



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

***UTILIZAÇÃO DE UM SECADOR SOLAR PARA DESINTOXICAÇÃO DA
TORTA DE MAMONA***

Dissertação submetida à
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
como parte dos requisitos para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

ELENISE BARRETO BARBOSA ANUNCIÇÃO

Prof. José Ubiragi de Lima Mendes

Salvador-Bahia
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
UTILIZAÇÃO DE UM SECADOR SOLAR PARA DESINTOXICAÇÃO DA
TORTA DE MAMONA

ELENISE BARRETO BARBOSA ANUNCIÇÃO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA
sendo aprovada em sua forma final.

Prof. Dr. José Ubiragi de Lima Mendes – orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ubiragi de Lima Mendes – orientador

Prof. Dr. Luiz Guilherme Meira de Souza - UFRN

Prof^ª Dr^a Djane Santiago de Jesus – CEFET-BA

Salvador 24 de Janeiro de 2007

DEDICATÓRIAS

A Deus,
por sua infinita bondade, pela dádiva da vida e liberdade de escolha.

Aos meus pais, Edgar e Otaciana,
por acreditarem que podemos construir um futuro melhor com base na educação.

A Renato da Anunciação Filho,
pelos momentos de encorajamento e apoio incondicional.

Aos meus filhos, Renato e Matheus,
amores da minha vida e fontes de inspiração na busca pelo conhecimento.

AGRADECIMENTOS

À empresa BOM-Brasil óleo de mamona LTDA e seu funcionário o Sr. Paulo César Bastos, pela doação da torta de mamona utilizada na pesquisa.

Ao prof^o Dr. José Ubiragi de Lima Mendes, pela dedicação e profissionalismo.

Aos professores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, que contribuíram para a difusão do conhecimento na área de estudo.

Aos coordenadores, Prof^o Dr. Rubens Marimbondo do Nascimento e Prof^a Dra. Djane Santiago de Jesus, pela condução, disponibilidade e profissionalismo junto ao Programa de Pós Graduação.

Aos pesquisadores, Dr. Liv Soares Severino, Dra. Márcia Hoffman e Dra. Olga Lima Tavares Machado que realizaram as análises das amostras de torta de mamona.

A prof^a Dra. Núbia Moura, pela colaboração nas aulas de Inglês.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	33
3.1	Movimento aparente do sol: declinação solar, ângulo zenital, ângulo de incidência, equinócio, solstício, radiação solar direta e indireta.	33
3.1.1	O Sol	33
3.1.2	Constante Solar	34
3.1.3	Posição do Sol com relação à Terra	34
3.1.4	Direção da radiação direta	35
3.1.5	Solstícios e Equinócios	37
3.1.6	A energia solar	38
3.2	Propriedades físicas: condutividade térmica, difusividade térmica, calor específico, densidade, absorção de umidade	39
3.2.1	Transferência de calor	39
3.2.2	Condução	39
3.2.3	A condutividade térmica	40
3.2.4	Densidade	41
3.2.5	Calor específico	42
3.2.6	Difusividade térmica	42
3.2.7	Absorção de umidade	43
3.3	Propriedades de superfície: absortividade, refletividade e transmissividade	44
3.3.1	Radiação	44
3.3.2	Distribuição de Plank	45
3.3.3	Lei de Stefan-Boltzmann	46
3.3.4	Absortividade, refletividade, transmissividade	47
3.3.5	Cálculo do teor de ricina no extrato bruto por SDS PAGE (gel de poliacrilamida com sódio dodecilsulfato para eletroforese)	49
4	METODOLOGIA	51
5	RESULTADOS	57
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	68
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICES	76
	ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

		Página
Fig. 2.1	Ciclo de plantio da mamona / fonte: Embrapa	18
Fig. 2.2	Efeito estufa no secador solar	25
Fig. 2.3	Secador de exposição direta: convecção livre	26
Fig. 2.4	Secador de exposição direta: convecção forçada	26
Fig. 2.5	Resistências térmicas em um coletor solar plano	28
Fig. 2.6	Secador de exposição indireta convecção natural	29
Fig. 2.7	Secador de exposição indireta convecção forçada	29
Fig. 2.8	Secador solar de exposição direta (Winrock International Brasil)	30
Fig. 2.9	Secador de exposição indireta nos municípios de Flexeiras e Guajiru	31
Fig. 2.10	Secador de exposição direta utilizado na secagem de frutas	31
Fig. 2.11	Secador solar utilizado para secar madeiras em Santarém/Pa	32
Fig. 2.12	Secagem de damasco em San José de Maipo/Chile	32
Fig. 2.13	Secador solar de exposição indireta na UFRN/Natal	33
Fig. 3.1	Inclinação da Terra	36
Fig. 3.2	Solstícios e equinócios	38
Fig. 3.3	Espectro eletromagnético	45
Fig. 3.4	Radiação Solar	48
Fig. 4.1	Cálculo da altura do secador solar de exposição direta	53
Fig. 4.2	Fotos das etapas de construção do secador de exposição direta	54
Fig. 4.3	Orientação do coletor solar	54
Fig. 4.4	Secador solar com concentrador	55
Fig. 5.1	Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta- 2ª amostra	59
Fig. 5.2	Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta- 3ª amostra	59
Fig. 5.3	Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta- 4ª amostra	60
Fig. 5.4	Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta- 5ª amostra	60
Fig. 5.5	Temperatura no secador solar com concentrador de 1m ² , com tempo de secagem de 0,5 horas, amostras b, c, d, e, f, g	63
Fig. 5.6	Temperatura no secador solar com concentrador de 1m ² , com tempo de secagem de 1 hora, amostras a, b, c, d, e	64
Fig. 5.7	Temperatura no secador solar com concentrador de 1m ² , com tempo de secagem de 3 horas, amostra d	64
Fig. 5.8	Temperatura no secador solar com concentrador de 1m ² , com tempo de secagem de 4 horas, amostra f	65
Fig. 5.9	Temperatura no secador solar com concentrador de 1m ² , com tempo de secagem de 5 horas, amostra g	65
Fig. 5.10	Teor de ricina para amostras com e sem tratamento químico	68

LISTA DE TABELAS**Página**

Tabela. 2.1	Comparação das características das propriedades dos óleos	22
Tabela. 5.1	Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar de exposição direta	61
Tabela. 5.2	Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m ² , com meia hora de exposição ao sol	61
Tabela. 5.3	Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m ² , com uma hora de exposição ao sol	62
Tabela. 5.4	Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 2m ²	62
Tabela. 5.5	Dados referentes às amostras sem tratamento químico, enviadas para análise do teor de ricina	62
Tabela 5.6	Dados referentes às amostras com tratamento químico, enviadas para análise do teor de ricina	63
Tabela. 5.7	Resultados referentes à análise do teor de ricina nas amostras	66
Tabela. 5.8	Resumo de dados referentes as amostras sem tratamento químico	67
Tabela. 5.9	Dados referentes às amostras com tampão PBST	67

LISTA DE ABREVIATURAS

CEFET-BA	Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
AFDC	Alternative Fuels Data Center
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
INPA	Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
Winrock	Organização Internacional de Desenvolvimento Sustentável
IDER	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
USP	Universidade de São Paulo

SÍMBOLOS

A	área, m^2
c	calor específico, $J/Kg.K$; velocidade da luz no vácuo, m/s ; concentração, $mol^{-1}L$
C	constante da radiação de um corpo negro, $W.\mu m^4/m^2$
c_p	calor específico a pressão constante $J/Kg.K$
c_v	calor específico a volume constante $J/Kg.K$
d	dia do ano
E	energia, J
E_n	poder emissivo do corpo negro, W/m^2
E_o	energia média incidente por unidade de área e por unidade de tempo, Wh/m^2
E_{total}	energia total incidente, W/m^2
$E_{\lambda,n}$	taxa de energia monocromática emitida por um irradiador ideal, $W/m^2.\mu m$
G	radiação incidente, W/m^2
G_λ	irradiação espectral, $W/m^2.\mu m$
\bar{h}	coeficiente médio de transferência de calor por convecção, $W/m^2.K$
h	entalpia específica, J/kg
h^o_s	horas de insolação
i	ângulo entre a normal á superfície plana e o feixe incidente, graus
I	intensidade de radiação, W/m^2
I_o	constante solar, W/m^2
K	condutividade térmica, $W/m.K$; graus Kelvin; constante característica dos líquidos
K_o	coeficiente de condutividade térmica a temperatura de referência $0^\circ F$
L	comprimento característico, m
m	massa, Kg
m_{ar}	massa de ar seco, Kg
m_v	massa de vapor de água, Kg
\dot{m}	vazão mássica, Kg/s
n	número de dias do ano
N_1	número de horas durante cada dia
P	pressão, Pa
q''	fluxo de calor, W/m^2
R	resistência térmica K/W
T	temperatura, K
t	tempo, s
T_{sup}	temperatura da superfície, K
u	energia interna específica, J/Kg
U	energia interna, J ; umidade absoluta
V	volume, m^3
W	ângulo horário, graus

LETRAS GREGAS

η_t	rendimento térmico
Δ	variação
ϕ	latitude, graus
δ	declinação solar, graus
β	coeficiente volumétrico de expansão, K^{-1}
γ	ângulo azimutal de superfície, graus
γ_s	ângulo azimutal solar, graus
Θ	ângulo de incidência, graus
Θ_z	ângulo zenital, graus
α_s	ângulo de altitude solar, graus
∇	gradiente
v	volume específico, m^3/Kg ; frequência de uma radiação, s^{-1}
∂	derivada parcial
ρ	densidade, Kg/m^3 ; refletividade
α	difusividade térmica, m^2/s ; absorptividade
λ	comprimento de onda, μm
σ	constante de Stefan-Boltzmann, $W/m^2.K^4$
ϵ	emissividade; coeficiente de absorptividade molar, $cm^{-1}mol^{-1}L$
α_G	radiação absorvida
ρ_G	radiação refletida
τ_G	radiação transmitida
ϵ_λ	emissão monocromática
α_λ	absorptividade espectral hemisférica
ρ_λ	refletividade espectral hemisférica
τ_λ	transmissividade espectral hemisférica
τ	transmissividade

RESUMO

O uso do biodiesel como fonte de energia, que não danifica o meio ambiente e promove o desenvolvimento das regiões que plantam as matérias primas para sua fabricação, é uma alternativa energética incentivada pelos atuais governantes. O processo de fabricação do biodiesel, a partir do óleo de mamona e seus derivados, gera um subproduto conhecido como torta de mamona que vem sendo utilizada como adubo. Desintoxicada ela poderá servir como ração animal, tendo em vista o alto teor de proteínas, apresentando, assim, maior valor agregado. A desintoxicação pode ser obtida por meio do processo de secagem da torta com a construção e utilização de modelos de secadores capazes de elevar a temperatura da torta de mamona a aproximadamente 60°C. Ao atingir essa temperatura, o produto tende a eliminar a ricina, com o auxílio de uma solução aquosa de hidróxido de cálcio ou ainda atingir temperaturas maiores para realizar a desintoxicação sem o tratamento químico. Realizou-se um levantamento bibliográfico quanto aos processos conhecidos para a desintoxicação da torta de mamona que vão desde o uso de autoclave até a secagem ao sol. A partir do estado da arte e identificação do objeto optou-se eliminar a ricina por meio de secadores solares, sendo utilizados dois tipos de secadores o solar de exposição direta e o solar com concentrador. A torta de mamona foi separada em amostras, com medição de sua massa inicial, codificada e colocada nos secadores. Os resultados apresentados sob a forma de gráficos e tabelas, com valores de temperaturas, permitiram que fossem analisadas suas variações e as relações com o teor de ricina eliminado da torta. A análise do teor de ricina foi realizada pela Embrapa -Campina Grande, pelo método de eletroforese. No resultado da análise do teor de ricina das amostras, observou-se que aquelas que tiveram maior tempo de secagem e valor de temperatura em média acima de 60°C apresentavam uma menor taxa de ricina em comparação com as submetidas a maiores temperaturas por um curto período de tempo, assim foi possível avaliar a eficiência dos secadores na desintoxicação das amostras, bem como o tipo de secador mais apropriado para o processo de secagem da torta. Conclui-se, finalmente, que o secador solar com concentrador apresenta valores de temperaturas mais elevados quando comparado com o de exposição direta, sendo então mais oportuno na secagem da torta de mamona, porém é necessário um tempo superior a 1 hora de secagem.

Palavras chaves: Torta de mamona; secador solar; ricina.

ABSTRACT

It's been motivating motivated by the current rulers as an energy solution the use of the biodiesel as source of energy, that doesn't damage the environment and promotes the development of the areas where the base plant are grown. The process of production of the biodiesel, starting from the castor oil plant and its deriviers, generates a known product as castor oil plant pie that has been used as fertilizer. Once disintoxicated, it can serve as animal ration, because it contains high content of proteins, presenting larger joined value. The disintoxication process, can be obtained through the process of drying the pie with the construction and use of models of dryers capable to elevate the temperature of the castor oil plant pie to approximately 60°C. In this temperature the product tends to eliminate the ricina, with the aid of an aqueous solution of hydroxide of calcium, or still reach higher temperatures to make the disintoxication without a chemical treatment. It was made a bibliographical research about known processes of disintoxication of the castor oil plant pie from the autoclave use to the drying direct exposure to the sun. Starting from the state of the art and identification of the object, it was chosen solar dryers to eliminate the ricina. It was applied two types of solar dryers: the one of solar direct exposure, and the one with concentrador. The castor oil plant pie was separated in samples, with measurement of its initial mass, codified and placed in the dryers. The results were presented in graphs and tables forms, with the values of temperatures noticed. It was noticed the variations of temperature and the relationships analyzed related with the ricina content eliminated from the pie. The analysis of the ricina content was accomplished by Embrapa - Campina Grande, by eletroforese method. The analysis of the result of considering the content of ricina of the samples. It was observed that, we obtained lower rate of ricina in samples that had larger drying time and average value temperature above 60°C. Comparing with the ones submitted to higher temperatures and in a shorter period of time. It was possible to evaluate the efficiency of the dryers in the desintoxication process of the samples, as well as the type of more appropriate dryer for the drying pie process. Finally, it was concluded that the solar dryer with concentrador presents higher values temperatures than the direct exposure one. So, it's being more oportune applied in the castor oil plant pie drying process. However, more than one hour for drying time is needed.

Key words: castor cake; solar dryer; ricina.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o uso do diesel de origem vegetal, a exemplo o biodiesel, vem crescendo no país, por ser uma futura alternativa para contribuir com a redução da emissão de gases tóxicos na atmosfera. Na produção do biodiesel, são utilizadas diversas oleaginosas como matéria-prima, tais como: pinhão manso, mamona, dendê, girassol, entre outras.

A mamona atende as expectativas de desenvolvimento econômico para as regiões do semi-árido e contribui para melhorar a condição social dos moradores. A utilização da mamona faz crescer também a quantidade de torta de mamona, resíduo do processo de fabricação do óleo de mamona e seus derivados.

O óleo é o mais importante constituinte da semente de mamona por isso é explorado industrialmente, tendo como consumidores as indústrias químicas e de lubrificantes. Ele é utilizado na fabricação de diversos produtos: tintas, vernizes, cosméticos, sabões, plásticos, fibras sintéticas, graxas, pigmentos, corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas e outros. Como subproduto resultante da extração do óleo das sementes tem-se a torta de mamona, comercializada como fertilizante para restaurar solos empobrecidos, pois é rica em nitrogênio e material orgânico. A torta pode ser empregada em diversas áreas, na produção de biogás, ou ainda como inseticida, tendo aplicação na indústria, tais como: fruticultura, horticultura, floricultura, culturas de café, cana-de-açúcar.

A idéia de desintoxicar a torta de mamona para uso de ração animal faz parte do projeto aprovado no CTAgro-CNPQ, Edital 082005 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, envolvendo professores de Química do grupo de pesquisa e produção em Química do CEFET-BA, a autora do presente trabalho e professores de Mecânica do

Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

A torta de mamona pode ser desintoxicada por processos de aquecimento, com ou sem ajuda de tratamento químico. Tendo a possibilidade da eliminação da ricina, a partir de fontes de calor de baixo custo, a exemplo a energia solar, abre espaço para a utilização da torta de mamona numa aplicação de maior valor agregado, a alimentação animal, sendo assim, o projeto desta pesquisa é a utilização do secador solar para a desintoxicação da torta com ou sem adição do tratamento químico.

Diversos estudos e trabalhos foram desenvolvidos para a eliminação da ricina tais como: Aquecimento a seco com temperatura de 205° C, cozimento da torta em flocos com tratamento químico, cozimento da torta moída e água com mudança da água após, cada fervura, secagem ao sol com tratamento químico e tratamento em autoclave. Existem algumas metodologias que avaliam o teor de ricina na torta de mamona, dentre elas: a Eletroforese e a Espectroscopia Raman.

A desintoxicação da torta de mamona por meio de secadores solares é bastante interessante do ponto de vista econômico e ambiental, eles podem ser de dois tipos: exposição direta ou indireta podendo ainda ter ou não concentradores e possuir convecção natural ou forçada. A construção do secador solar passa por uma avaliação do material mais adequado ao produto a ser secado, da eficiência e do custo do material para tornar o projeto viável. No caso da torta de mamona, a câmara de secagem deve ser constituída por uma chapa inteira, sem furos, devido a sua granulometria.

Tem-se como objetivo geral do trabalho verificar o teor final de ricina na torta de mamona submetida à secagem em modelos de secadores solares. São objetivos específicos: a construção e utilização de modelos de secadores para a desintoxicação da torta de mamona, a análise da eficiência térmica dos secadores de torta de mamona, a comparação dos resultados obtidos com os materiais pesquisados para encontrar o de melhor eficiência e menor custo, em função da variação térmica na cidade de Salvador, duração do período de aquecimento, a avaliação da quantidade residual da ricina na torta após o tratamento e verificar aquele que proporcionou melhor resultado com menor custo e a publicação dos resultados em seminários, congressos, revistas especializadas e etc.

