

11. MACHADO, E.C.; PRATES, H.S.; FREIRE, J. de A. **Manual de armazenamento de grãos**. Campinas, CATI, 1977. 118p.
12. PUZZI, D. **Conservação dos Grãos Armazenados**. São Paulo, Ceres, 1973. 217p.
13. PIMENTEL, M. de L.; AGUIAR, P.A.A. & SILVA, M.C.L. da. **Conservação de sementes armazenadas nas diversas zonas fisiográficas do Estado de Pernambuco**. Recife, *Pesq. Agrop. Pernamb.* Recife, 2(1) : 61-72, 1978.
14. ROA, G. **Subsídios técnicos para uma política de armazenamento de grãos**. Campinas, Fundação Cargill, 1979. 64p.
15. SALGADO, L.Q. & SOUZA, J.C. de. **Controle das pragas dos produtos armazenados**. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1982. 16p. (ESAL. Boletim Técnico, 4).
16. VILLA, L.G. & ROA, G. **Secagem e armazenamento da soja industrial e sementes a granel**. Campinas, Fundação Cargill, 1979. 64p.

GASOGÊNIO: UMA ALTERNATIVA PARA TORNAR AUTÔNOMA ENERGETICAMENTE A SECAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS.

Valtrudes P. Franco *
Bárbara H. M. Mantovani **

RESUMO

Foi testado um conjunto composto por um motor Ciclo Otto, alimentado por gás pobre de um aparelho gasogênio a carvão vegetal, que movimenta um ventilador centrífugo, acoplado a um silo metálico com fundo falso de chapa perfurada. O motor, ao funcionar, movimenta o ventilador, enquanto que o calor dissipado pelo conjunto é aproveitado para aquecer o ar de secagem. Os resultados obtidos indicam uma capacidade de secagem de 0,6 toneladas de milho por hora a um custo de Cz\$ 16,70 por tonelada.

ABSTRACT

A set constituted by an Otto cycle engine moved by low BTU gas from a wood charcoal gasogene, was tested. This set moves a centrifugal fan connected to a perforated floor metallic bin. The engine supplies work to move the fan and the setwaste heat warms the drying air. The evaluated corn drying capacity is 0,6 ton/h and the drying costs are US\$1.2 per ton.

INTRODUÇÃO

O Conselho Nacional de Petróleo — CNP (1982) baixou, em 15 de agosto de 1980, a portaria CNP/DIPAB Nº 387, suspendendo o fornecimento de óleo diesel e óleo combus-

* *Engenheiro Mecânico, MS — Pesquisador do CNPMS/EMBRAPA. Cx. Postal 151. 35700 — Sete Lagoas, MG.*

** *Engenheira-Agrônoma, PhD — Pesquisadora do CNPMS/EMBRAPA. Cx. Postal 151. 35700 — Sete Lagoas, MG.*

tível C para queima em caldeiras, fornos, secadores e similares, atingindo, portanto, o processo de secagem de produtos agrícolas. A mesma portaria, recomenda a substituição destes insumos por lenha, eletricidade e outras fontes alternativas de energia não oriundas do petróleo.

Esta determinação desencadeou a busca de soluções para secagem de produtos agrícolas e alguns órgãos de pesquisa tem apresentado soluções alternativas, técnica e economicamente viáveis.

Uma destas soluções é, a utilização de gaseificadores de biomassa que geram gases combustíveis que podem alimentar um combustor, para aquecer o ar de secagem, Roa (1979), ou ainda, alimentar motores de combustão interna, para fornecer trabalho ao sistema de secagem (beneficiadores, transportadores de grãos e ventiladores) além de calor para aquecimento, através do aproveitamento do calor rejeitado pelo motor, principalmente, pela descarga e pelo radiador. Chancellor et al (1973); Franco (1985).

Embora as duas formas de se empregar gaseificadores para secagem sejam perfeitamente viáveis, a segunda é mais atrativa, pois elimina a necessidade de eletricidade para acionar motores no sistema de secagem.

