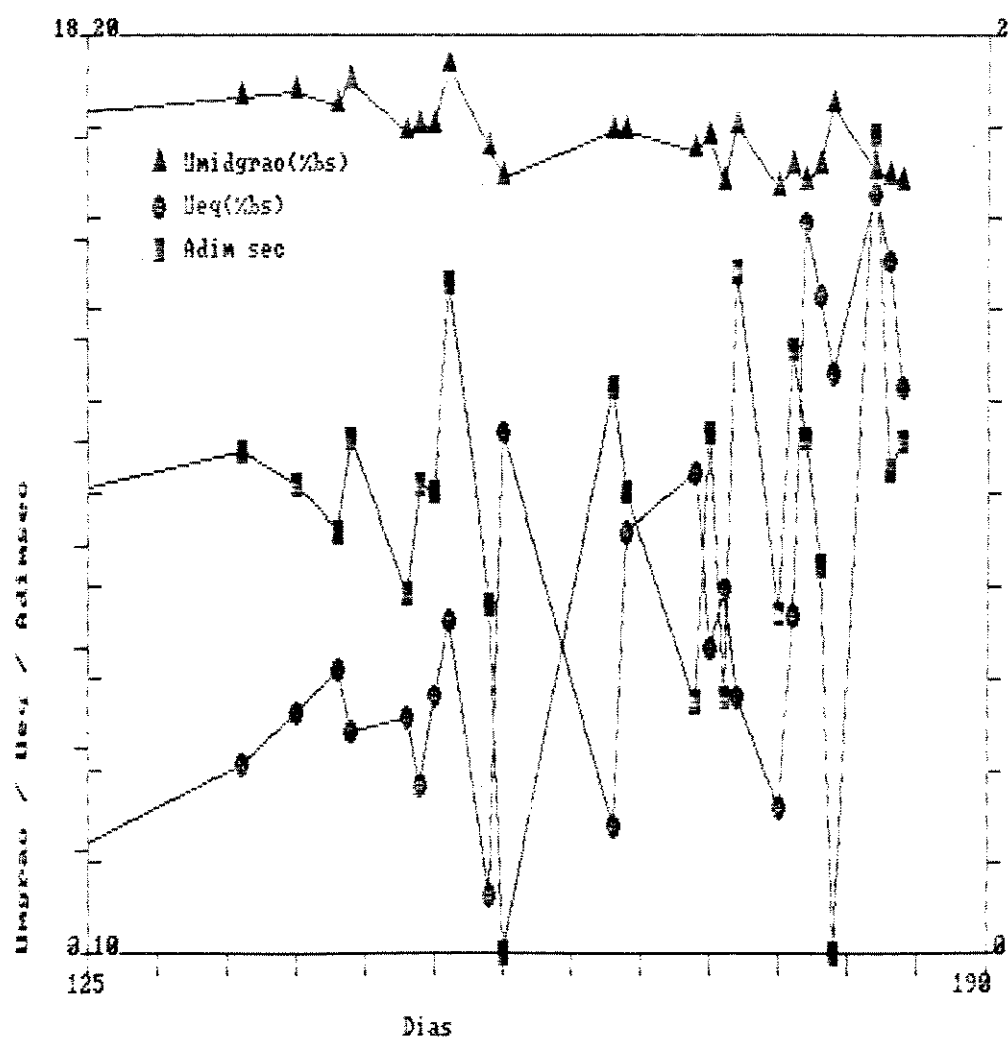


GRÁFICO 20 = Umidade dos grãos, unidade de equilíbrio e adimensional de secagem

CONCLUSÕES

O equipamento, originalmente concebido para a conservação de grãos a nível de fazenda, através de um processo de secagem seguido por um período de armazenagem monitorada, obteve resultados satisfatórios na conservação do feijão por vários meses (cerca de 6 meses em cada teste), sem, entretanto, haver ocorrido um processo de secagem nos níveis usuais, o que significa que o produto foi armazenado e conservado com boa qualidade com altos teores de umidade (entre 15% bs e 17% bs). Tal resultado justifica uma investigação posterior e acurada acerca das causas do fenômeno.