A metodologia da pesquisa foi iniciada com o aprofundamento da compreensão dos principais conceitos envolvidos no desenvolvimento do tema, com a caracterização do produto a ser secado e suas aplicações. Em seguida foi realizada a construção e utilização de modelos de secadores solares mais adequados na secagem da torta de mamona. Desta forma foram obtidas amostras e dados para a realização de análises do teor de ricina na torta de mamona. Vale ressaltar que a realização da pesquisa nos possibilitou identificar no país, pesquisadores que trabalham com análise de ricina.

A inovação do presente trabalho é a desintoxicação da torta de mamona por energia solar com a experimentação prática oriunda da construção e utilização de secadores solares, gerando amostras de torta de mamona submetidas a tratamento físico (secagem solar) e tratamentos físico e químico simultaneamente (secagem solar após adição de produtos químicos).

A conclusão vem em função dos resultados obtidos e das análises do teor de ricina, feito pela Embrapa em Campina Grande e pela Universidade Fluminense no Rio de Janeiro, com a utilização do método de eletroforese, apontando, assim, o tipo de secador solar mais eficiente para a secagem da torta de mamona, levando em conta a relação custo benefício e as variáveis: temperatura, tempo de secagem, perda de massa e tipo de tratamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil apresentou, em 2002, um consumo médio anual de energia comercial da ordem de 1,13 Toneladas Equivalentes de Petróleo por habitante (TEP/habitante), valor inferior à média mundial, que é de 1,65 TEP/habitantes (MME, 2003). Ainda hoje, o petróleo é responsável por grande parte da matriz energética do Brasil quando comparada com o uso da energia renovável, mas se tratando da queima de combustível fóssil existem dois problemas sérios: o declínio das reservas de petróleo e o aquecimento global.

Na busca da superação, ainda que em parte, o governo brasileiro, inicialmente, desenvolveu o Programa PROÁLCOOL, lançado em 1975, para atender como combustível alternativo na crise do petróleo na década de 70; a expectativa era substituir a gasolina por um combustível renovável. O Programa contribuiu para que, atualmente, o álcool tenha lugar assegurado na matriz energética.

O interesse por fontes renováveis de energia e combustíveis que não causem danos ambientais é uma crescente necessidade. Uma das alternativas mais viáveis para a redução das emissões de monóxido/dióxido de carbono na atmosfera é a substituição dos combustíveis fósseis por outros de origem vegetal, tais como: biocombustíveis, álcool, H₂bio entre outros. A emissão de gases é o principal responsável pelo efeito estufa que vem causando alterações no clima, combatidas por ações, muitas vezes a nível mundial, a exemplo do protocolo Kyoto que tenta minimizar os efeitos destas emissões.

Segundo ABREU e outros, 2004, o biodiesel é um combustível alternativo ao diesel proveniente de fontes naturais renováveis tais como óleos vegetais e gordura animal e com grande apelo ambiental, especialmente por diminuir as emissões de gases e partículas de hidrocarbonetos durante a combustão quando comparado aos combustíveis fósseis.

As matérias primas para a produção do biodiesel são: óleos vegetais, gordura animal e gorduras residuais. As principais fontes de extração de óleo vegetal são as chamadas oleaginosas: amendoim, girassol, mamona, polpa de dendê, amêndoa do coco de babaçu, caroço de oiticica, semente de linhaça e de nabo forrajeiro. Quanto às fontes de gordura animal, o sebo de boi, banha de porco, óleo de mocotó, entre outros. As gorduras residuais são encontradas em óleos residuais de frituras encontrados em lanchonetes, indústrias alimentícias, cozinhas industriais, etc.

O projeto de Lei Nº 3.368, de 2004, do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, decreta no seu artigo 1º que é fixado em 2% o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em todo o território nacional e a Lei Nº 11.097, de 2005, introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5%, em volume, como percentual mínimo. O prazo para atingir esse percentual é de oito anos. Contudo, é de três anos o período para se utilizar um percentual mínimo obrigatório intermediário de 2% em volume (HOLANDA,2006).

Ainda segundo HOLANDA, 2006, grandes setores da economia atual se alimentam de combustíveis fósseis e a queima desses contribui para aumentar a poluição atmosférica. Atualmente o óleo diesel é o derivado de petróleo mais consumido no Brasil, e é nessa direção que a Lei Nº 3.368 vem tentar mudar a matriz energética, colocando o biodiesel no cenário nacional, sendo o Brasil um país com grande potencial agrícola e condições ambientais adequadas ao cultivo de oleaginosas. O biodiesel vem como solução energética e social, tendo em vista que regiões como os semi-árido podem se tornar área produtiva e favorecer a economia das regiões que sofrem com as secas, criando de cooperativa e associações de agricultores sua produção.

Para alcançar a meta proposta pelo governo, serão necessários investimentos públicos e privados na produção da mamona em todo o país, sendo que, com base nas expectativas do Governo, espera-se que 50% seja produzido pela agricultura familiar do semi-árido nordestino, em razão do impacto socioeconômico na geração de emprego e renda nessas regiões (LIMA, 2004).

O biodiesel no mercado nacional vai gerar uma expressiva economia para nosso país, reduzindo as importações do diesel de petróleo e promovendo o cultivo de oleaginosas como a mamona que é conhecida pelo nome científico *Ricinus Communis L*; as variedades cultivadas no

Brasil podem ser de porte anão ou baixo (até 1,60 m), médio (1,60 a 2,00m) ou alto (acima de 2,00 m) (BIODIESELBR, 2006).

Segundo pesquisa realizada, em setembro de 2003, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a região Nordeste tem 448 municípios aptos para o cultivo da mamona, considerando a temperatura média do ar na faixa de 20° C a 30 °C, precipitação pluvial no período chuvoso superior a 500 mm e altitude entre 300 e 1500 metros. A Bahia agrega o maior número de municípios num total de 189, no Ceará 74, no Maranhão 12, Paraíba 48, Pernambuco 45, Piauí 42, Rio Grande do Norte 26 e apenas 3 em Sergipe.

A mamona adapta-se muito bem ao clima e às condições da região semi-árida do Brasil, compreendendo quase todo o Nordeste e o norte de Minas Gerais (maior produtor da região Sudeste). A região Nordeste é o maior produtor com 202 mil toneladas na produção de 2004/2005, onde a Bahia se destaca com o valor de 169,4 mil toneladas nos anos de 2004/2005, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) em levantamento realizado em abril de 2006.

Na Figura 2.1 observa-se o ciclo de produção da mamona com relação ao seu plantio, mostrando o período de produção contínua e a erradicação da mesma (Embrapa, 2004).

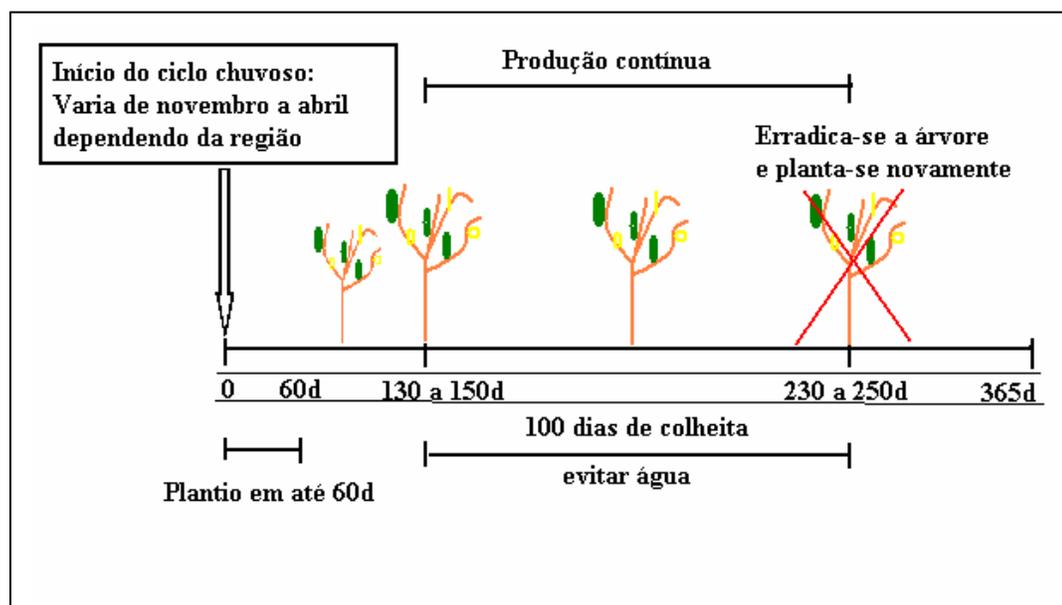


Figura 2.1: Ciclo de plantio da mamona

HOLANDA (2004) afirma que um hectare cultivado com sementes selecionadas, desenvolvidas pela Embrapa, pode produzir mais de 1000 litros por ano de biodiesel. Extraído o óleo fica um resíduo conhecido como torta de mamona, equivalente a 53% do peso do grão.

No processo de extração do óleo da mamona, a partir do aquecimento da semente seguido de prensagem, foram encontrados os seguintes teores: 8,13% de umidade, 13,10% de óleo, 12,11% de cinzas, 28,74% de proteína, 3,0% de fósforo e 0,96% de potássio (COSTA, 2004).

A torta de mamona é utilizada em diversos segmentos da agricultura, como adubo orgânico, por ser rico em nitrogênio e material orgânico. Para ser usada como alimento, ela precisa passar por um processo de desintoxicação. Tem elevado valor nutritivo, segundo dados da Embrapa e apresenta proteínas bruta (42,5%), fibras (20%), e fósforo (0,78%), por esse motivo a torta desintoxicada é um excelente insumo para ração animal, porém ela não pode ser usada como única fonte protéica de animais monogástricos (cavalo, suínos, aves, peixes).

Segundo AZEVEDO e outros (2001), no processamento industrial das sementes de mamona, para cada tonelada de óleo extraída obtém-se 1,2 tonelada de torta, que é tóxica, devido à presença de alguns constituintes: Ricina, Ricinina e Complexo Alergênico.

De acordo com www.biodieselbr (2006), o teor de ricinina varia muito entre partes da planta: 1,3% nas folhas (matéria seca), 2,5% em plântulas estioladas, 0,03% no endosperma da semente e 0,15% na casca da semente. No fruto, o teor de ricinina é alto na cápsula externa, médio na casca da semente e pequeno no endosperma.

A ricina é uma proteína encontrada somente no endosperma das sementes de mamona, é a principal responsável pela toxidez da torta de mamona e motivo por que não vem sendo utilizada como ração animal. A ricinina é um alcalóide que pode ser encontrado em todas as partes da planta e o Complexo alergênico é a fração alergênica formada por um complexo de proteínas e polissacarídeos denominado CB-1A.

Existem vários métodos para promover a desintoxicação e a desalergenização da torta da mamona, Gardner e outros (1960), testaram diversos deles e conseguiram eliminar a ricina e a fração alergênica por completo, destacando: aquecimento a seco a 205°C, cozimento da torta em flocos na presença de 2% de hidróxido de sódio (NaOH) à pressão de 20 PSI, cozimento com 0,9% de ácido clorídrico (HCl) e 3% de metanal (CH₂O), porém na época, por questões econômica, esses resultados foram inviáveis.

ANANDAN e colaboradores (2005) afirmam que o tratamento de 1000 g de torta em autoclave a 15 psi, por 60 min, remove 100% da ricina. Os mesmos autores afirmam que o tratamento de 1000 g da torta com 40 g de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) por 8 horas também remove totalmente a ricina, com a temperatura ambiente, caso seja utilizada uma temperatura em torno de 60° C é possível reduzir o tempo de secagem para valor inferior a 8 horas. Ainda segundo Anandan e colaboradores, a ricina é o principal empecilho para uso alimentar da torta da mamona, pois a ricinina e o CB-1A são de pouca relevância por estarem presentes em baixa concentração e apresentarem baixa toxicidade e o alérgeno não afeta animais, apenas seres humanos.

Em função dos estudos apresentados, a proposição de metodologias alternativas de baixo custo e eficazes para desintoxicação da torta da mamona viabilizarão seu uso para ração animal em maior escala, assim a energia solar pode ser apresentada como uma solução viável, para realizar o aquecimento da torta a uma temperatura tal que elimine a ricina.

Quanto ao processo de desintoxicação da torta de mamona, a Embrapa (BELTRÃO, 2003a e 2003b) realizou estudos sobre a utilização da mamona para produção de biodiesel e da torta da mamona, para fertilização de solos e como ração animal (desintoxicada). São citados dois métodos de desintoxicação: cozinhar por uma ou duas horas ou fervura, por curtos períodos de tempo, a mistura de torta moída e água, com mudança da água após cada fervura.

A metodologia convencional de análise da ricina é a eletroforese, por exemplo, com dodecilsulfato de sódio em gel de poliacrilamida (*sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE*) (KABAT, HEIDELBERGER, BEZER, 1947. WALLER, NEGI, 1958. ISHIGURO, TAKASHISHI, 1964). NA e colaboradores (2004) utilizaram eletroforese capilar e espectrometria de massas com ionização/desorção da matriz assistida por laser (*matrix-assisted laser desorption/ionization, MALDI*) e detector de tempo de voo (*time of flight, TOF*) para caracterizar as subunidades da ricina. A eletroforese foi realizada com dodecilsulfato de sódio (*sodium dodecyl sulfate-capillary gel electrophoresis, SDS-CGE*). A SDS-CGE apresenta boa resolução, porém costuma gerar uma massa superestimada das subunidades da ricina.

LULKA e colaboradores (2000) prepararam biosensores (silanos orgânicos) para a ricina e suas subunidades, e as respectivas constantes de ligação foram determinadas utilizando fluorescência estacionária 60.

Espectroscopia Raman foi usada para estudar as bandas vibracionais sensíveis à conformação da ricina e das subunidades da ricina em solução aquosa (BRANDT e outros, 2005).

SEVERINO e outros (2004) demonstraram que a velocidade de mineralização da torta de mamona, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que o bagaço de cana.

CARLINI E SÁ (2002) listaram proteínas vegetais com efeitos inseticidas que poderiam ser utilizadas como produtos naturais para o controle de pestes. A ricina foi relacionada como tóxica a insetos da ordem dos Coleópteros e dos Lepidópteros. A toxidez foi obtida pela inserção da ricina na dieta oferecida aos insetos, porém, ela não é tóxica para todos os insetos, pois algumas espécies podem ingerir a proteína, e não manifestar sintomas de toxidez, embora não se tenha investigado se a proteína é degradada no trato digestivo ou se não consegue atingir as células do animal.

Segundo McKEON (2002), nos Estados Unidos, no Departamento de Agricultura, Albany, Califórnia, se está trabalhando no desenvolvimento de mamoneiras transgênicas para que a síntese da ricina e das proteínas componentes do complexo alergênico CB-1A seja bloqueada.

Na Índia, reconhece-se que é possível eliminar a ricina da torta de mamona e que ela terá melhor aceitação que as tortas de outras oleaginosas; no entanto, 85% da torta de mamona ainda é utilizada como adubo orgânico. Além de ser uma excelente fonte de Nitrogênio, cuja liberação não é tão rápida quanto à de fertilizantes químicos, nem tão lentas quanto a de esterco animal, apresenta ainda propriedades inseticida e nematicida (Directorate of Oilseed Research, 2004).

A desintoxicação pode ser realizada por agentes físicos ou químicos (ANANDAN e outros, 2005), podendo ainda se fazer uma combinação dessas ações, ou seja, eliminar a ricina, utilizando simultaneamente o tratamento químico e secagem por energia solar. O uso do secador solar é uma opção viável energética e econômica, pois o Sol permite uma geração limpa de energia evitando impactos ao meio ambiente. A energia solar pode ser utilizada em aquecedores solares, aonde chega a reduzir em até 35% o consumo de energia elétrica mensal (Valor Econômico 24/05/2001), segundo levantamentos comparativos feitos a partir de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2004). Existe uma série de iniciativas no país para a utilização dessa forma de energia, tendo em vista a discussão mundial quanto ao problema da poluição ambiental, o qual tem direcionado vários

países a busca por uma alternativa que contribua para reduzir a emissão de gás carbônico na atmosfera, buscando utilizar fontes renováveis de energia.

Agregar valor à torta de mamona promovendo a sua desintoxicação é importante quando, a mamona é utilizada na produção do biodiesel, pois desta forma, será gerado uma grande quantidade de torta de mamona, resultante da fabricação desse combustível. Segundo PARENTE (2003), o processo de produção de biodiesel é composto das seguintes etapas: preparação da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, destilação da glicerina e purificação do biodiesel. A transesterificação é o processo no qual ocorre a transformação do óleo vegetal em biodiesel, é a separação da glicerina do óleo vegetal, como resultado, o óleo fica mais fino e reduz a sua viscosidade.

A viscosidade, massa específica, valor calorífico e percentual de enxofre são propriedades que podem ser avaliadas por meio de comparação entre os óleos Diesel, Canola e Biodiesel, com é apresentada na tabela 2.1 da Alternative Fuels Data Center (AFDC).

Tabela 2.1: Comparação das características das propriedades dos óleos, www.afdc.doe.gov

Propriedade	Óleo Diesel	Canola	Biodiesel
Massa Específica (Kg/L)	8,835	0,922	0,88
Valor Calorífico Bruto (MJ/L)	38,3	36,9	33,3
Viscosidade (mm ² /s a 37,8 °C)	3,86	37	4,7
Enxofre (%)	0,15	0,0012	>0,01

Utilizar a energia solar por meio de coletores ou secadores não é mais uma novidade, principalmente para o aquecimento de água, onde os coletores planos são largamente aplicados, além disso, o coletor ainda pode fazer parte de um secador. A forma do coletor pode variar; geralmente possui a forma retangular, para evitar o desperdício de material e reduzir o seu custo de fabricação (BEZERRA, 2001).