Um outro aspecto relevante é que, como o conjunto motor e gasogênio — como é mais comumente conhecido — normalmente é utilizado em irrigação e, na época de secagem está praticamente ocioso, pode ser adaptado facilmente para operar um sistema de secagem. Para isto, instala-se no lugar da bomba de irrigação um eixo com polias, para movimentar o ventilador, o beneficiador e os transportadores de grãos, reduzindo assim os investimentos em máquinas nas atividades agrícolas de irrigação e secagem de grãos, podendo ainda, suprir de energia, na forma mecânica, propriedades que não dispõem de eletrificação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi feita a adaptação de um aparelho gasogênio metálico e compacto, marca Siquieroli, a um conjunto de irrigação equipado com um motor, marca Chevrolet, com as seguintes características:

- . volume deslocado: 4,8 l
- . taxa de compressão: 12:1
- . combustível original: álcool
- . potência máxima com álcool: 150 CV a 4000 RPM
- . número de cilindros: 6 em linha

O aparelho gasogênio apresenta as seguintes características:

- . combustível gaseificável: carvão vegetal
- . classificação: fluxo cruzado
- . volume do reservatório de carvão: 300 l
- . altura do aparelho: 1,30 m
- . comprimento: 1,15 m
- . largura: 0,5 m
- . pesos: líquido 130 kg; bruto 250 kg

As partes componentes do aparelho gasogênio são ilustradas na Figura 1.

Para o sucesso da adaptação, tanto o motor quanto o gasogênio sofreram algumas modificações.

No motor, algumas partes foram modificadas para ajustá-lo ao funcionamento exclusivo com gás pobre. O carburador foi eliminado e em seu lugar montou-se um misturador ar-gás (dosador), composto de borboletas reguladoras da passagem de ar e gás, câmara de homogeneização da mistura e borboleta do acelerador, como mostra esquematicamente a Figura 2.

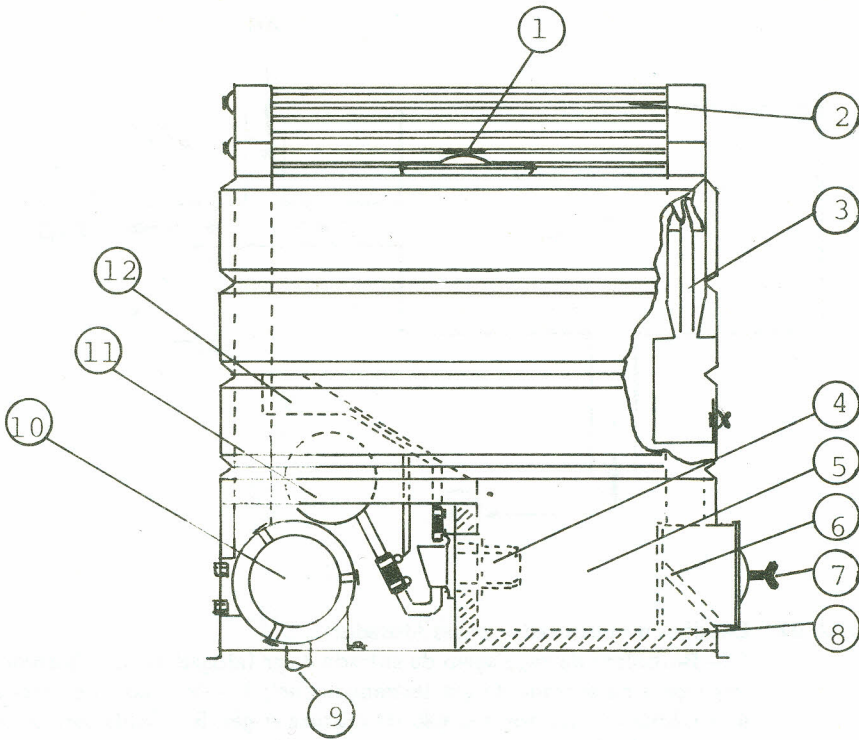


FIGURA 01. Detalhes dos componentes do aparelho gosogênio.

1 – Tampa de abastecimento; 2 – Resfriador de gás; 3 – Ciclones; 4 – Maçarico; 5 – Leito de gaseificação; 6 – Grelha; 7 – Tampa de limpeza do leito; 8 – Isolamento térmico; 9 – Saída de gás p/ o motor; 10 – Filtro de gás; 11 – Tanque de água de resfriamento do maçarico; 12 – Condensador de vapor.

No coletor de admissão foi obstruída a passagem dos gases quentes da descarga, ajustando-se uma placa de amianto entre este coletor e o de descarga, com a finalidade de reduzir o reaquecimento da mistura. Este método de aquecimento é de grande importância no motor a álcool para auxiliar na evaporação deste combustível.

O distribuidor foi regulado para que a centelha fosse emitida a 30° antes do ponto morto superior.