O equipamento aplica-se, portanto, como um armazém apropriado para a conservação de feijão a nível de pequena propriedade, ao possibilitar a armazenagem de cerca de 1,0 (uma) tonelada de produto.

De acordo com os testes realizados, constatou-se que não é necessário o controle rigoroso dos parâmetros envolvidos no processo, sendo necessários o controle visual durante a armazenagem (principalmente para prevenir ataques de insetos) e a interrupção do fluxo de ar para condições de altas umidades relativas ambientais.

A adoção do equipamento é viável para o pequeno agricultor, dado que, ao propiciar um armazenamento de qualidade, permitirá melhores condições de comercialização

do produto. Além disso, o equipamento apresenta facilidade de operação e de construção e manutenção locais.

O equipamento pode ser enquadrado nas concepções que enfatizam a solução dos problemas relativos à satisfação das necessidades básicas da população, ao buscar contribuir para o aumento da renda dos pequenos produtores e voltar-se ao setor de alimentos básicos, dentro de um conceito de proporcionar maior autonomia ao produtor, ao apresentar uma escala de produção pequena e descentralizada.

Do ponto de vista ambiental, é absolutamente seguro, por utilizar recursos renováveis e abundantes, através do uso integrado de fontes de energia renovável, não produzindo resíduos poluentes.

O equipamento enquadra-se, portanto, em grande medida, na conceituação discutida na primeira parte e constitui uma contribuição mais ao esforço de demonstrar que conceitos tais como o de autonomia, pequena escala e prudência ambiental, discutidos ao longo do trabalho, podem ser aplicados na busca de soluções para os problemas enfrentados pela pequena produção rural.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUIAR, R.C. Alimentos: um prato cheio de problemas. Revista Brasileira de Tecnologia, Brasília, 12(1). 66-70, Jan-mar 1981.
2. ALBUQUERQUE, C.A. Agroenergia: energia como fator de desenvolvimento rural. In: CONGRESSO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA. Jaboticabal, SP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, 1985. Anais.
3. AUDIBERT, P. A energia solar. Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1979.
4. BARROS Neto, C.M. Armazenagem e conservação de grãos. São Paulo, Companhia Energética de São Paulo (CESP), 1980.
5. BATISTA, L. As novas energias podem vir do campo. Revista do Clube de Engenharia, São Paulo, p.28-29, dez 1979.
6. BHATT, V.V. Development problem, strategy, and technology choice : Sarvodaya and socialist approaches in India. In : Economic development and cultural change. Chicago, University of Chicago. 1982. p.85-99.
7. BODEK, A. How to construct a cheap wind machine for pumping water: instructions for building a Savonius rotor for water pumping. Quebec, Brace Research Institute-McGill University, 1965.
8. BRACE RESEARCH INSTITUTE. A survey of solar agricultural dryers. Quebec, Canada, McGill University Press, 1975.
9. BRASIL. Ministério da Agricultura. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. Fichário de tecnologias adaptadas. Brasília, DF, EMBRATER, 1980 a 1985. Fascículos 1 a 25.
10. BRASIL. Ministério da Agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Princípios de secagem. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1983. Relatório interno.
11. BRASIL. Ministério da Agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologia e energias alternativas na agricultura brasileira. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1982. Relatório interno.
12. BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Energia da biomassa : alavanca de uma nova política industrial. Brasília, D.F., STI - MIC, 1986.

13. BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Manual de energia solar. Brasília, STI/MIC, 1978.

14. BRASIL. P.I. nº 8504178. Aparelhagem para secagem e armazenamento de materiais biológicos. 1985.

15. BRASIL. Secretaria do Planejamento. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Ação Programada em Ciência e Tecnologia : fontes novas e renováveis de energia. In : III Plano Brasileiro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT). Brasília, D.F., CNPq, 1981.

16. BRASIL. Secretaria do Planejamento. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Programa de transferência de tecnologias apropriadas ao meio rural (PTTA). Brasília, CNPq, 1983.

17. BRASIL. Secretaria de Planejamento. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Programa Nacional de Engenharia Agrícola. Brasília, CNPQ, 1982.

18. BRITO, O.E.A. O impacto ambiental dos programas energéticos. Revista Brasileira de Tecnologia, Brasília, 12(1): 3-8, jan-mar 1981.