Os secadores podem ser de dois tipos: secador de exposição direta e secador de exposição indireta, de convecção natural ou forçada. O secador de exposição direta é assim chamado em virtude do produto a ser secado receber diretamente a radiação solar e o secador de exposição indireta é um coletor solar plano adicionado de uma câmara de secagem, com prateleiras onde o produto a ser secado será colocado, e ainda se tem uma chaminé para que haja a circulação do ar e retirada da umidade do produto, em função das características da torta de mamona que contém

partículas em forma de pó e outras maiores, é adequado o uso de placas lisas e sem furos para a constituição da câmara de secagem do secador solar.

A estrutura externa de um secador solar pode utilizar diversos materiais: chapas metálicas, madeira, alvenaria, perfis de alumínio, a escolha do material passa por uma avaliação de eficiência, custo e durabilidade. Internamente, tem-se uma placa absorvedora da radiação solar ou ainda uma câmara de secagem para o caso de produtos sólidos; uma camada de material de baixa condutibilidade térmica é aplicada para evitar a transferência de calor para o meio ambiente; por último, tem-se uma cobertura transparente com a finalidade de evitar as perdas térmicas por convecção e promover o efeito estufa, visto que a faixa visível do espectro solar é pouco absorvida enquanto o espectro na faixa do infravermelho é intensamente absorvido (BEZERRA, 2001).

A placa absorvedora é uma parte fundamental do secador solar, pois, é responsável em promover a secagem do produto, e para tanto se deve escolher um material que proporcione melhor transferência de energia calorífica para o produto. Em geral é indicado o uso de chapas metálicas com boa condutividade térmica e ainda para melhorar a eficiência é comum se pintar de preto fosco, a fim de se proporcionar maiores valores de temperaturas. O conjunto deve ser revestido por um material isolante, o qual garante a conservação da temperatura dentro do secador.

O isolante térmico além de baixa condutividade térmica, deve atender a alguns critérios: baixo custo, material de fácil comercialização, durabilidade, resistente à faixa de temperatura a qual será submetidos e ações do tempo, fácil manuseio, entre outros. O melhor isolante térmico conhecido é o ar, com um valor de condutibilidade térmica igual a $0,023 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (INCROPERA, 2003)

A forma de coletar a energia do sol fica a critério de escolha quanto à aplicação do sistema, podendo se optar por coletores planos, secadores, painéis fotovoltaicos, fogão solar e outros. Em sistemas nos quais se deseja o uso de secador solar com valores mais elevados de temperatura, opta-se pelo uso de concentradores para a captação da radiação solar.

Segundo LUIZ (1985), os concentradores podem ser de dois tipos: Concentração por reflexão ou Concentração por meio de refração. Os concentradores por reflexão utilizam espelhos e lentes onde a radiação solar incidente sobre uma grande área é concentrada. O foco pode ser pontual ou linear (cada ponto de um segmento de reta representa um foco). Os sistemas com foco

pontual são ideais para as aplicações nas quais onde se deseja obter elevado valor de temperatura numa região em torno de um ponto, como é o caso do forno solar. Nos concentradores com foco linear, por exemplo, um espelho côncavo hemisférico, os raios solares são refletidos para um segmento de reta localizado entre o foco original (do espelho de pequena abertura) e o vértice do espelho. Se o espelho possuir forma côncava cônica o foco linear é obtido ao longo do eixo e no caso da geometria cilíndrica o foco encontra-se ao longo do eixo central. Os espelhos com maior durabilidade são aqueles que possuem uma camada de prata na face traseira, também é possível o uso de outros materiais tais como: o alumínio (recoberto por óxido de alumínio ou fluoreto de magnésio, proporcionando maior durabilidade e reflexão) e películas plásticas aluminizadas (observando-se o efeito da temperatura no material).

Dentre as tecnologias existentes para o aproveitamento de energia solar, destaca-se o secador solar multiuso para produtos naturais (grãos, sementes, castanhas e ervas medicinais, entre outros), desenvolvido e testado pelo Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA). A inovação deste secador é que ele é totalmente independente de energia convencional, pois o suprimento de energia para operar os ventiladores é feito através de painéis solares fotovoltaicos, permitindo 100% de autonomia em termos de energia, ou seja, poderá ser utilizado em áreas remotas, a custo energético operacional zero (HENNING, 1990).

Os secadores de exposição direta são utilizados na secagem de frutas, carnes, peixes, grãos, etc. Pode-se também construir secadores para outras finalidades como secagem de argilas, cerâmicas e outros materiais, porém neste caso a sua geometria sofre modificações bem acentuadas muito embora o princípio de funcionamento seja o mesmo (BEZERRA, 2001). Neste tipo de secador, o produto a ser secado recebe diretamente a radiação solar e, na grande maioria dos casos, é interessante que o produto a ser secado não fique em contato direto com o solo, por esse motivo é construída uma caixa e em cima dela é montado o sistema, a alguns centímetros do chão, na parte inferior tem-se um isolamento térmico para reduzir as perdas.

No processo de secagem é importante observar a posição que permite uma máxima insolação, ou seja, radiação aproximadamente perpendicular durante todo o ano, no caso de Salvador a melhor inclinação é de 23°.

A radiação solar é do tipo eletromagnética e a Terra recebe essa radiação em pequeno comprimento de onda e emite em grande comprimento de onda. Quando a radiação solar incidente atinge a cobertura do secador, parte é absorvida e causa uma elevação da temperatura

no interior do secador, com conseqüente elevação da energia térmica, resultando em uma radiação com grandes comprimentos de onda e pequenas frequências. Essa radiação é então retida no interior do secador, ocasionando assim, o efeito estufa.

Quando a superfície absorvedora do secador solar é pintada de preto, favorece o efeito estufa, onde parte da radiação é refletida no interior do coletor, conforme representação na Figura 2.2 (desenho da autora baseado em Costa, 1996).

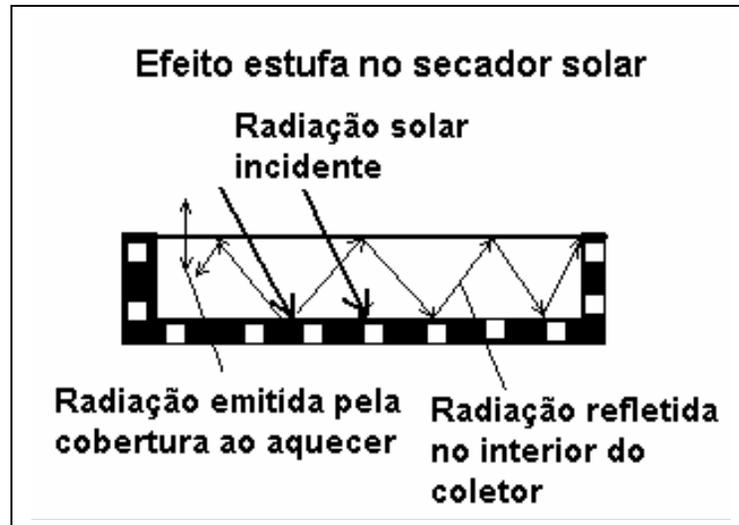


Figura 2.2: Efeito estufa no secador solar

Construtivamente temos: a caixa na qual o produto a ser secado é colocado, em cima dessa estrutura vem o vidro transparente e, ao longo do caminho da caixa, temos uma entrada de ar frio e uma saída na outra extremidade para expulsar o ar quente, retirando assim a umidade, evitando o apodrecimento do produto que está sendo secado. Segundo MELONI 2004, é necessário o fornecimento de calor para evaporar a umidade do produto e um meio de transporte para remover o vapor de água formado na superfície do produto a ser secado. A circulação de ar, na câmara de secagem, serve para transportar a umidade removida do produto para o ambiente.

A extração da umidade no produto pode ser obtida por convecção natural ou com a utilização de um ventilador ou bomba soprando, ocorrendo assim a convecção forçada. Na Figura 2.3, é representada a convecção livre e na Figura 2.4 a convecção forçada, mostrando a radiação incidente em um secador de exposição direta (desenho da autora baseado em QUITES, 2000).

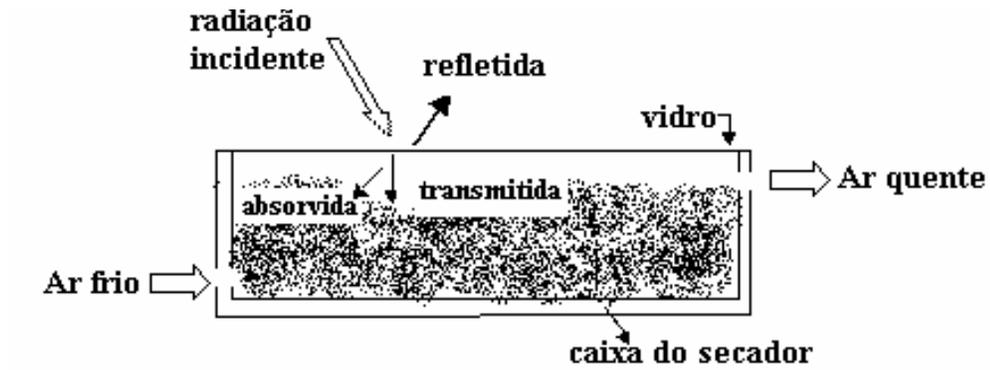


Figura 2.3: Secador de exposição direta com convecção livre

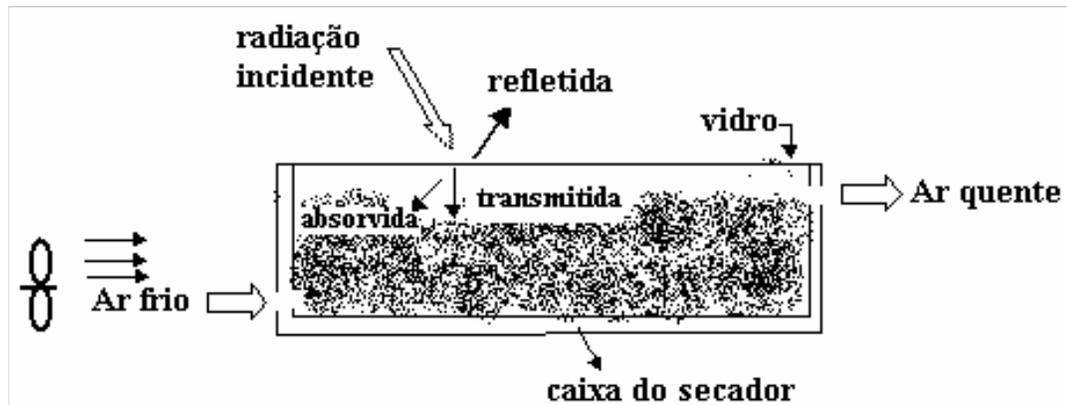


Figura 2.4: Secador de exposição direta com convecção forçada

Segundo PERREIRA (2000), o rendimento térmico de um secador é representado pela letra η_t e pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\eta_t = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia incidente}} \quad (1)$$

A energia útil é dada pelo produto entre a vazão mássica, calor específico e a variação de temperatura. A energia incidente é dada pelo produto da energia solar incidente e a área do coletor, assim é possível escrever a expressão:

$$\eta_t = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta t}{I \cdot A} \quad (2)$$

Onde:

\dot{m} = Vazão mássica, Kg/s

C_p = Calor específico, J/kg.K

Δt = Variação de temperatura, valor final menos o valor inicial, K

I = Energia solar incidente, W/m²

A = Área do coletor, m²

Em um secador solar, podemos calcular a resistência térmica, grandeza física que representa a oposição à transferência de calor em um meio e é representada pela letra R. Segundo QUITES (2000), as expressões a seguir nos permitem calcular as resistências térmicas na convecção e condução, são respectivamente:

$$R = \frac{1}{A \cdot \bar{h}} \quad (3)$$

Onde:

R = Resistência térmica na convecção, K/W

A = Área de transferência de calor, m²

\bar{h} = Coeficiente médio de transferência de calor por convecção, W/m².K

$$R = \frac{L}{K \cdot A} \quad (4)$$

Onde:

R = Resistência térmica, para uma parede plana, na condução, K/W

L = Espessura da parede, m

K = Condutividade térmica, W/m.K

A = Área normal ao fluxo de calor, m²

A energia solar incidente, ao atingir a superfície do coletor solar plano se divide da seguinte forma: parte é absorvida, parte é refletida e outra parte transmitida. A resistência térmica

envolvida no sistema pode ser dividida em partes, observando o modo de transferência de calor: condução, convecção ou radiação.

A Figura 2.5 mostra um coletor solar plano submetido à radiação solar incidente (I), e as resistências térmicas associadas ao sistema, tais como: a resistência R_1 da radiação e convecção do vidro para o meio ambiente, a resistência térmica R_2 da convecção e radiação da placa para o vidro, a resistência térmica R_3 resultante da ação de condução no isolamento e a resistência térmica R_4 resultante da convecção e condução da caixa do coletor e meio ambiente.

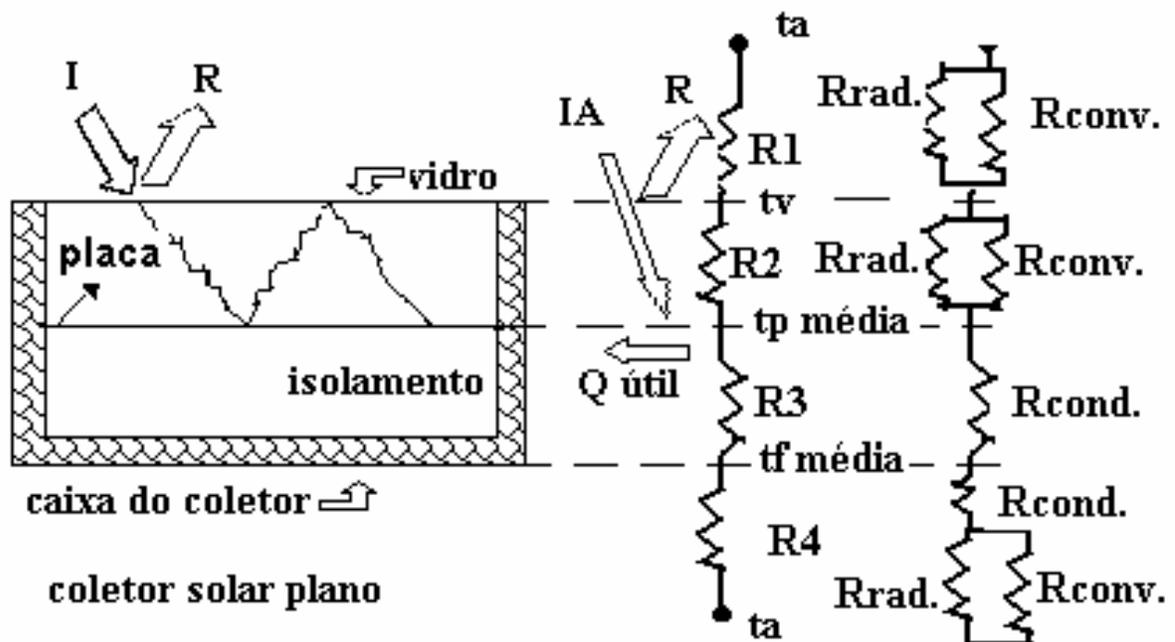


Figura 2.5: Resistências térmicas em um coletor solar plano

A temperatura média da placa é t_p média, a temperatura média do fundo do coletor é t_f média, a temperatura do vidro é t_v , a temperatura ambiente é t_a , IA é o produto da área pela energia solar incidente, R é a energia refletida e Q útil energia total recebida menos as perdas. A temperatura do vidro que recebe diretamente a radiação solar incidente (t_v) é maior do que a temperatura ambiente (t_a).

O secador de exposição indireta, também chamado de secador convectivo, é constituído basicamente por um coletor solar plano, acoplado a uma câmara de secagem provida de

prateleiras perfuradas, nas quais colocados os produtos que se deseja efetuar a secagem e uma chaminé que regula o fluxo de ar quente proveniente da convecção natural, ou forçada. A Figura 2.6 apresenta o diagrama de um secador de exposição indireta com convecção natural (figura desenhada pelo autor, baseada em BEZERRA,2001).

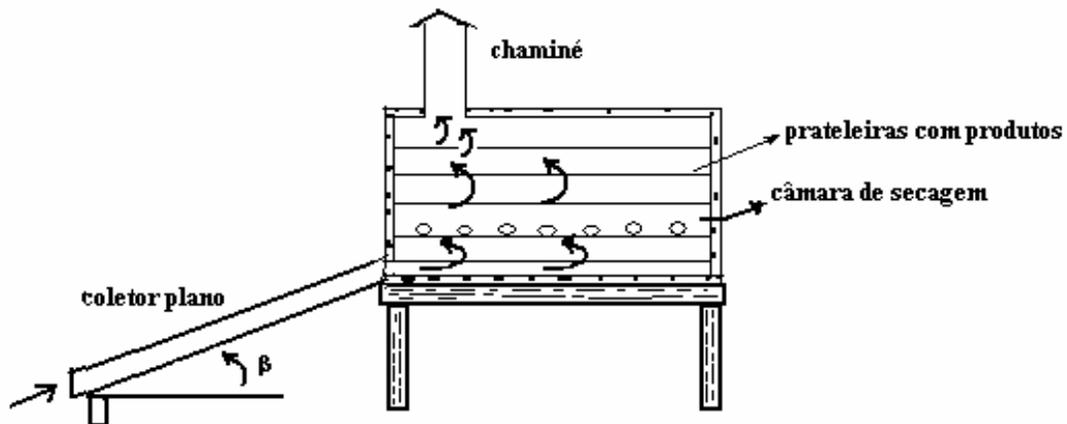


Figura 2.6: Secador de exposição indireta com convecção natural

O secador de tiragem forçada tem a mesma geometria do de tiragem natural apenas acrescido de um exaustor cuja finalidade é aumentar a velocidade de circulação do ar aquecido, através da câmara de secagem (BEZERRA, 2001). A Figura 2.7 apresenta um secador de exposição indireta e convecção forçada (figura desenhada pelo autor, baseada em BEZERRA,2001).