A hélice do ventilador do motor foi substituída por uma invertida, com a finalidade de soprar o ar através do radiador e dos trocadores de calor montados antes e depois do mesmo.

No sistema elétrico foram empregados uma bobina de maior tensão para produção de centelhas mais fortes, bateria com maior capacidade de carga para partidas mais demoradas e velas mais quentes com eletrodos finos.

O motor não foi equipado com sistema de embreagem, sendo a tomada de força feita por meio de um acoplamento do tipo luva elástica, através da qual movimentava-se uma bomba centrífuga para irrigação. Para o trabalho de secagem, a bomba foi retirada e em seu lugar instalado um eixo transmissor equipado com uma polia de três cavidades, para movimentar o ventilador de insuflamento de ar e/ou outro equipamento qualquer. Neste trabalho, o eixo foi empregado somente na movimentação do ventilador de insuflamento.

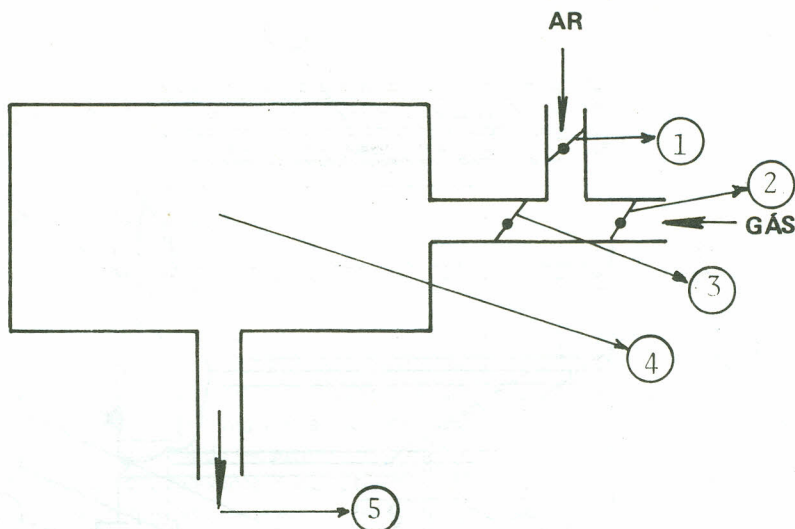


FIGURA 02. Detalhes do misturador ar-gás (dosador):

- 1** – Borboleta de regulagem da entrada de ar (afogador); **2** – Borboleta de regulagem da entrada de gás (estrangulador); **3** – Borboleta do acelerador; **4** – Câmara de homogeneização da mistura ar-gás; **5** – Saída para o coletor de admissão do motor.

O cano de descarga foi desviado para a parte dianteira do conjunto para ser ligado a um trocador de calor instalado à frente do radiador do motor.

No aparelho gasogênio foram modificadas algumas partes, com a finalidade de adequá-lo ao funcionamento estacionário, uma vez que este é normalmente empregado em caminhões e comionetas à gasolina. O sistema de resfriamento do gás foi repositonado, passando o gás do radiador para um trocador de calor de tubos verticais achatados (resfriador de gás) instalado entre a hélice do ventilador e o radiador do motor. O sistema de filtragem do gás foi transferido para próximo da admissão do motor, fixado sobre o painel de controle.

No local onde originalmente se posicionava o sistema de filtragem foi instalado um ventilador elétrico alimentado pela bateria, com a finalidade de forçar o ar através do maçarico no início de operação do aparelho. Os comandos de partida do gasogênio e do motor estão localizados em um painel de controle instalado no lado oposto ao gasogênio. A injeção de vapor à entrada do maçarico, com a finalidade de enriquecimento do gás gerado, foi desviada, por ter causado umidade em excesso no gás e consequentes entupimentos do filtro e ferrugem na tubulação de gás.

Após estas modificações, confeccionou-se um duto coletor de ar quente ajustável à frente do trocador de calor da descarga e ligado à sucção do ventilador de insuflamento no silo. Desta forma, o ar, ao passar através do resfriador de gás, radiador do motor e trocador de calor da descarga, aquecendo-se, é succionado pelo ventilador e forçado para dentro de um silo secador. Este duto foi confeccionado em chapa galvanizada n.º 18, sem isolamento térmico do ambiente.

A Figura 3 mostra uma vista geral do sistema instalado para uso em secagem, evidenciando os pontos de tomada de dados. Deve ser ressaltado que o sistema é facilmente

montável e desmontável para aplicar-se à secagem e à irrigação, de acordo com a conveniência.