19. BUARQUE, C. & BUARQUE, S.C. Tecnologia apropriada : una política para la banca de desarrollo de America Latina. Lima, Peru, Asociación Latinoamericana de Instituciones Financieras de Desarrollo. 1983.

20. CARVALHO, H.M. Tecnologias socialmente apropriadas: muito além da questão semântica. Londrina, PR, IAPAR, 1982. Série Documentos IAPAR nº 4.

21. CENTREINAR. Jornal de Armazenagem, 7(21), mar-jun 1985.

22. CHEREMISINOFF, N.P. Fundamentals of wind energy. Ann Arbor, Michigan, Ann Arbor Science Publishers Inc., 1979.

23. CONGDON, R.J. et alii. Introduction to appropriate technology. Emmaus, PA, Rodale Press, 1977.

24. DAGNINO, R.P. Tecnologia apropriada: algumas reflexões. Campinas, NPCT/UNICAMP, s/d. mimeo. 12p.

25. DAGNINO, R.P. Tecnologia apropriada: uma alternativa ? Tese de Mestrado. Brasília, UnB, 1977. 257p.

26. DARROW, K. & PAM, R. Appropriate technology sourcebook. Third printing updated. Stanford, CA, Volunteers in Asia, 1978.

27. DARROW, K.; PAM, R. & KELLER, K. Appropriate technology Sourcebook - vol II. Stanford, CA, Volunteers in Asia, 1981.

28. DUNN, P. D. Appropriate technology : technology with a human face. London, MacMillan Press, 1978.

29. EXELL, R. H. B. & KORNSAKOO, S. A low-cost rice dryer. Bangkok, Thailand, Asian Institute of Technology, 1977.

30. EXELL, R. H. B. & KORNSAKOO, S. Solar rice dryer. Bangkok, Thailand, Asian Institute of Technology, 1978.

31. FARONI, L. D. R.; SINÍCIO, R. & ROA, G. Comparação de três sistemas de secagem e armazenamento de milho em fazenda. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, 7(2): 45-51, 1982.

32. FEIJÃO. O Estado de São Paulo, Suplemento Agrícola XXX (1595): 11. 16/4/1986.

33. FILGUEIRAS, G. Energização no meio rural brasileiro através do aproveitamento da biomassa. Energia: fontes alternativas, 1 (1): 13-22, mar-abr 1979.

34. FINEP. Plano de trabalho do Grupo de Fontes Alternativas de Energia. Rio de Janeiro, FINEP, 1974.

35. FURTADO, A. T. Energie de la biomasse et style de developpement : le leçons du Programme Pro-Alcool au Bresil. These pour le Doctorat en Economie. Paris, Universite de Paris I - Pantheon - Sorbonne, 1983. 288p.

36. GANAPATHY, R. S. Rural energy and development : a strategic planning analysis. Roma, Scuola Internazionale di Energia Solare (SIES), 1986. Teaching material for the course "Energy on Agriculture".

37. GERMAN APPROPRIATE TECHNOLOGY EXCHANGE (GATE). Devices for food drying - state of technological report on intermediate solutions for rural application. Eschborn, West Germany, Deutsche Gesellschaft für Technische, 1979.