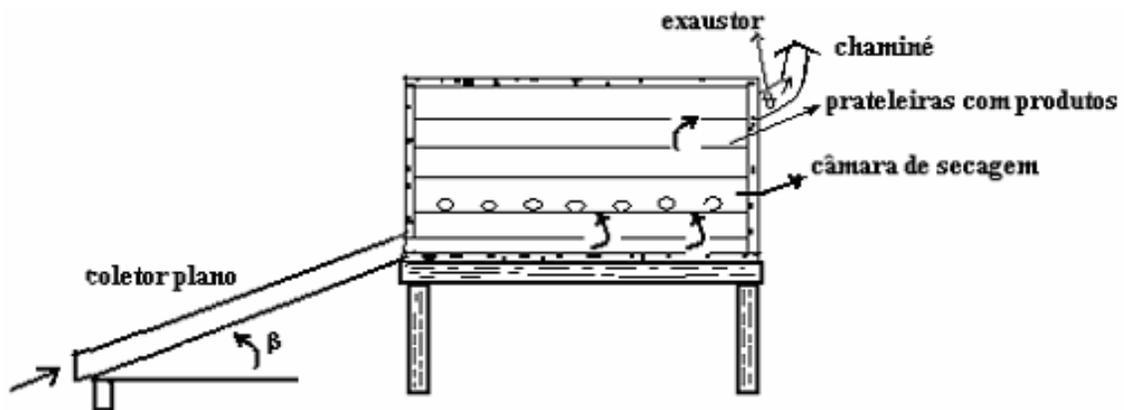


Figura 2.7: Secador de exposição indireta convecção forçada

Os secadores de exposição indireta podem ser também construídos sem o coletor plano que faz um pré-aquecimento, assim, nesse caso, teremos apenas a câmara de secagem que pode ter convecção natural ou forçada, porém o pré-aquecimento colabora na secagem do produto.

Um exemplo do secador de exposição direta foi apresentado pela WINROCK (2003), Organização Internacional de Desenvolvimento Sustentável sem fins lucrativos, no IV Seminário de Energia do Brasil: Competitividade, Produtos e Tecnologias realizado em setembro de 2003, apresentada na Figura 2.8 onde ocorre a secagem de bananas, colocadas inteiras e sem cascas e com tempo de secagem de aproximadamente 34 horas, esse tempo varia a depender da fruta que seja secada.



Figura 2.8: Secador solar de exposição direta

Atualmente temos diversos exemplos de utilização dos secadores. O estado do Ceará realiza a secagem de peixes, frutas, algas, carnes e outros com a energia solar. Com o objetivo de aumentar a renda de pequenas comunidades do interior do estado, estimulando suas tradicionais atividades econômicas, o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis (IDER) iniciou o desenvolvimento do seu projeto de secadores solares a exemplo do secador

solar de exposição indireta mostrado na Figura 2.9, montado nas comunidades de Flexeiras e Guajiru, ambas localizadas no município de Trairi a 12Km de Fortaleza.

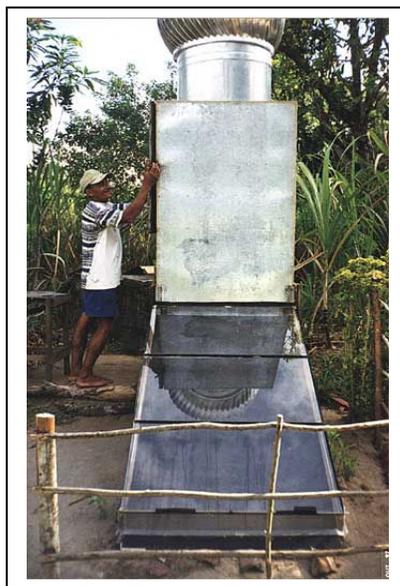


Figura 2.9: Secador solar de exposição indireta nos municípios de Flexeiras e Guajiru

O secador solar de exposição direta utilizado para secar frutas, ervas e tempero, apresentado na Figura 2.10, faz parte do projeto Sol e Frutas realizado em fevereiro de 2006 pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) e a Universidade de São Paulo (USP).



Figura 2.10: Secador solar de exposição direta utilizado na secagem de frutas

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) desenvolveu um secador solar com capacidade para até 8m³ de madeira serrada. A Figura 2.11 mostra o secador montado em Santarém. Segundo DUZART e colaboradores (2000), outras unidades estão instaladas em vários estados da Amazônia, assim como na Costa Rica, no Peru e na Malásia.

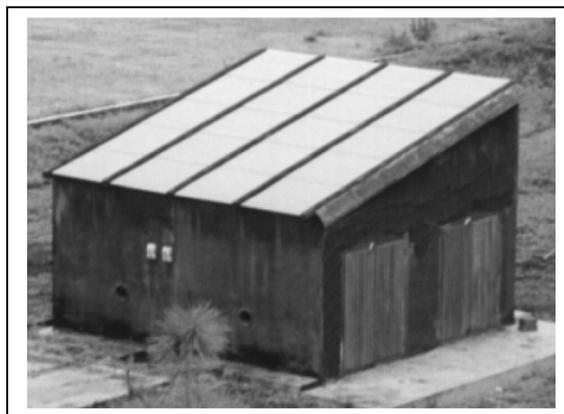


Figura 2.11- Secador solar utilizado para secar madeiras em Santarém/Pa

A Figura 2.12 apresenta um secador de exposição direta que permite obter produtos de qualidade, possui convecção natural e tem capacidade de carga de 50 a 60 quilos de fruta fresca, com tempo de secagem de 3 a 10 dias a depender da época do ano. Em dezembro de 2001 foi utilizado para secar damascos.



Figura 2.12: Secagem de damasco em San José de Maipo/Chile

O secador de exposição indireta montado na UFRN é constituído de alvenaria e possui câmara de secagem com chaminé para exaustão do ar aquecido, favorecendo a retirada da umidade no produto a ser secado, apresentado na Figura 2.13.



Figura 2.13: Secagem solar de exposição indireta, UFRN/Natal

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1- Movimento aparente do sol: declinação solar, ângulo zenital, ângulo de incidência, equinócio, solstício, radiação solar direta e indireta.

3.1.1- O Sol

O Sol possui um raio de aproximadamente 695.000 Km, massa de $1,989 \times 10^{30}$ Kg e sua distância média com relação a Terra é de $1,5 \times 10^{11}$ metros. A temperatura superficial chega a 6000K.

A Terra gira em torno do Sol numa órbita elíptica (a trajetória descreve uma elipse). O ponto da trajetória da Terra que se acha mais próximo do Sol chama-se "Periélio", e o mais distante, "Afélio". No Periélio, a distância entre a Terra e o Sol é aproximadamente igual a $1,45 \times 10^{11}$ metros e no Afélio é $1,54 \times 10^{11}$ metros.

A radiação solar percorre a distância Terra-Sol sem alterar sua direção, pois é uma radiação Eletromagnética que se decompõe em infravermelho (46%), visível (47%) e ultravioleta (7%).

A radiação Solar sobre uma superfície dentro da atmosfera terrestre tem três componentes, a radiação direta que tem origem no Sol, proveniente do disco solar para os respectivos dias de insolação e que não sofre interação com a atmosfera terrestre; a radiação difusa proveniente de todo o céu, exceto do disco solar, ou seja, proveniente da atmosfera, essa radiação representa 10 a 16% da radiação direta total que chega à superfície num

dia ensolarado e sem nuvens, e a radiação refletida, proveniente da reflexão do chão e em objetos circundantes, é também chamada de albedo.

3.1.2- Constante Solar

A constante Solar é o fluxo de energia radiante, expresso em W/m^2 , que incide normalmente ao plano de uma superfície colocada fora da atmosfera terrestre. O valor mais utilizado é 1367 W/m^2 , o qual é medido por satélites logo acima da atmosfera terrestre. Podemos também, estimar o valor, supondo-se que o Sol seja um corpo negro ideal cuja superfície emite radiação a uma temperatura de aproximadamente 6000 K.

3.1.3- Posição do Sol com relação à Terra

O sistema de coordenadas mais apropriado para a determinação da posição do Sol (e da direção dos raios solares), em relação a um observador situado na Terra, é o sistema de coordenadas esféricas, dado à geometria do Sol.

O eixo de rotação, denominado eixo polar, é quase perpendicular ao plano da elíptica, formando um ângulo com a normal ao plano da órbita de valores $23^{\circ} 27'$.

O zênite é o ponto da esfera celeste interceptado pela reta vertical, traçada a partir do observador, de baixo para cima.

A Figura 3.1 mostra como os raios solares atingem a superfície da Terra, levando em consideração seu movimento e sua inclinação (<http://www.aeroclubeparana.com.br>, 2006)

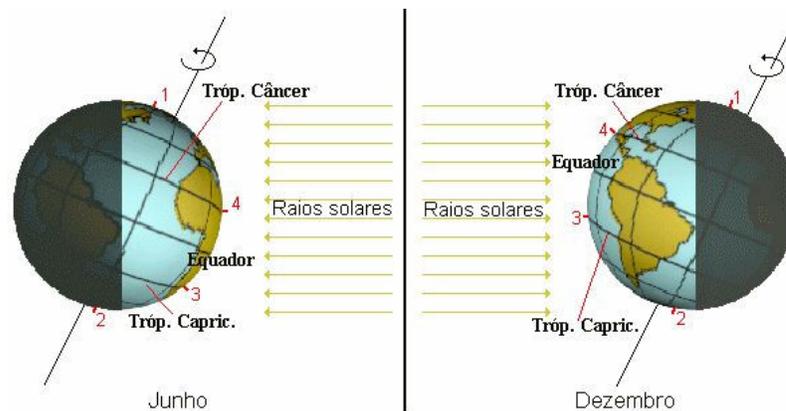


Figura 3.1: Inclinação da Terra

3.1.4- Direção da radiação direta

Segundo PEREIRA e colaboradores (2000), a incidência da radiação solar passa por um estudo da geometria da Terra, seus movimentos, os ângulos de latitude, declinação, azimute, ângulo de incidência e outros. Assim é necessário escrever algumas definições e equações:

ϕ =Latitude, ângulo localizado ao Norte e ao Sul do Equador.

Por convenção: ao Norte = positivo e ao Sul = negativo

Variação: $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$

A declinação solar é o ângulo formado entre a direção da radiação e o plano do Equador (δ).

Variação: $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$ ou $-23^\circ 27' \leq \delta \leq 23^\circ 27'$

A equação matemática para se calcular a declinação é conhecida como: Equação de Cooper.

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \text{sen} \left(2\pi \frac{284 + d}{365} \right) \quad (5)$$

Onde: d = dia do ano, sendo igual à unidade em 1º de janeiro ($1 \leq d \leq 365$)

β = é a inclinação entre o plano de superfície em questão e a horizontal. Na construção civil e arquitetura é bastante comum expressar o ângulo de inclinação em porcentagem. Neste caso, devemos fazer a correção necessária com base em cálculos trigonométricos simples.

Variação: $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$

γ = ângulo azimutal de superfície: é o ângulo formado entre a direção Norte-Sul e a projeção no plano horizontal da reta normal à superfície do coletor solar. Por convenção, utiliza-se $\gamma = 0$, para o Sul; $\gamma < 0$, passando pelo Leste; $\gamma > 0$ passando pelo Oeste.

Variação: $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$

W = ângulo horário = corresponde ao deslocamento angular do Sol em relação ao meridiano local devido ao movimento de rotação da Terra. Como a Terra completa 360° em 24 horas, tem-se um deslocamento de 15° /hora para a seguinte convenção: $W=0$: meio-dia; $W>0$: período da tarde; $W<0$: período da manhã.

A expressão matemática, que permite o cálculo do ângulo horário é:

$$W = -\text{tg}\delta \cdot \text{tg}\phi \quad (6)$$

Θ = ângulo de incidência, é o ângulo entre a incidência de radiação solar direta na superfície e a normal à superfície. O cálculo desse ângulo é realizado pela expressão:

$$\cos \Theta = \text{sen}\delta \cdot \text{sen}\phi \cdot \cos\beta - \text{sen}\delta \cdot \cos\phi \cdot \text{sen}\beta \cdot \cos \gamma + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \cos W + \cos\delta \cdot \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos W + \cos \gamma \cdot \text{sen}\beta \cdot \text{sen} \gamma \cdot \text{sen} W \quad (7)$$

Θ_z = ângulo zenital, é o ângulo formado entre a vertical (zênite) com relação ao observador e a direção do Sol. O ângulo zenital varia entre 0° e 90° , sendo calculado pela seguinte equação:

$$\cos \Theta_z = \text{sen}\delta \cdot \text{sen}\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos W \quad (8)$$

α_s = ângulo de altitude solar, é o ângulo entre a horizontal e a linha do sol, isto é, o complemento do ângulo zenital.

γ_s = ângulo azimutal solar, é a projeção da normal à superfície.

Por convenção: Sul=negativo; Oeste=positivo.

3.1.5 - Solstícios e Equinócios

O ângulo de declinação δ atinge o valor máximo de $23,45^\circ$ no dia 22 de Junho (que corresponde ao solstício de verão no Hemisfério Norte e ao solstício de inverno no Hemisfério Sul), quando a Terra está próxima do afélio. A declinação atinge seu valor mínimo de $-23,45^\circ$ quando a posição da Terra é diametralmente oposta á anterior, ou seja, no dia 22 de Dezembro (que corresponde ao solstício de inverno no hemisfério norte e ao solstício de verão no Hemisfério Sul), quando a Terra está próxima ao periélio.

Nos equinócios, o ângulo de declinação δ possui valor de 0° . No Hemisfério Sul, no dia 21 de Março temos o equinócio de outono e no dia 23 de Setembro equinócio de primavera. No Hemisfério Norte, temos em 21 de Março equinócio de primavera e no dia 23 de Setembro temos equinócio de outono, a figura 3.2 mostra os solstícios e equinócios (<http://astro.if.ufrgs.br/sol/sol.htm>)

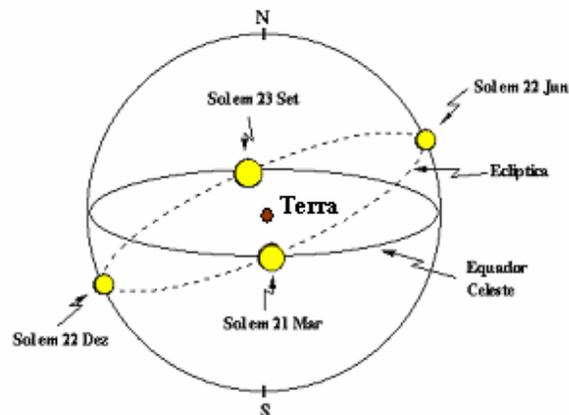


Figura 3.2: Solstícios e equinócios

3.1.6- A energia solar

Seja I_0 a energia incidente por unidade de área horizontal ortogonal à direção da radiação (por unidade de tempo). Quando a normal à superfície plana faz um ângulo i com o feixe incidente, a Intensidade I resultante sobre esta superfície, segundo LUIZ (1985), é dada por:

$$I = I_0 \cos i \quad (9)$$

Onde: I_0 é a intensidade do fluxo energético para $i=0$, ou seja, para uma incidência ortogonal do plano, conhecida como constante solar, onde o valor mais utilizado atualmente é 1367 W/m^2 .

Considerando uma superfície horizontal, o ângulo i é igual ao ângulo de declinação solar δ . A quantidade total de energia solar incidente por unidade de área horizontal, no intervalo de tempo de horas de insolação W , pode ser calculada mediante a integral:

$$I_{total} = \int_0^W I(h) dh \quad (10)$$

Onde: W = ângulo horário, em graus.

Para se calcular a energia total incidente numa certa área, basta fazer o produto do I_{total} pela área, assim a energia total incidente, por unidade de área horizontal e por unidade de tempo, pode ser calculada por:

$$E_{total} = E_0 [N_1 \cdot \sin \delta \cdot \sin \phi + (24/\pi) \cdot \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin W] \quad (11)$$

Onde: E_0 = A energia média incidente, por unidade de área e por unidade de tempo, Wh/m^2

N_1 = Número de horas durante cada dia ($N_1 = 2W/15$)

W = ângulo horário, em graus

δ = declinação solar, em graus

ϕ = latitude, em graus

A insolação varia de acordo com o lugar, com a hora do dia e com a época do ano. Nos países situados entre as latitudes de 32° Norte e 32° Sul, podem se aproveitar até cerca de 84% da energia solar incidente. O Brasil se estende, aproximadamente, desde 5° Norte até 32° Sul,

encontrando-se na faixa privilegiada em relação à disponibilidade de energia solar. O nosso país possui grande potencialidade relativa para o aproveitamento da energia solar. Em particular, destaca-se a região Nordeste por apresentar uma potencialidade máxima para o aproveitamento da energia solar, devido a sua localização geográfica, aproximadamente entre 3° Norte e 15° Sul.

3.2 Propriedades físicas: condutividade térmica, difusividade térmica, calor específico, densidade, absorção de umidade.

3.2.1 - Transferência de calor

Segundo INCROPERA et al.(2003) transferência de calor (ou calor) é a energia em trânsito devido a uma diferença de temperatura.