O silo é do tipo metálico, com fundo falso em chapa perfurada, diâmetro de 5 m e altura de 7,2 m.

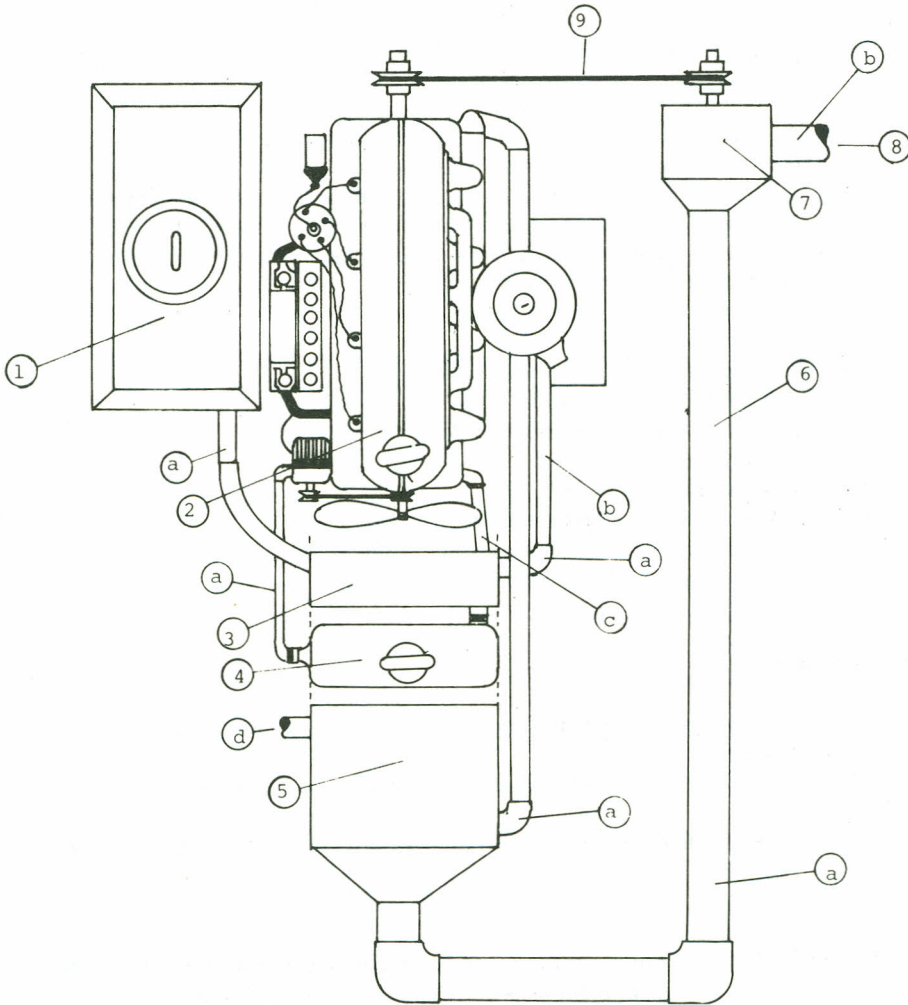


FIGURA 03. Vista superior e pontos de tomada de dados no sistema instalado para secagem. 1 - Aparelho gasogênio; 2 - Motor; 3 - Resfriador de gás; 4 - Radiador do motor; 5 - Trocador de calor da descarga; 6 - Duto cond. de ar quente; 7 - Ventilador centrífugo; 8 - Duto cond. de ar quente p/ silo; 9 - Transmissão de força p/ Ventilador. a - Leitura de pressão, temperatura; b - Leitura de vazão, pressão e temperatura; c - Leitura de fluxo de massa, pressão e temperatura; d - Leitura de vazão e temperatura.

SIMULAÇÃO DA SECAGEM

Como não foi possível a secagem de produtos agrícolas, devido à não coincidência da fase de testes do sistema com a disponibilidade de grãos úmidos, foi feita uma simulação de secagem de milho, utilizando o modelo de Hukill citado por Mantovani (1976).

A escolha do modelo matemático de Hukill para simulação da secagem é devido ao fato do modelo descrever o processo de secagem com razoável precisão, ser simples e requerer pouco tempo de computação, além de estar disponível em linguagem acessível. Mantovani (1976).