38. HAYES, D. Solar possibilities. Energy, London, 4: 761-68, 1979.

39. HERRERA, A.O. Desarrollo, medio ambiente y generación de tecnologías apropiadas. In : SUNKEL, O. & GLIGO, N. (org.). estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina. Mexico, D.F., Fondo de Cultura Económica, 1980. p. 558-89.
40. HERRERA, A.O. Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita. Desarrollo económico - Revista de Ciencias Sociales, 13(49): 98-112, abr-jul 1973.
41. HERRERA, A.O. Reflexões sobre o planejamento científico e tecnológico. Campinas, NPCT/UNICAMP, s/d. 18p. mimeo.
42. HERRERA, A.O. Research and development systems in rural settings: background of the project. Tokyo, United Nations University, 1982.
43. HERRERA, A.O. Transferencia de tecnología y tecnología apropiada - contribución a una visión prospectiva de largo plazo. Campinas, NPCT/UNICAMP, s/d. mimeo. 25p.
44. ISMAIL, K.A.R. et alii. Rotor de Savonius: teoria e otimização. In: I^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA. Rio de Janeiro, 1978. Anais: p. 435-47.
45. JEQUIER, N. The major policy issues. In : JEQUIER, N. Appropriate technology : problems and promises. Paris, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 1976.
46. JESCH, L.F. Solar energy today. London, International Solar Energy Society - UK section, 1981.
47. JORGE, J.T. & ALAS, A.C. (coord). Anais do Seminário sobre secagem de produtos agrícolas com energia solar. Campinas, UNICAMP/CNPq/OEA, 1983.
48. KESTENBAUM, A. (org.). Technology for development. London, Centre for World Development Education, 1977.
49. KRANERT, G. Tecnologia: energia eólica. Energia: fontes alternativas, 4 (23): 24-30, 1982.
50. LAWAND, T.A. et alii. Brace Research Institute's handbook of appropriate technology. In : JEQUIER, N. Appropriate technologies : problems and promises. Paris, OECD, 1976.
51. LOVINS, A.B. Soft energy technologies. Annual review of Energy, London, 3: 477-517, 1978.

52. MERRILL, R. & GAGE, T. Energy primer : solar, water, wind, and biofuels. Updated and revised edition. New York, Dell Publishing Co, Inc, 1978.

53. MOLLO-MOLLO. Repensar a energia. Lisboa, Editorial Vega, 1974. Coleção Senso Comum vol.4.

54. NADER, L. & BECKERMAN, S. Energy as it relates to the quality and style of life. Annual Review of Energy, London, 3: 1-28, 1978.

55. OLIVEIRA Filho, D. Estudo comparativo de secadores solares. Tese de Mestrado. Viçosa, Universidade Federal de Minas Gerais, 1983. 97p.

56. ONU. Food and Agricultural Organization. Current and planned FAO activities in new and renewable sources of energy. Rome, FAO, 1986.

57. ONU. Food and Agricultural Organization. Oficina Regional Para America Latina y Caribe. Desarrollo rural : soluciones simples para problemas complexos. Santiago, Chile, FAO, 1988. Serie Desarrollo Rural nº 7.

58. ONU. United Nations Industrial Development Organization. Technology for solar energy utilization. New York, UNIDO, 1978. Development and Transfer of Technology Series nº 5.

59. PARK, K. et alii. Aparelhagem para secagem e armazenagem de materiais biológicos. s/e, 1985. Relatório interno para o XIII Concurso Nacional do Invento Brasileiro - Prêmio Governador do Estado da Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo.

60. PARK, K. J. et alii. Equipamento para secagem e armazenagem de produtos biológicos. In: IIº CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MATÉRIA. São Paulo, FINEP, 1986. Anais: p.1533-44.

61. PARK, K. J. et alii. Filosofia de uma pesquisa agroindustrial centrada no homem. Campinas, FEA/UNICAMP, 1985. mimeo. 8p.

62. PEREIRA, J. A. M. et alii. Secador de grãos com ar movimentado por convecção natural. Jornal da Armazenagem, Viçosa, 7(21): 5-6, 1985.