São três os modos de transferência de calor:

- Condução
- Convecção
- Radiação

3.2.2 - Condução

A condução é o processo pelo qual a energia é transferida de uma região de alta temperatura (partículas mais energéticas) para outra de temperatura mais baixa (partículas de menor energia) dentro de um meio (sólido ou fluido estacionário) ou entre meios diferentes em contato direto.

Para se calcular a condução ou difusão de calor em uma substância é usada a Lei de Fourier, que foi desenvolvida a partir da observação dos fenômenos da natureza em experimentos. Ela estabelece que o fluxo de calor seja diretamente proporcional ao valor da

componente do gradiente de temperatura na direção daquele fluxo. Entende-se por fluxo de calor, a taxa de transferência de calor por unidade de área, é uma quantidade vetorial, representada por q'' .

Segundo INCROPERA et al. (2003), é possível escrever a equação:

$$q'' = -K \cdot \nabla T \text{ (Lei de Fourier)} \quad (12)$$

Onde: ∇ é o operador vetorial gradiente e $T(x,y,z)$ representa o campo de temperatura, que é escalar.

Uma vez que o calor ou energia flui na direção da diminuição de temperatura, gradiente negativo de temperatura, um sinal negativo é requerido para ser consistente com a convenção de sinal.

3.2.3- A condutividade térmica

A condutividade térmica é uma propriedade termofísica da substância, que exprime a maior ou menor facilidade que um material apresenta a condução de calor. Os valores numéricos de K variam e os principais fatores são: constituição química, estado físico e temperatura. Com relação ao estado físico, a condutividade térmica de um sólido é maior do que a de um líquido, que, por sua vez, é maior do que a de um gás. Isso ocorre, em grande parte, devido a diferença no espaçamento intermolecular de cada estado físico.

Matematicamente, o módulo da condutividade térmica, vinda da Lei de Fourier é dada por:

$$K = q'' / \Delta T \quad (13)$$

Como unidade para a condutividade térmica pode-se utilizar: $[K] = [W/m.K]$, onde, W =Watts, m =Metros e K = graus Kelvin.

O transporte de energia térmica ocorre por: efeito de migração de elétrons livres e efeito de ondas vibracionais na rede.

No estado fluido, temos um maior espaçamento intermolecular e as moléculas possuem movimento mais aleatório e a energia térmica é transportada de forma menos efetiva quando comparado com o estado sólido.

Com relação à temperatura, em alguns materiais, o K praticamente não varia, é o caso do alumínio e o níquel; em alguns casos ocorre a elevação e em outros a redução. Para calcular o valor de K com a variação da temperatura, podemos utilizar a expressão, segundo INCROPERA (2003):

$$K = K_0(1 + \beta T) \quad (14)$$

Onde:

K_0 é o coeficiente de condutividade térmica a temperatura de referência de zero graus Fahrenheit.

β é o coeficiente volumétrico da expansão térmica), unidade: K^{-1}

T é a temperatura em graus Kelvin

A Variação da condutividade térmica K , em função da pressão, ocorre nos gases quando simultaneamente têm-se temperaturas elevadas e pressões muito baixas e nos sólidos e líquidos apenas para pressões extremamente elevadas.

3.2.4- Densidade

As propriedades termodinâmicas podem ser divididas em duas classes gerais as intensivas e as extensivas. A propriedade extensiva é aquela que depende do tamanho (extensão) do sistema ou volume de controle e a propriedade intensiva é aquela que independe do tamanho do sistema. O volume de um sistema V é uma propriedade termodinâmica extensiva. O volume por unidade de massa é chamado volume específico (v) e é uma propriedade intensiva. Definimos por densidade (ρ) o inverso do volume específico, calculada pela equação 15 e sua unidade é (Kg/m^3) no S.I.

$$\rho = 1/v \quad (15)$$

3.2.5- Calor específico

Segundo WYLEN (2003), um processo quase estático a pressão constante e admitindo que não existem variações de energias cinéticas e ou potencial, podemos definir a entalpia específica, como uma propriedade termodinâmica, representada pela letra h e matematicamente é dada por:

$$h = u + P v \quad (16)$$

Onde:

u é a energia interna específica, J/Kg

P é a pressão, Pa

v é o volume específico, m³/Kg

A relação entre a energia interna u e a temperatura pode ser estabelecida utilizando a definição de calor específico a volume constante C_v , matematicamente:

$$C_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v \quad (17)$$

A relação entre a entalpia h e a temperatura é obtida a partir da definição de calor específico a pressão constante C_p , matematicamente:

$$C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p \quad (18)$$

3.2.6 - Difusividade térmica

A difusividade térmica é uma medida da rapidez com a qual o calor se propaga através de um material. Para materiais poliméricos é uma propriedade fundamental no processo de moldagem por injeção, para a determinação do tempo de ciclo de moldagem.

Essa propriedade mede a capacidade do material de conduzir a energia térmica em relação à sua capacidade de armazená-la. Quanto maior o α maior a velocidade de resposta às mudanças

nas condições térmicas e quanto menor o α menor a velocidade de resposta e maior o tempo, para se atingir uma nova condição de equilíbrio.

A capacidade calorífica volumétrica mede a capacidade de um material armazenar energia térmica e ela é calculada como: $\rho.C_p$, tendo como unidade ($J/m^3 \cdot K$).

A difusividade térmica, representada pela letra α , é definida como:

$$\alpha = \frac{K}{\rho.C_p} \quad (19)$$

3.2.7 - Absorção de Umidade

O ar quente é bastante empregado na desidratação de produtos alimentícios, pois ele desempenha a função de absorver a umidade do produto, aumentando-se a temperatura do ar ambiente, a sua umidade relativa diminui, conseqüentemente, sua capacidade de absorver umidade aumenta. Ele serve, ainda, para transportar a umidade retirada do produto para o ambiente, evitando assim o apodrecimento do produto que está sendo secado.

A umidade absoluta é definida como razão entre a massa de vapor (m_v) e a massa de ar seco (m_{ar}), pode ser representada pela letra U, segundo PIRANI (2004), podemos escrever a expressão:

$$U = \frac{m_v}{m_{ar}} \quad (20)$$

Onde:

m_v é a massa de vapor de água, Kg

m_{ar} é a massa de ar seco, Kg

3.3-Propriedades de superfície: absorptividade, refletividade e transmissividade.

3.3.1- Radiação

Segundo Präss (2005), a forma mais simples e mais difundida de radiação é a radiação térmica: a energia libertada pelos átomos sob a forma de luz é compensada pela energia do movimento térmico dos átomos (ou moléculas) do corpo que irradia. Quanto maior é a temperatura do corpo tanto mais rapidamente se movem os átomos. Quando os átomos rápidos (ou moléculas) colidem uns com os outros, parte da sua energia cinética transforma-se em energia de excitação dos átomos que depois irradiam luz.

A radiação é emitida na forma de onda eletromagnética, assim é possível escrever:

$$\lambda=c/v \quad (21)$$

Onde:

λ é o comprimento de onda, μm

c é a velocidade da luz no meio material, m/s

v é a frequência, s^{-1}

Os tipos de radiação estão classificados de acordo com os seus comprimentos de onda, na Figura 3.3 é apresentada a distribuição do espectro eletromagnético.

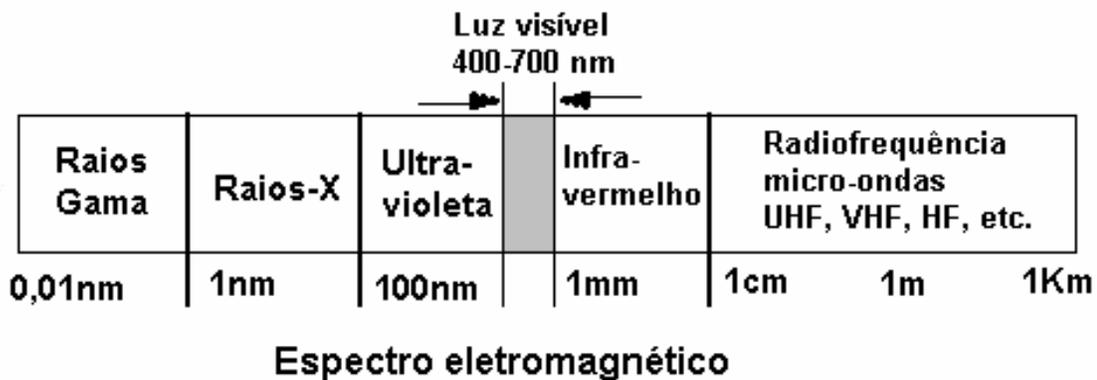


Figura 3.3: Espectro eletromagnético

A distribuição espectral da radiação de uma superfície de um corpo irradiante ideal, chamado de corpo negro, foi obtida por Plank. O corpo negro é um corpo que emite e absorve, a qualquer temperatura, a máxima quantidade possível de radiação em qualquer comprimento de onda. O irradiador ideal é um conceito teórico que estabelece um limite superior de radiação de acordo com a segunda lei da termodinâmica.

3.3.2- Distribuição de Plank

Segundo SCHMIDT (1996) a radiação térmica emitida por um material pode ser separada nos seus componentes monocromáticos. A distribuição espectral da radiação de uma superfície de um corpo irradiante ideal, chamado corpo negro, foi obtida por Plank. O poder emissivo monocromático, $E_{\lambda,n}$ é a taxa de energia monocromática emitida por um irradiador ideal para uma superfície hemisférica envolvente e é uma função do comprimento de onda e da temperatura da superfície irradiante.

A taxa de energia monocromática é, então, calculada pela expressão:

$$E_{\lambda,n} = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]}, \text{W/m}^2\mu\text{m} \quad (22)$$

Onde:

$$C_1 = 3,742 \times 10^8 \text{ W}\mu\text{m}^4/\text{m}^2$$

$$C_2 = 1,439 \times 10^4 \mu\text{m K}.$$

$$E_n = \int_0^{\infty} \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]} d\lambda, \text{W/m}^2 \quad (23)$$

Integrando-se, em λ de zero a infinito, a taxa de energia dada pela distribuição de Plank, obtém-se a Lei de Stefan-Boltzmann.

3.3.3- Lei de Stefan-Boltzmann

A Lei de Stefan-Boltzmann foi obtida a partir dos experimentos de Stefan e da dedução matemática de Boltzmann. Eles concluíram que a quantidade total de energia emitida por unidade de área de um corpo negro e na unidade de tempo (poder de emissão, E_n), é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta da superfície (unidade: K).

$$E_n = \sigma T_{\text{sup}}^4 \quad (24)$$

Onde:

σ é a chamada constante de Stefan-Boltzmann e no Sistema Internacional de Medidas, vale $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$.

A emissividade é definida como sendo a relação entre o poder de emissão de um corpo real e o poder de emissão de um corpo negro. A emissão atmosférica ocorre devido às moléculas de CO_2 e H_2O . A emissão total é obtida pela integração da emissão monocromática (ε_λ) sobre todo o espectro de comprimentos de onda e pode ser calculada pela expressão:

$$\varepsilon = \frac{\int_0^\infty \varepsilon_\lambda E_{\lambda,n} d\lambda}{E_n} \quad (25)$$

O poder emissivo associado a uma superfície terrestre é calculado matematicamente pela equação, segundo SCHMIDT (1996):

$$E_n = \varepsilon \sigma T^4 \quad (26)$$

Onde:

E_n = poder de emissão

ε = emissividade

σ = constante de Stefan-Boltzmann

T = temperatura absoluta (K)

3.3. 4- Absortividade, refletividade, transmisividade

Segundo INCROPERA, 2003, a radiação solar incidente numa superfície, sofre processo de absorção, reflexão e transmissão. A Figura 3.4 representa uma superfície submetida a radiação solar.

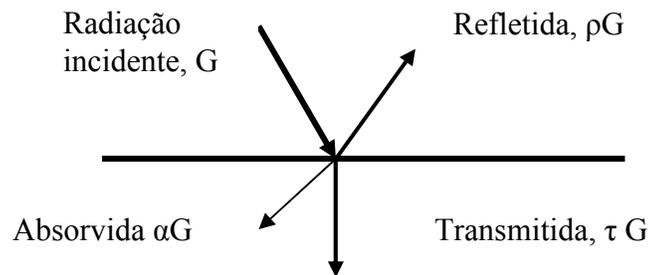


Figura 3. 4: Radiação Solar

A irradiação é definida como a taxa na qual a radiação que atinge um corpo, é representada pela letra G , e calculada pela expressão:

$$G = \int_0^{\infty} G_{\lambda} d\lambda \quad (27)$$

Onde:

$$G_{\lambda} = \text{a irradiação espectral, } W/m^2 \cdot \mu m.$$

A irradiação espectral é a taxa de radiação com comprimento de onda λ incidente sobre uma superfície, por unidade de área da superfície e por unidade de intervalo de comprimento $d\lambda$ no entorno de λ .

Quando toda irradiação é absorvida, dizemos que temos um absorvedor ideal e se parte da irradiação é absorvida, temos um absorvedor real.

A absorptividade é a fração total incidente que é absorvida pela superfície, ou seja, $\alpha = \text{radiação absorvida} / \text{radiação incidente}$, substituindo as expressões da radiação absorvida e incidente, é possível escrever:

$$\alpha = \frac{\int_0^{\infty} \alpha_{\lambda}(\lambda) G_{\lambda}(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} G_{\lambda} d\lambda} \quad (28)$$

Onde:

$\alpha_{\lambda}(\lambda)$ = absorptividade espectral hemisférica; G_{λ} é a irradiação espectral.

A absorptividade (α) depende da distribuição espectral da radiação incidente, da distribuição direcional e da natureza da superfície e varia de 0 até 1.

A refletividade é a fração da radiação total incidente que é refletida pela superfície, ela é representada pela letra (ρ) e é uma função do comprimento de onda λ . A Figura 3.5 demonstra o que ocorre quando a radiação incidente atinge uma superfície, e ela é calculada pela expressão:

$$\rho = \frac{\int_0^{\infty} \rho_{\lambda}(\lambda) G_{\lambda}(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} G_{\lambda} d\lambda} \quad (29)$$

Onde:

$\rho_{\lambda}(\lambda)$ = refletividade espectral hemisférica

A refletividade espectral hemisférica, que é igual à fração da irradiação espectral refletida pela superfície.

A transmissividade é a fração da radiação total incidente que é transmitida através de um corpo, ela é representada pela letra τ e é função do comprimento de onda e, segundo SCHMIDT, 1996, a expressão que permite o cálculo da transmissividade é:

$$\tau = \frac{\text{radiação transmitida}}{\text{radiação incidente}} \quad (30)$$

$$\tau = \frac{\int_0^{\infty} \tau_{\lambda}(\lambda) G_{\lambda}(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} G_{\lambda} d\lambda} \quad (31)$$

Onde:

$\tau_{\lambda}(\lambda)$ = transmissividade espectral hemisférica

A soma da refletividade, absortividade e transmissividade é igual a 1, ou seja:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (32)$$

A transmissividade é igual a zero para a maioria das superfícies sólidas, pois os corpos são normalmente opacos à radiação incidente, então $\rho + \alpha = 1$. Essa equação permite calcular a refletividade quando conhecemos absortividade e, de modo análogo, podemos calcular a absortividade quando conhecemos a refletividade.

3.3.5- Cálculo do teor de ricina no extrato bruto por SDS PAGE (gel de poliacrilamida com sódio dodecilsulfato para eletroforese)

Segundo MACHADO (2006), para o preparo do extrato bruto, são utilizados: 160 mg de resíduo que foram submetidos à extração por quatro horas com 3,2 mL de água quente (80°C) e por mais 16 horas à temperatura ambiente. Aos 60 μL do extrato foram adicionado 20 μL tampão, contendo SDS e β -mercaptoetanol; aplicaram-se 25 μL , considerando que 160 mg da amostra estão em 3200 μL , então 100 mg estariam em 2000 μL .

Para o cálculo do teor de Ricina, considere o exemplo, onde no gel são aplicados 25 μL e é observa-se uma banda de 5 μg , ou seja, 20 $\mu\text{g}/100 \mu\text{L}$. Logo em 2000 μL temos 400 μg de ricina, ou seja, temos 400 μg de Ricina por 100 mg de amostra, isto é, o teor de ricina é de 4 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de amostra.

Segundo HOFFMANN (2006), o método Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) pode ser empregado para a detecção e quantificação de ricina na torta de mamona. A leitura da absorvância em leitor Elisa, permite a obtenção do teor de ricina na amostra.

A absorvância varia diretamente com a concentração, segundo a Lei Beer-Lambert:

$$A = \epsilon \cdot c \cdot l \quad (33)$$

Onde:

A=absorvância

ϵ =coeficiente de absorvidade molar, $\text{cm}^{-1} \text{mol}^{-1} \text{L}$

c=concentração, $\text{mol}^{-1} \text{L}$

4 METODOLOGIA

Para o aprofundamento da compreensão dos principais conceitos envolvidos no desenvolvimento do tema, foi iniciada a pesquisa do Estado da Arte, a revisão bibliográfica, buscando autores que trabalham na área do conhecimento da linha de pesquisa e ainda pesquisando informações fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Foi realizada a caracterização da torta de mamona, subproduto do processo de fabricação do óleo de mamona e seus derivados, tendo em vista que já existe um Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, que o introduz na matriz energética do Brasil, o que irá aumentar a oferta de torta de mamona no mercado. Essa etapa analisa a possibilidade da torta de mamona utilizada como fertilizante, ter um fim mais nobre, sendo usado como ração animal após passar pelo processo de eliminação da ricina.