A simulação foi realizada em um microcomputador TK-85, com o modelo programado em linguagem basic, de acordo com o programa citado por Franco (1985).

Os valores de temperatura e vazão de ar de secagem obtidos no sistema acoplado ao silo, foram utilizados para simular o processo de secagem de milho pelo modelo matemático de Hukill e executou-se o programa para as rotações de teste do motor onde foram utilizadas a temperatura média e a vazão média do ar de secagem em cada rotação, com a finalidade de mostrar a capacidade de secagem do equipamento, caracterizada pelo tempo de secagem, pela massa de grãos a secar e pelo gradiente de umidade entre a camada inferior e superior de grãos.

Os dados de entrada no programa foram:

- . produto a secar: milho
- . peso específico aparente do produto: 750 kg/m^3
- . umidade inicial: 19% base úmida
- . umidade final desejada: 13% base úmida
- . altura da camada a secar: 20 cm
- . área do silo secador: $23,86 \text{ m}^2$
- . pressão atmosférica local: 698 mmHg
- . temperatura média local durante os testes: 23°C
- . umidade relativa média do ar durante os testes: 70%

RESULTADOS

O conjunto foi ensaiado em 5 rotações diferentes para determinar as condições ótimas de funcionamento.

O Quadro 1 mostra o consumo medido de carvão vegetal durante os testes nas várias rotações.

As condições ambientais durante a realização dos testes são apresentadas no Quadro 2.

QUADRO 1.- Fluxo de massa de carvão (m_c) consumido nos testes de campo em diversas rotações do motor (RPM).

RPM	1500	1750	2000	2250	2500
m_c (kg/h)	5,80	6,10	6,50	8,25	11,50
	5,30	6,30	6,80	9,50	11,20
	4,80	5,80	6,30	8,80	12,51
Média	5,30	6,10	6,53	8,85	11,76

Foram realizadas duas simulações em cada rotação: uma em que os grãos seriam revolidos de 2 em 2 horas e outra em que não haveria revolvimento.

Os dados obtidos em testes, para efeito de simulação, são apresentados no Quadro 3.

QUADRO 2. Condições ambientais médias nos momentos de medições: Pa – pressão atmosférica local; Ta – Temperatura ambiente; UP – umidade relativa do ar.

RPM	1500	1750	2000	2250	2500
Pa (N/cm ²)	9,28	3,28	9,30	9,27	9,30
Ta (°C)	32,0	31,0	30,0	31,0	20,0
UR (%)	46,0	38,3	58,0	49,2	94,2

QUADRO 3. Dados de testes necessários à simulação: V_a – Vazão de ar de secagem através da camada de grãos; T_{ms} – Temperatura média do ar de secagem.

RPM	1500	1750	2000	2250	2500
V _a (m ³ /min.m ²)	1,8	2,3	2,5	2,8	3,1
T _{ms} (°C)	57,3	60,5	58,9	60,6	54,0

Após a simulação no computador, os resultados obtidos são mostrados nos Quadros 4 e 5.

QUADRO 4. Resultados da secagem simulada de milho, sem revolvimento. t – tempo de secagem; Δu – gradiente de umidade na camada de grãos.

RPM	1500	1750	2000	2250	2500
t (h)	7	6	6	5	6
Δu (%)	11,25	10,52	9,49	9,0	6,86

DISCUSSÃO

Em termos de gradiente de umidade, a secagem com revolvimento é mais recomendada, pois a diferença de umidade entre as camadas de grãos manteve-se dentro dos pa-

drões normalmente utilizados. O primeiro método não será vantajoso, pois pode prejudicar a qualidade dos grãos, pela supersecagem das camadas inferiores.

QUADRO 5. Resultados da secagem simulada de milho, com revolvimento. t — tempo de secagem; Δu — gradiente de umidade na camada de grãos.