63. PIMENTEL, D. et alii. Food production and the energy crisis. Science, 182: 443-49, nov 1973.

64. PRATA, A.S. & PEREIRA, P.V. Colectores a baixo potencial - Aquecimento Solar. Eletricidade, Lisboa, 19: 291-6, jul-set 1960.
65. PUZZI, D. Manual de armazenamento de grãos: armazéns e silos. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1977.
66. QUESADA, A.V. Energia y evaluación del impacto ambiental. Revista Energética da OLADE, Caracas, 24: páginas 1, mar-abr. 1982.
67. RATTNER, H. Tecnologia e sociedade : uma proposta para os países subdesenvolvidos. São Paulo, Editora Brasiliense, 1980.
68. REVELLE, R. Energy sources for rural development. Energy, London, 4: 969-87, 1979.
69. ROA, G. & ROSSI, S.J. Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo - Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1980.
70. ROA, G. Secagem e armazenagem dos principais alimentos brasileiros usando ar natural, coletores solares, sistemas armazenadores de energia solar e gasogênios. Viçosa, M.G., Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), 1979.
71. SACHS, I. Bioconversão da energia solar e aproveitamento dos recursos renováveis : em direção a uma nova civilização industrial nos trópicos. Belo Horizonte, CETEC, 1977. mimeo. 11p.
72. SACHS, I. Desenvolvimento, meio-ambiente e avaliação de técnicas. Belo Horizonte, CETEC, 1977. mimeo. 23p.
73. SACHS, I. Ecodesenvolvimento : crescer sem destruir. São Paulo, Ed. Vértice, 1986.
74. SACHS, I. Habitat, ecodesenvolvimento e técnicas suaves. Belo Horizonte, CETEC, 1977. mimeo. 14p.
75. SACHS, I. População, tecnologias, recursos naturais e meio-ambiente. Belo Horizonte, CETEC, 1977. mimeo. 15p.
76. SACHS, I. Princípios do ecodesenvolvimento. Belo Horizonte, CETEC, 1977. Conferência, mimeo. 27p.

77. SANTOS, L.A. Construção e avaliação de um coletor armazenador de energia solar, não convencional, para aquecimento de ar na secagem de produtos agrícolas. Tese de Mestrado. Campinas, FEAA/UNICAMP, 1980. 135p.

78. SCHUMACHER, E.F. O negócio é ser pequeno: um estudo de Economia que leva em conta as pessoas. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1977.

79. SHELL BRASIL S.A. Tecnologia: energia solar. Energia: fontes alternativas, 5 (29-30), out-dez 1983.

80. SINGER, H. Tecnologias para satisfacer las necesidades esenciales. Ginebra, Organización Mundial do Trabalho (OIT). 1978.

81. STONER, C.H. Producing your own power : how to make Nature's energy sources work for you. Emmaus, PA, Rodale Press, 1974.

82. SUNKEL, O. & GLIGO, N. (org). Estilos de desarrollo y medio ambiente en la America Latina. Mexico, D.F., Fondo de Cultura Económica, 1980.

83. SUNWORLD. Solar drying and evaporation. New York, vol. 4, nº6, 1980. Special edition.

84. TOHA, J. et alii. Estudio teorico experimental del rotor de Savonius. In: IVº CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA. Florianópolis, SC, 1977. Anais: p.577-89.

85. TORRES, C.C. Aplicação da energia solar à agricultura. Boletim da ABES, João Pessoa, Pb, ano 1 (2): 22-31, 1979.

86. UNITED STATES OF AMERICA. Department of Health, Education and Welfare. Food and Drug Administration. Bacteriological analytical manual for foods. 4th edition. Washington, DC, FDA, 1976.

87. UNITED STATES OF AMERICA. National Academy of Sciences. Board on Science and Technology for International Development. Advisory Committee on Technology Innovation. Energy for rural development : renewable resources and alternative technologies for developing countries. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1976.

88. UNMOLE, H. Energy and agriculture : their growing interactions and implications for the developing countries. Roma, Scuola Internazionale di Energia Solare (SIES), 1986. Teaching material for the course "Energy on Agriculture".

89. VASCONCELOS, R.F.F.P. & CARVALHO, H.J.P. Seminário sobre Secagem. Rio de Janeiro, COPPE - UFRJ, 1983. Relatório interno.

90. VIDAL, J.W.B. Energia da biomassa. Culturas energéticas: Biomassa, São Paulo, 6(14): 24-35, nov 1986-mar 1987.

91. VILLA, L.G. & ROA, G. Secagem e armazenagem de grãos e sementes em silos, mediante a utilização de ar ambiente e com o auxílio de coletores solares. Viçosa, M.G., Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), 1980.

92. VILLÇA, A.C. Secagem e armazenagem de grãos em pequenas propriedades. Tese de Mestrado. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1988. 90p.

93. WAGNER, R. Cataventos Savonius para irrigação na região de Campos. Tese de Mestrado. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1982. 184p.

94. WILLIAMS, J.R. Solar energy : technology and applications. 2nd edition. Ann Arbor, Michigan, Ann Arbor Science Publishers Inc., 1977.