Foram desenvolvidos estudos e pesquisas sobre os vários tipos e aplicações dos secadores solares a fim de escolher um modelo que atendesse as necessidades do projeto, assim, foram necessários o desenvolvimento e construção de um secador solar. O modelo construído foi o secador solar de exposição direta baseado nos utilizados na secagem de frutas, peixes e grãos, pois, estes tipos de secadores atingem temperaturas mínimas em torno de aproximadamente 60°C.

Diversos materiais foram empregados no modelo, tais como: perfil de alumínio de cor preto fosco com largura de 75mm e 6 metros de comprimento, cantoneira em L cor preto fosco com 6 metros de comprimento. A base do secador é madeira de 4mm de espessura e a superfície de cobertura é acrílico com 4mm de espessura.

A cantoneira em L foi afixada à base de madeira e fez-se uma estrutura com ângulo de inclinação de 22°, que é o valor da latitude de Salvador (12 °) somados mais 10° para fornecer a inclinação, que favorece maior incidência dos raios solares. As laterais foram fechadas por

chapas metálicas de zinco e construiu-se a câmara de secagem em forma de gaveta para facilitar o manuseio no momento de inserir e retirar o produto a ser secado, no caso a torta de mamona. A abertura acima da gaveta permite a circulação do ar e a retirada da umidade. Por último afixou-se o secador à estrutura metálica de suporte e instalou-se a cobertura transparente.

O secador possui dimensão de 1 metro de comprimento por 0,66 metros de largura para a base, ângulo de inclinação de 22° (latitude + 10°) e altura calculada em 0,40 metros. A Figura 4.1 representa as dimensões do secador solar de exposição direta e o cálculo da altura.

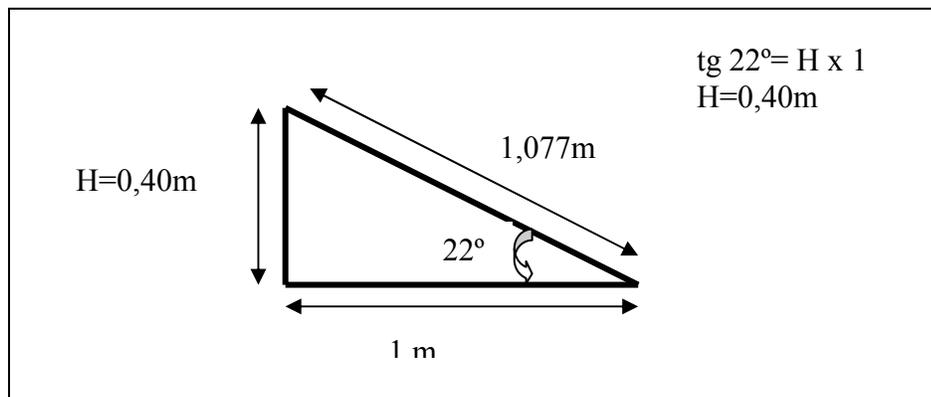


Figura 4.1: Cálculo da altura do secador solar de exposição direta

O secador foi instalado nas dependências do Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia (CEFET-BA), em área aberta, para permitir a radiação solar diária. A Figura 4.2 mostra fotos com as etapas da construção do modelo de secador solar de exposição direta, confeccionado para a realização de parte da experimentação prática da pesquisa.



Figura 4.2: Fotos das etapas de construção do secador de exposição direta

Na instalação do secador, foi utilizada uma bússola, para orientar o coletor de modo a obter maior radiação solar incidente.

A orientação do coletor solar para países situados no hemisfério sul é na direção do norte verdadeiro da Terra, esse é o caso do Brasil. O ideal é que os coletores solares estejam orientados para o norte geográfico, inclinados num ângulo igual à latitude mais 10° , tal orientação para o norte geográfico foi obtida por meio de uma bússola e é apresentada na Figura 4.3 (Figura do autor, baseado em MELONI, 2004).

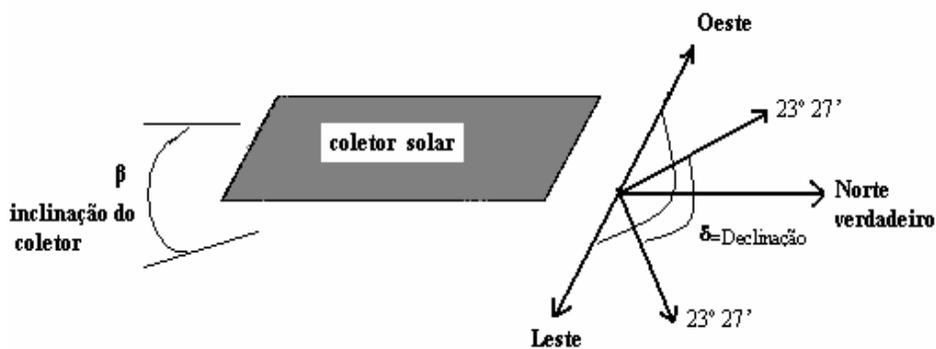


Figura 4.3: Orientação do coletor solar

O secador com concentrador foi montado em uma estrutura tubular. A superfície apresenta a forma de uma parabolóide, sendo composta por vários pequenos pedaços de retângulos de espelhos, constituindo a superfície que reflete a radiação solar. Um sistema manual faz o acompanhamento da radiação solar, aproveitando assim o máximo de insolação diária. A energia solar incidente sobre a área do coletor se concentra sobre o eixo focal no qual foi instalado o absorvedor, composto por uma calha pintada de preto para aumentar a eficiência e dentro das calhas foi colocada a torta de mamona para ser secada. Foram utilizados concentradores com as dimensões de 1 m² e 2 m² de área de abertura montados na Universidade Federal do Rio Grande do Norte e apresentado na Figura 4.4.



Figura 4.4: Secador solar com concentrador

As amostras secadas foram fornecidas pela empresa BOM-Brasil Óleo de Mamona LTDA, situada na Rua Voluntários da Pátria, Nº 2671, no bairro do Lobato, Salvador-Bahia, a doação de um saco de farelo de mamona para a realização da pesquisa. A empresa vem atuando no mercado desde 1988 e dedica-se à produção do óleo de mamona e seus derivados, entre eles o óleo de mamona hidrogenado, o ácido 12 hidroxí esteárico, o ácido ricinoleico e o bisamida. Trabalha com a capacidade anual de esmagamento e produção de derivados de 90000 e 25000 toneladas métricas, respectivamente.

Foram levantadas amostras e dados tanto para o secador solar com concentrador, montado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, quanto para o secador de exposição direta construído e montado no Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia.

Utilizando o secador de exposição direta, foi colocada a 1ª amostra com 2 quilos de torta de mamona, assim, realizaram-se as primeiras medições de temperatura na superfície absorvedora coberta com a torta e observou-se que, no primeiro dia, o maior valor de temperatura para a câmara de secagem foi de 55,4° C e o menor valor foi de 37,2°. No final do dia, às 17h, realizou-se a pesagem, e o valor encontrado foi de 1 quilo e novecentos e dezoito gramas, notou-se uma redução de 4,41% do valor inicial. No segundo dia foi colocada a mesma amostra e realizada medições do valor de temperatura, na câmara de secagem a cada 30 minutos e o maior valor obtido foi 72,4 ° C e o peso final da amostra foi de 1,882 quilos. A 2ª amostra foi colocada com peso inicial 1,475 quilos e na pesagem final 1,410 quilos, com valor máximo de temperatura na câmara de secagem 68,2°C. A 3ª amostra, inicialmente, pesava 1,926 quilos e no final do dia o seu peso era de 1,830 quilos, com maior valor de temperatura de 75,4° C. A 4ª amostra foi obtida com exposição solar de 4,5 horas para secagem e, nesse período, o maior valor de temperatura foi de 85,8°C. A 5ª amostra colocada no secador tinha, inicialmente, 2,0 quilos e no final 1,858 quilos, tendo uma redução de 7,1 % de seu peso inicial.

As amostras foram colocadas para secar nos dias 04, 05, 11 e 12 de maio de 2006, no horário da manhã e à tarde. Nos dois primeiros dias o secador estava sem o isolamento térmico e nos dia 11 e 12 de maio com isolamento térmico, reduzindo o efeito de transferência de calor por convecção. O termômetro utilizado para realizar as medições é o HOMIS Modelo 6231, infravermelho sem contato, cujo sistema ótico coleta as energias emitidas, refletidas e transmitidas, que são concentradas sobre um detector, convertendo a informação numa indicação de temperaturas mostrada em display. Sua faixa de temperatura é de -18 a 260°C com tempo de resposta de 500ms.

No secador com concentrador foram colocadas amostras de torta de mamona na calhas localizadas no eixo focal e obtiveram-se os valores de temperaturas para as amostras de massa inicial igual a 150 gramas.

A análise da ricina residual em amostras sem o tratamento químico foi realizada pela Embrapa Algodão, em Campina Grande-Paraíba, que vem trabalhando na metodologia para análise da ricina na torta de mamona e as amostras com tratamento químico foram analisadas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense no Rio de Janeiro, utilizando o método de eletroforese em gel de poliacrilamida.

No segundo trimestre de 2006, a parte experimental da pesquisa foi direcionada para o tratamento da torta da mamona, utilizando calor, mediante colocação da torta em secador solar, sem o uso de agente químico, pois se desejava ter resultados com o menor custo no processo de desintoxicação e, no último trimestre do ano de 2006 foram utilizadas amostras submetidas a tratamento químico.

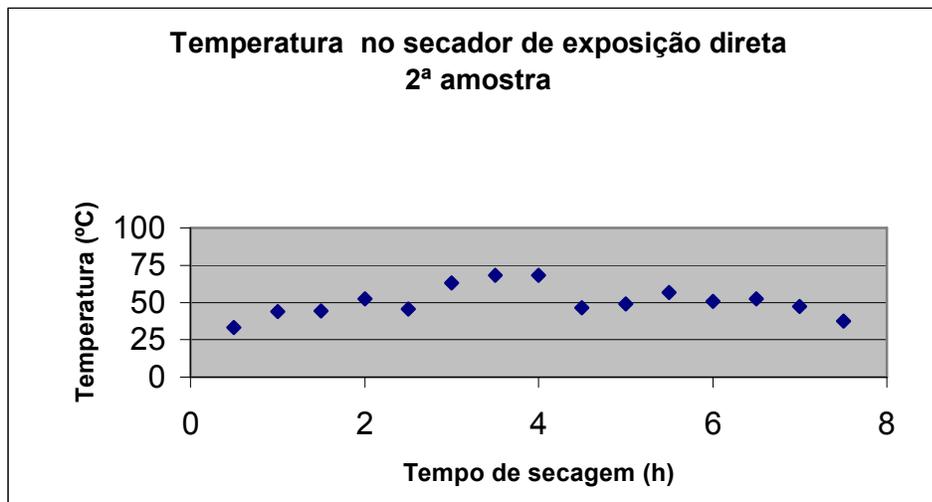
A análise dos resultados foi realizada por meio de interpretação gráfica e tabelas obtidas com os valores de temperatura, massa inicial, massa final e outros, no secador solar de exposição direta e no secador solar com concentrador.

5 RESULTADOS

No mês de maio de 2006 foi instalado nas dependências do CEFET-BA um secador solar do tipo de exposição direta, com 0,66m². As amostras foram colocadas na câmara de secagem, realizaram-se as medições do valor de temperatura, e levantaram-se gráficos que demonstram a evolução da grandeza.

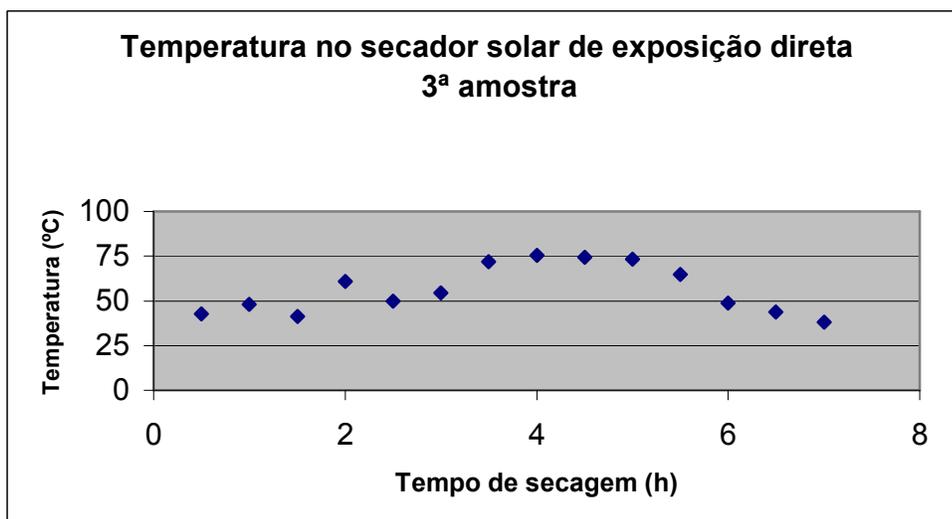
A primeira amostra de torta de mamona pesava 2 quilos e foi colocada na câmara de secagem às 8h 30 min do dia 05 de maio de 2006. O dia estava com sol, porém algumas nuvens encobriram o céu nos horários das 9h 30min às 10h 30min e das 11h às 11h 30min. Os maiores valores de temperatura foram atingidos das 13h às 14h, alcançando 72,4 °C na câmara de secagem com tempo de secagem de 7,5 horas e às 16h a amostra foi retirada e pesada, obtendo-se o valor de 1,963 quilos. A retirada de umidade foi verificada pela perda de massa, representando um valor de 1,95% do valor inicial.

A segunda amostra de torta de mamona, secada no dia 06 de maio de 2006, apresentava massa inicial igual 2,0 quilos e a temperatura máxima obtida foi de 68,2 °C no horário das 12h 30min, com incursões chuvosas durante o período de secagem, o valor médio de temperatura foi de 51,41°C e a perda de massa apresentada 4,5%. A Figura 5.1 representa a variação da temperatura, na câmara de secagem do secador de exposição direta, para a 2ª amostra da torta de mamona.



**Figura 5.1: Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta
2º amostra**

A terceira amostra de torta de mamona possuía massa inicial igual a 2 quilos e foi secada em dia nublado durante a manhã e com sol no período da tarde. O maior valor de temperatura ocorreu às 13:00 horas com 75,4°C, às 15:30 o secador já se encontrava com sombra e às 16:30 a amostra foi retirada e pesada, apresentando perda de massa de 4,8%. O valor médio de temperatura foi de 57,6 °C. A Figura 5.2 apresenta a evolução da temperatura, no período de 7 horas de secagem da torta de mamona, no secador de exposição direta.



**Figura 5.2: Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta
3º amostra**

A quarta amostra foi obtida no dia 12 de maio de 2006, em um dia com sol e período de secagem de 5 horas. O valor médio de temperatura obtido foi de 70,37°C e o valor máximo obtido no horário de 12:30 foi de 85,8°C. A evolução da temperatura na câmara de secagem é apresentada na Figura 5.3.

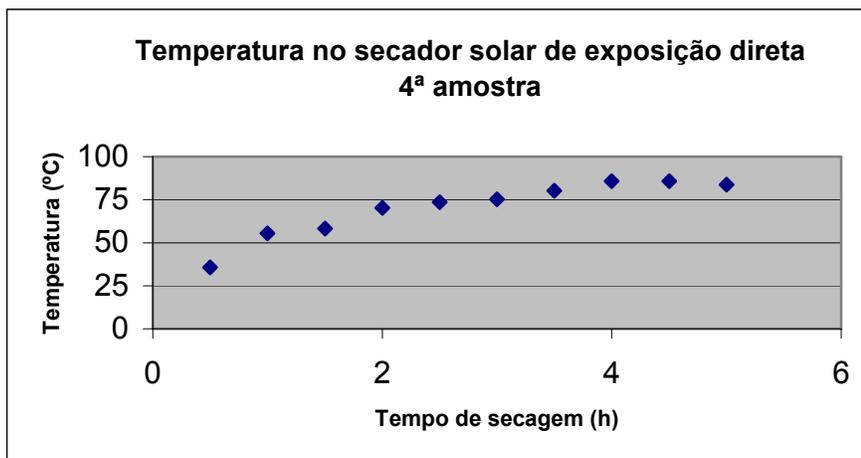


Figura 5.3: Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta 4ª amostra

A quinta amostra foi secada no dia 12 de maio de 2006, com tempo de secagem de 8 horas, no período das 8:30 às 16h 30min, verificou-se uma perda de massa de 7,1% e temperatura média de 67,74°C.

A Figura 5.4 mostra a evolução da temperatura para a 5ª amostra de torta de mamona no secador de exposição direta, com massa inicial igual a 2 quilos e apresentando massa final igual a 1,858 quilos.

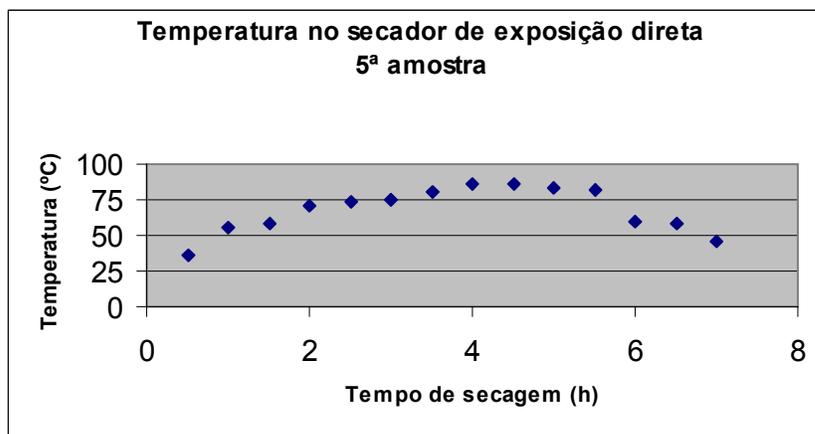


Figura 5.4: Temperatura na câmara de secagem do secador solar de exposição direta 5ª amostra

A tabela 5.1 mostra os dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar de exposição direta, instalado em Salvador, no período de 4 a 12 de maio de 2006, e os dados de velocidade de vento e umidade relativa obtidos com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE.