RPM	1500	1750	2000	2250	2500
t (h)	7	6	6	5	6
Δu (%)	1,5	3,3	3,0	1,7	2,2

A altura de camada de grãos no silo, fixada em 20 cm, significa uma massa de 3,6 toneladas de milho por lote a ser secado. Em um turno de 12 horas de operação, com o sistema operando a 2500 RPM, poderão ser secados 7,2 toneladas de milho, com um consumo médio de 120 kg de carvão vegetal, representando um consumo específico de 16,7 quilos de carvão por tonelada de milho secado. Em termos de custos, como o preço do carvão vegetal siderúrgico na região de Sete Lagoas — MG é de Cz\$ 1,00 por quilo (maio/86), serão gastos Cz\$ 16,70 por tonelada de milho, considerando somente a energia gasta na movimentação do ventilador e aquecimento do ar de secagem. Um equipamento de secagem mecânica convencional, composto por um combustor de óleo e um trocador de calor, com uma eficácia média de 60%, secando este mesmo milho, consumiria em média 70.000 Kcal/h em óleo diesel ou álcool, caso o equipamento já estivesse adaptado para tal. Isto representa consumos, respectivamente, de 7,5 l/h de diesel e 13,5 l/h de álcool, para aquecimento do ar, adicionando-se a estes valores um consumo de eletricidade pelo motor do ventilador de 1,5 kw, equivalendo a 1.265 Kcal/h de energia térmica. Para o mesmo tempo de secagem do equipamento gasogênio, uma vez que o ventilador é o mesmo e, à mesma rotação, as vazões serão iguais, o custo total de energia deste equipamento convencional para a secagem das 7,2 toneladas de milho estaria em torno de Cz\$ 24,18 por tonelada, no caso de óleo diesel e Cz\$ 42,78 por tonelada, no caso do álcool, considerando os preços dos combustíveis no mês de maio/86.

Com a utilização do conjunto gasogênio, o custo de secagem pode ser reduzido ainda mais se o carvão vegetal for produzido pelo próprio usuário. Neste trabalho, este custo poderia ser reduzido ainda mais se o ventilador utilizado fosse o indicado para o silo onde foram realizados os testes com o equipamento, produzindo maior vazão de ar; com isto poder-se-ia ter aumentado a altura de camada de grãos e reduzido o gradiente de umidade na camada de grãos após a secagem, podendo-se também ter evitado a necessidade de revolvimento de grãos.

CONCLUSÕES

1. O conjunto motriz gasogênio operou durante 76 horas entre os testes de adaptação, instrumentação e quantificação do calor recuperável, período em que não se verificou qualquer alteração no seu funcionamento. Isto indica que seu uso em baixas cargas não o prejudicou visivelmente, entretanto, somente pode-se chegar a uma conclusão definitiva neste sentido após um período maior de observação e avaliando-se os desgastes ocorridos.

2. A adaptação do equipamento de irrigação para operar também em secagem é compensadora em termos econômicos, devido principalmente à redução dos custos operacionais.

3. Esta adaptação é recomendável para propriedades que já disponham de um sistema de irrigação com este tipo de conjunto e que tenham uma estrutura de armazenamento e secagem de grãos.

4. O equipamento pode ter sua capacidade de secagem aumentada utilizando-se ventiladores de maior vazão, o que vai permitir a secagem em camadas mais espessas de grãos por lote.

5. Deve-se realizar uma otimização de uso deste equipamento, visando uma compensação ainda maior ao usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANCELLOR, W.J. et al. "Rice drying with waste engine heat" – ASAE Annual Meeting – 1973. Paper nº 73-323. 18 p.

CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO – CNP – Portaria CNP/DIPAB nº 318 de 27/08/82.

FRANCO, V.P. "Aproveitamento integralizado do calor em um conjunto gasogênio motobomba/secador de grãos". Tese de Mestrado. DET/UFMG. Belo Horizonte, MG. 1985. 103 p.

MANTOVANI, B.H.M. "Análise e simulação de secagem de grãos de milho em camadas espessas". Tese de Mestrado. UFV. Viçosa, MG. 1976. 90 p.

ROA, G.M. "Secagem e armazenagem dos principais alimentos brasileiros usando ar natural, coletores solar, sistemas armazenadores de energia solar e gasogênios". CENTREINAR – UFV. Viçosa, MG. 1979. 75 p.

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "in situ" III: DENSIDADE DE MILHO¹

Marco Almiro Resende Monteiro²

Aderaldo de Souza Silva²

Everaldo Rocha Porto²

Luiza Teixeira de Lima Brito³

RESUMO

Para se determinar as populações de milho variedade Centralmex com o sistema de captação de água de chuva "in situ" mais adequadas as regiões com elevada irregularidade

¹ *Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA-SUDENE/PAPP-BNDES-Finsocial ao XVI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Belo Horizonte, 04 a 08.08.86.*

² *Eng. Agr., M.Sc., em Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-CPATSA, Caixa Postal 23, 56300 – Petrolina, PE.*

³ *Eng. Agrícola, EMBRAPA-CPATSA.*