Tabela 5.1: Dados referentes à secagem da torta de mamona no secador solar de exposição direta.

Amostras/dia	1 ^a 05/05/06	2 ^a 06/05/06	3 ^a 11/05/06	4 ^a 12/05/06	5 ^a 12/05/06
ΔT (°C)	37,8 à 72,4	33 à 68,2	38 à 75,4	35,6 à 85,8	35,6 à 85,8
Massa Inic. (Kg)	2,0	2,0	2,0	-	2,0
MassaFinal(Kg)	1,963	1,91	1,904	-	1,858
Vel.Vento(m/s)	1,7a 1,8	0,9 à 3,0	0,9 à 1,0	0,4 à 1,9	0,4 à 1,9
Umid. Rel.(%)	94	99	96	98	98
Tempo de secagem	7,5 horas	7,5 horas	7,0 horas	5,0 horas	8,0 horas

Além do secador solar de exposição direta, foi utilizado, também, durante a pesquisa um secador solar com concentrador e no período de 11 a 24 de abril de 2006 foram obtidas amostras de torta de mamona, codificadas de acordo com o tempo de secagem e temperatura obtida no período. A representa a palavra amostra, o número representa o tempo de exposição ao sol e a última letra identifica a amostra.

As tabelas 5.2 a 5.4 apresentam os dados obtidos com o secador com concentrador e acrescenta os dados de velocidade de vento obtidos com o INPE. Para a cidade de Natal, a umidade relativa do ar no período variou de 62% a 75%.

Tanto para o secador com concentrador com 1m² quanto para o secador com concentrador de 2m², observou-se a redução na massa das amostras, devido à perda de umidade, mostrando assim a ocorrência a secagem do produto.

Tabela 5.2: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com meia hora de exposição ao sol

Amostras	A0,5b	A0,5c	A0,5e	A0,5f	A0,5g
ΔT (°C)	81 à 83	89 à 90	110 à 120	104 à 108	105 à 110
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	137,3	145,7	139,8	140,7	141
Vel.Vento(m/s)	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3
Umid. Rel.(%)	68	68	68	68	68

Tabela 5.3: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com uma hora de exposição ao sol

Amostras	A1a	A1b	A1c	A1d	A1e
ΔT (°C)	83 à 110	115 à 129	102 à 129	102 à 110	70 à 100
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	142,5	138,2	137,5	138,3	139,2
Vel.Vento(m/s)	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3

Tabela 5.4: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 2 m²

Amostras	b	C	D	E	F	G
ΔT (°C)	95 a 130	115 a 120	106 a 125	105 a 125	107 a 120	91 a 125
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	142,8	140,7	137,8	140,6	138,4	137,0
Vel.Vento(m/s)	2,5 a 3	2,5 a 3				
Tempo secagem	0,5 horas	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas

No secador solar de exposição direta as amostras: 3^a, 4^a e 5^a secaram com temperaturas médias acima de 60°C e no secador com concentrador os valores de temperatura foram bem maiores, atingindo um mínimo de 82°C e máximo de 134°C para as amostras: A6f, A5e, A3d, A1c e A0,5e.

Para a realização da análise do teor residual de ricina na torta de mamona após a secagem, algumas amostras foram selecionadas, tomando uma ampla faixa de temperatura, para os dois tipos de secadores solares utilizados, conforme demonstra a tabela 5.5.

Tabela 5.5: Dados referentes às amostras sem tratamento químico, enviadas para análise do teor de Ricina

Tipo de secador	Codificação da amostra	Tempo de secagem	Variação da temperatura
Exposição direta	E2=2 ^a Amostra	7,5 h	33 a 68,2 °C.
Exposição direta	E3=3 ^a Amostra	7,0 h	38 a 75,4 °C
Exposição direta	E4=4 ^a Amostra	5,0 h	35,6 a 85,8 °C
Exposição direta	E5=5 ^a Amostra	8,0 h	35,6 a 85,8 °C
Com concentrador	A6f	6,0 h	82°C a 134°C
Com concentrador	A5e	5,0 h	97°C a 131°C
Com concentrador	A3d	3,0 h	120°C a 130°C
Com concentrador	A1c	1,0 h	102°C a 129°C
Com concentrador	A0,5e	0,5 h	120° C

As amostras submetidas a tratamento químico, permaneceram 6 horas diárias no secador solar de exposição direta, foram codificadas e encaminhadas para análise do teor de ricina. A Tabela 5.6 apresenta a codificação utilizada.

Tabela 5.6: Dados referentes às amostras com tratamento químico, enviadas para análise do teor de Ricina

Tipo do secador	Data	Descrição da amostra	código
Exposição direta	04/10/06	Com tratamento químico: Seco -Ca(OH) ₂ 1Kg de torta +37g de Ca(OH) ₂	QSH
Exposição direta	10/10/06	Com tratamento químico: Molhado - Ca(OH) ₂ 1Kg de torta +37g de Ca(OH) ₂	QMH
Exposição direta	11/10/06	Com tratamento químico: Molhado - CaO 1Kg torta+28g de CaO	QMO
Exposição direta	16/10/06	Com tratamento químico: Molhado -NaCl 1 Kg de torta+30g de NaCl	QMS

A Figura 5.5 apresenta a evolução da temperatura no secador solar, com concentrador de 1m², sendo possível observar que a temperatura máxima foi igual a 120°C para a amostra e e a amostra d obteve o menor valor de temperatura devido a incursões chuvosas no horário de 12 às 13 horas do dia 12 de abril de 2006.

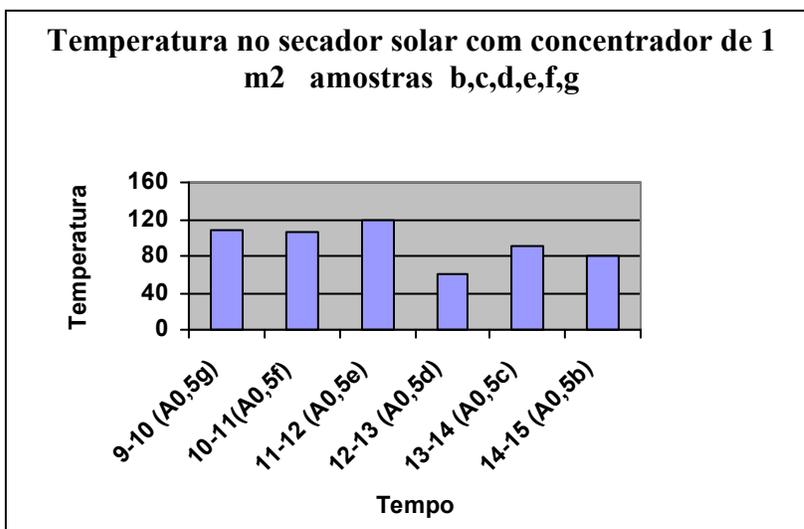


Figura 5.5: Temperatura no secador solar com concentrador de 1m², com tempo de secagem de 0,5 horas, amostras b, c, d, e, f, g.

No dia 13 de abril de 2006, a temperatura no secador com concentrador de 1m^2 para todas as amostras se manteve acima de 80°C e a amostra c foi submetida à temperatura máxima de 116°C , representada na figura 5.6 com amostras secadas por 1 hora.

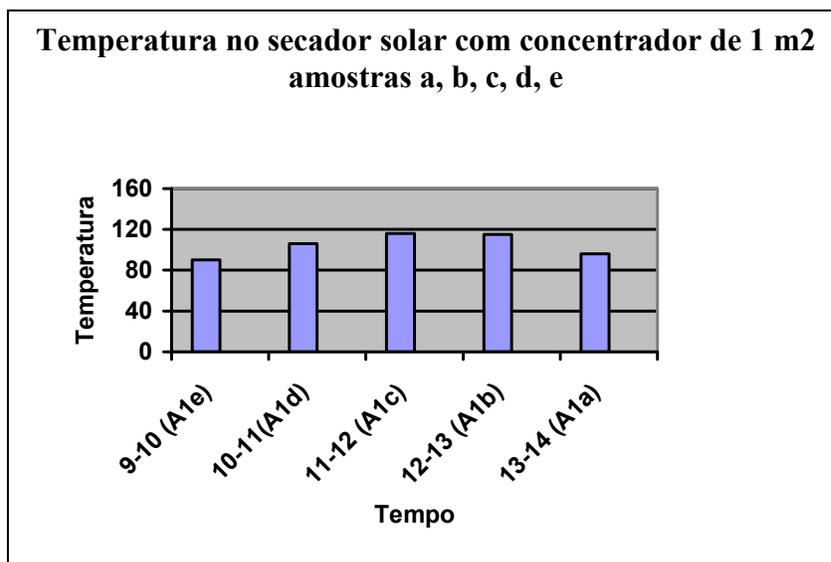


Figura 5.6: Temperatura no secador solar com concentrador de 1m^2 , com tempo de secagem de 1 hora, amostras a, b, c, d, e

A evolução da temperatura na amostra d é apresentada na figura 5.7 onde se observa que a temperatura se manteve acima de 120°C durante o tempo de secagem e o maior valor de temperatura foi obtido no horário de 11 às 12.

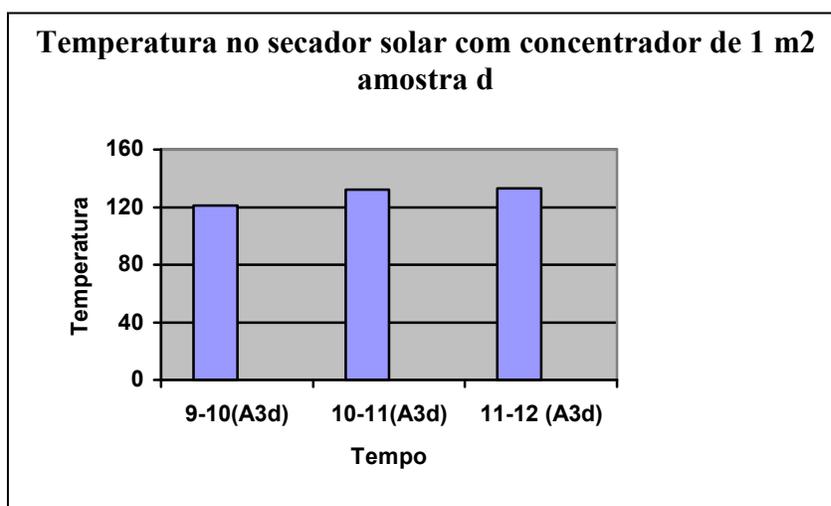


Figura 5.7: Temperatura no secador solar com concentrador de 1m^2 , com tempo de secagem de 3 horas, amostra d

A amostra f foi submetida a um tempo de secagem de 4 horas e na figura 5.8 é observada a evolução da temperatura. O valor máximo de temperatura foi de 120°C e o mínimo ocorrido no horário das 10 às 11 igual a 107°C .

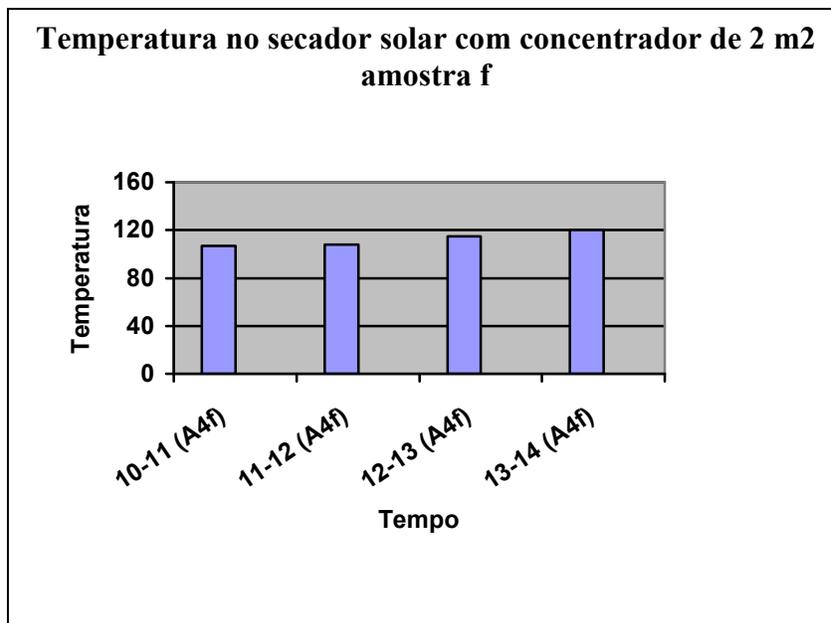


Figura 5.8: Temperatura no secador solar com concentrador de 1m^2 , com tempo de secagem de 4 horas, amostra f

Na figura 5.9 observa-se que a temperatura se manteve acima de 80°C durante as 5 horas de tempo de secagem e o valor máximo da temperatura na amostra g foi igual a 135°C , no dia 22 de abril de 2006.

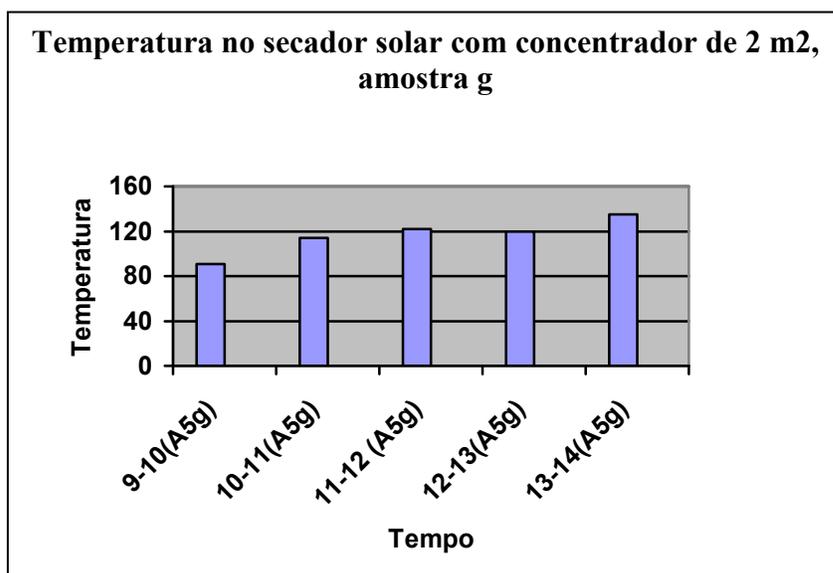


Figura 5.9: Temperatura no secador solar com concentrador de 1m^2 , com tempo de secagem de 5 horas, amostra g

A análise realizada pela Embrapa de Campina Grande, pelo Dr. Liv Severino e Dra. Lúcia Hoffmann, apresentou como leitura no espectrofotômetro os valores apresentados na tabela 5.7. Esses valores indicam a absorvância, grandeza diretamente proporcional à concentração, assim, a unidade de concentração do teor de ricina é obtida por meio da comparação desses resultados e a curva de calibração.

A análise mostrou que a torta de mamona não tratada (TNA) e a torta de mamona tratada em autoclave (TA) apresentaram valores mais elevados de ricina, quando comparadas com as amostras do secador solar de exposição direta que chegaram a eliminar cerca de 47% e 36,2% respectivamente, para um período de secagem de 7 horas .

A análise do teor de ricina na torta de mamona vem sendo objeto de estudo da Embrapa e pesquisadores de várias Universidades Brasileiras, a exemplo a Universidade Estadual do Norte Fluminense- Rio de Janeiro, que busca o desenvolvimento de uma metodologia capaz de realizar tal tarefa. Em Salvador, não foi encontrado nenhum laboratório que realizasse essa análise.

Tabela 5.7: Resultados referentes à análise do teor de ricina nas amostras

Descrição da Amostra	Valor de leitura no espectrofotômetro Média e desvio padrão
TNA=Torta de mamona não tratada	0,323 ±0,021
TA= Torta autoclavada	0,268±0,006
E3= Torta submetida ao secador de exposição direta, com tempo de secagem de 7 horas	0,171±0,018
A1c=Torta submetida ao secador com concentrador, com tempo de secagem de 1 hora.	0,239±0,031
A0,5c=Torta submetida ao secador com concentrador, com tempo de secagem de 0,5 horas.	0,271±0,033

Com esses primeiros resultados, foi elaborada a tabela 5.8. Nesta os dados obtidos estão relacionados com as principais variáveis envolvidas no tratamento físico ao qual a torta foi submetida, durante a experimentação, com o secador solar.

Tabela 5.8: Resumo de dados referentes as amostras sem tratamento químico

Amostra	Umidade relativa do ar	Varição de temperatura	Varição de massa	Percentual de eliminação ricina	Tempo de exposição
E3	96%	38 à 75,4 C	4,8%	47%	7 horas
A0,5e	68%	110 á 120 C	6,0%	36,2%	0,5 horas
A1c	69%	102 á 129 C	8,6%	26%	1 hora

O método utilizado para detecção e quantificação de ricina em torta de mamona foi o Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA). Foi realizada a sensibilização da placa com a solução de ricina por 2 horas a 37°C; lavagem tripla dos poços com tampão fosfato de sódio pH 7,4, com 0,1% de tween 20 (PBST); incubação da placa com solução de bloqueamento por 1 hora a 37°C; incubação da placa com antissoro anti-ricina por 2 horas a 37°C; lavagem tripla dos poços com tampão PBST; incubação da placa com antissoro anti-igg de coelho marcado com fosfatase alcalina por 2 horas a 37°C; lavagem tripla dos poços com o tampão PBST; incubação com substrato da fosfatase alcalina por 1 hora a 37°C; leitura de absorbância em leitor Elisa.

Os valores de leitura estão registrados na tabela 5.9, onde possível observar os valores das medidas de absorbância, seu valor médio e o respectivo desvio padrão para o tampão de extração. O tampão é a solução de mistura de sais que é utilizada para extração de ricina, essa solução é misturada à torta, e ficam incubando à noite, com agitação, na expectativa de que a ricina passe da torta para a solução.

Tabela 5.9: Dados referentes às amostras com tampão PBST

E1	E3	E4	TA	TNA
0,166	0,183	0,424	0,164	0,236
0,169	0,17	0,491	0,156	0,246
média=0,1675	média=0,1765	média=0,4575	média=0,16	média=0,241
desvio padrão=0,00212132	desvio padrão=0,009192388	desvio padrão=0,047376154	desvio padrão=0,005656854	desvio padrão=0,007071068

Apesar do método da análise de ricina estar em fase experimental, foi notado uma maior eficiência na redução do teor de ricina, em amostras submetidas a um tempo maior de exposição solar.

Foram realizadas as análises das amostras com e sem o tratamento químico, e feita uma comparação quanto ao teor de ricina no extrato bruto por SDS PAGE (gel de poliacrilamida com sódio dodecilsulfato para eletroforese), e na Figura 5.10 é apresentada a revelação do filme, no qual as partículas mais pesadas ficam na parte inferior, indicando maior valor do teor de ricina.

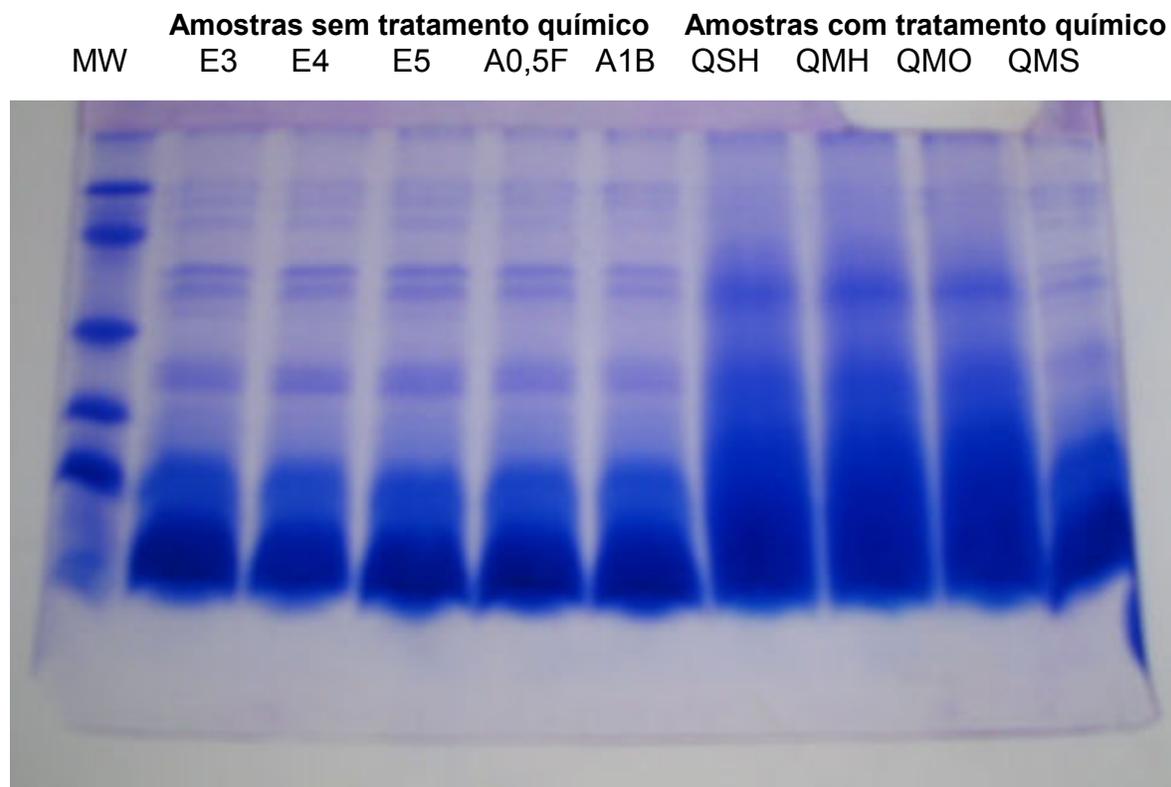


Figura 5.10: Teor de ricina para amostras com e sem tratamento químico

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

CONCLUSÕES

1. O processo de secagem atendeu aos objetivos, os resultados obtidos até o momento são satisfatórios, considerando que a etapa experimental foi realizada no segundo trimestre do ano, quando se tem valores mais baixos de temperatura. A análise dos dados observados mostra que a eliminação da ricina por meio dos secadores solares, pode ser realizada durante o ano todo, visto que os dados obtidos são importantes para se avaliar a eficiência do mesmo em várias épocas do ano. No verão se esperam resultados melhores, com valores de temperaturas mais elevados.

2. Nos dois modelos de secadores, a torta de mamona apresentou perda de umidade e redução de massa, o que mostra a ocorrência de um processo de secagem.

3. A temperatura da câmara de secagem, foi sempre superior a temperatura da cobertura transparente do secador, nos dois modelos de secadores.

4. O secador de exposição direta apresentou temperatura média superior a 50°C e temperatura máxima de 85,8°C.

5. No secador de exposição direta, o percentual médio de redução de massa foi de 5,4%, no secador com concentrador de 1m² a média percentual foi de aproximadamente 7% e para o secador solar com concentrador de 2 m² a perda percentual de massa foi de 7,2%, logo é possível

notar que o secador com concentrador oferece melhores resultados quanto ao processo de secagem.

6.O material empregado na construção do secador de exposição direta e com concentrador não possui custo elevado, assim é viável e econômica a sua construção e utilização.

7.O secador solar de exposição direta poderia obter maior eficiência, com algumas mudanças: o uso do vidro como material da cobertura transparente ao invés do acrílico e ainda a aplicação de materiais isolantes térmicos nas laterais do secador, como: lã de vidro, amianto, tijolo refratário e outros.

8.O secador solar com concentrador atingiu valores mais elevados para as temperaturas, com máximo de 134°C.

9.O secador com concentrador oferece melhor resultado quanto ao processo de secagem.

10.A não uniformidade na granulometria do farelo da torta de mamona atua como agente inibidor da difusão de calor na amostra, provocando diminuição na temperatura.

11.Com a análise do teor de ricina verificou-se que a amostra A0,5e (torta de mamona submetida ao secador de exposição direta por 7 horas e sem tratamento químico), foi a que obteve melhor resultado comparando as seguintes variáveis: tempo de exposição, temperatura e redução de ricina.

12.Os resultados apontam também para uma relação direta da variável tempo de exposição e eliminação de ricina como fator importante na desintoxicação da torta de mamona.

13. O processo de desintoxicação da torta de mamona por secagem solar é mais econômico, quando comparado com o tratamento em autoclave.

14. As amostras submetidas ao tratamento químico apresentaram menor teor de ricina, após a secagem.

15. Das amostras com tratamento químico, a QMS (amostra molhada de 1 Kg de torta de mamona adicionado a 30 g de NaCl), apresentou o pior resultado, apresentando o maior teor de ricina.

SUGESTÕES

O processo de desintoxicação por tratamento físico é mais interessante do ponto de vista econômico quando comparado com o processo utilizando tratamento químico e físico simultaneamente. A perspectiva futura é desenvolver secadores capazes de desintoxicar a torta de mamona sem tratamento químico e em grandes quantidades, para atender a demanda das grandes fábricas de óleo de mamona e biodiesel ou atender as regiões do semi-árido que venham produzir o biodiesel em associações ou cooperativas, proporcionando uma complementação alimentar para o rebanho dos pequenos produtores.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. R.;LIMA, D.G.; HAMÚ, E.H.; WOLF, C.; SUAREZ, P. A. Z.Utilization of metal complexes as catalysts in the transesterification of Brazilian vegetable oils with different alcohols. *Journal of molecular catalysis A: Chemical*, v.209, p.29-33,2004.
- ANANDAN, A.; KUMAR, G.K.A.; GHOSH, J.; RAMACHANDRA, K.S. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. *Animal Feed Science and Technology* 120, 159–168, 2005.
- AZEVEDO, d.m.p.; LIMA, e.f.(ED.). O agro negócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.350p.
- BELTRÃO, N. E. M. Noções sobre o Biodiesel, em Especial Feito com o Óleo de Mamona. *Comunicado técnico n. 177 da Embrapa*, dezembro de 2003. ISSN 0102-0099.
- BELTRÃO, N. E. M. Torta de Mamona (*Ricinus communis* L.): Fertilizante e Alimento. *Comunicado técnico n. 171 da Embrapa*, janeiro de 2003. ISSN 0102-0099.
- BEZERRA, MOURA ARNALDO. Aplicações térmicas da energia solar, João Pessoa, p.98,243, 2001.
- BRANDT, N.N.; CHIKISHEV, A.Y.; SOTNIKOV, A.I.; SAVOCHKINA, Y.A.; AGAPOV, I.I.; TONEVITSKY, A.G. Ricin, ricin agglutinin, and the ricin binding subunit structural comparison by Raman spectroscopy. *Journal of Molecular Structure* 735–736, 293–298, 2005.
- CARLINI, C.R.; SÁ, M.F.G. Plant toxic proteins with inseticidal properties. A review on their potentialities as bioinseticides. *Toxicon* v. 40, p.1515-1539, 2002.
- COSTA, FABIANA XAVIER; SEVERINO, LIV SOARES; BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, ROSA M. M.; LUCENA, MÁRCIA M. B. GUIMARÃES. Composição química da torta de mamona- I Congresso Brasileiro de Mamona. Campina Grande, 2004.
- COSTA, JORGE LUIZ. Conversão térmica da energia solar-Instaladores de equipamentos solares térmicos.Sociedade Portuguesa de Energia Solar. Lisboa- Portugal, 1996.
- DIRECTORATE OF OILSEEDA RESEARCH. Diversified uses of Castor. In:INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. Proceedings...Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of Índia, 2004. p.50-57.
- DUZAT, REJANE MORAES; BARBOSA, ANA PAULA; VETTER, ROLAND.Encontro de Energia no Meio Rural. Manaus, 2000.

GARDNER JR., H. K.; D'AQUIN, E. L.; KOULTUN, S.P.; McCOURTNEY, E. J.; VIX, H.L.E.; GASTROCK, E.A. Detoxification and deallergenization of Castos Beans. *The Journal of the American Oil Chemists Society*. V.37.p.142-148,1960.

GOLLAKOTA, K. G.; MEHER, K. K. Effect of particle size, temperature, loading rate and stirring on biogas production from castor cake (oil expelled). •*Biological Wastes* 24, 243-249, 1988.

HENNING, H.M., MORAES, R., SASSE, M.; DGS; Direct Coupling of Solar Dryers Fans to a Photovoltaic Generator - Electrical and Thermal Behaviour; *Proceedings of the VII Sonnenforum*, , Frankfurt, Alemanha, 1990.

HOFFMANN, Lúcia V. I Encontro de Produção Científica da Embrapa Algodão, 2006.

HOLANDA, Ariosto. Biodiesel: Combustível para a cidadania. 30, 16, 2006.

HOLANDA, Ariosto. Biodiesel e inclusão social. 212, 2004

<http://www.afdc.doe.gov>, acessado em 02 de maio de 2006.

<http://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/ricina.htm>, acessado em 08 de maio de 2006.

http://www.cnpa.embrapa.br/plataforma_mamona/publicacoes/comunicacoes/04.PDF.
Acessado em 12 de abril de 2005.

<http://www.conab.gov.br>, acessado em 04 de maio de 2006.

<http://www.inmetro.gov.br>, acessado em 02 de junho de 2006.

<http://www.solefrutas.esalq.usp.br/docs/desidracao.pdf>, acessado em outubro de 2006. Projeto Sol e Frutas-Manual de construção de secador . 2006.

<http://www.soletrol.com.br>. acessado em 10 outubro de 2004.

INCROPERA, FRANK P; DEWITT P. DAVID. Fundamentos de transferência de calor e de massa. 4ª edição. Rio de Janeiro.Livros Técnicos e Científicos, 482,264-265,2003.

ISHIGURO, M., TAKASHISHI, T. Biological studies on ricin. *J. Biol. Chem.* 55, 587, 1964.

KABAT, E.A., HEIDELBERGER, M., BEZER, A.E. A study of the purification and properties of ricin. *J. Biol. Chem.* 168, 629–639, 1947.

LIMA, P. C. R. O biodiesel e a inclusão social. Disponível em:
http://www.camara.gov.br/internet/diretoria/conleg/estudos/2004_676_estudo.pdf, acessado em:
14 de setembro de 2004.

LUIZ, M. ADIR, Como aproveitar a energia solar. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda,191,54-57, 1985.

LULKA, M. F.; IQBAL, S. S.; CHAMBERS, J. P.; VALDES, E. R.; THOMPSON, R. G.; GOODE, M. T.; VALDES, J. J. Molecular imprinting of Ricin and its A and B chains to organic silanes: fluorescence detection. *Materials Science and Engineering C* 11, 101–105, 2000.

MACHADO, OLGA LIMA TAVARES. Cálculo do teor de ricina no extrato bruto por SDS PAGE. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

McKEON, T. A.; LIN, J. T.; CHEN, G. Q. Developing a safe source of castor oil. *Inform*, v.13, mai, p. 381-385, 2002.

MESQUITA, L. C. S., Manual Técnico Básico de Aquecimento Solar, São Paulo, 1996.

MELONI, PEDRO LUIS SANTOS. Curso de produção de frutas desidratadas e tomate seco em conserva. Minas Gerais, 2004.

Ministério das Minas e Energia-MME. Balanço energético Nacional. Brasília, 2003.

NA, D. H.; CHO, C. K.; YOUN, Y. S.; CHOI, Y.; LEE, K. R.; YOO, S. D.; LEE, K. C. Capillary electrophoresis to characterize ricin and its subunits with matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. *Toxicon* 43, 329–335, 2004.

PARENTE, EXPEDITO JOSÉ DE SÁ. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003.p.68.

PERREIRA, ELISABETH; CHARBEL, ANDRÉA; TORRES LUCIANO. Curso de aquecimento solar para formação de instaladores, Rio Grande do Norte, 2000.

PRÄSS, ALBERTO RICARDO. <http://www.fisica.net>, acesso em: 20/10/05.

QUITES, EDUARDO E. CUNHA; LIA, LUIZ RENATO BASTOS. Introdução a transferência de calor,2000.

SEVERINO, L. S. COSTA, F. X.; BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, A.M.A.;GUIMARÃES, M.M.B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* v.5, n.1, 2004.

SHARMA, S.; VASUDEVAN, P. MADAN, M. Insecticidal value of castor (*Ricinus cummunis*) against termites. *International Biodeterioration* 27, 249-254, 1991.

SOLARNEWS, Boletim Informativo do Departamento de Aquecimento Solar da ABRAVA, ANO 3, n.5, Julho/Agosto 1998.

SCHMIDT, FRANK W; HENDERSON, ROBERT E; WOLGEMUTH, CARL H. Introdução às ciências térmicas. Tradução da 2ª edição americana. São Paulo. Editora Blücher Ltda,1996. 453, 350-351, 355-356, 1996.

VALOR ECONÔMICO 24/05/2001.

WALLER, G.R., NEGI, S.S. Isolation of ricin, ricinine, and the allergenic fraction from castor seed pomace from two different sources. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 35, 409–412, 1958.

WYLEN, GORDON VAN. Fundamentos da termodinâmica. Tradução da 6ª edição americana. São Paulo. Editora Blücher Ltda,2003.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Coleta de dados do secador solar de exposição direta – 1ª amostra

Dia-05/05/2006	Temperatura °C	
Hora	Superfície	Câmara de secagem
8:30	32,6	44,2
9:00	38,4	58,2
9:30	33,4	48,6
10:00	32,4	45,8
10:30	37,8	55,6
11:00	39,6	56,4
11:30	32,8	41,8
12:00	33,4	50,2
12:30	35,2	52,6
13:00	41,2	72,4
13:30	40,6	70,6
14:00	41,4	72,0
14:30	39,2	65,8
15:00	36,8	57,8
15:30	30	41,4
16:00	27	37,8
Massa inicial=2,0 Kg		Massa final=1,963Kg
Codificação da amostra:		
E1-1ª Amostra 7,5 horas sob o sol com temperatura variando de 37,8 a 72,4°C		

Coleta de dados do secador solar de exposição direta –2ª amostra

Dia-06/05/2006	Temperatura °C	
Hora	Superfície	Câmara de secagem
9:00	31	33
9:30	32,4	43,8
10:00	31	44,2
10:30	34,4	52,4
11:00	28,4	45,6
11:30	36,4	62,8
12:00	40,2	68
12:30	40,8	68,2
13:00	31,8	46,2
13:30	33,8	48,8
14:00	33,8	56,6
14:30	32,6	50,6
15:00	31,4	52,2
15:30	29,4	47,4
16:00	27,2	37,4
Massa inicial=2,0 Kg		Massa final=1,910Kg
Codificação da amostra:		
E2-2ª Amostra 7,0 horas sob o sol com temperatura variando de 33,0 a 68,2°C		

APÊNDICE 2

Coleta de dados do secador solar de exposição direta- 3ª amostra

Dia-11/05/2006	Temperatura °C	
Hora	Superfície	Câmara de secagem
9:30	30,8	42,6
10:00	34,6	48,2
10:30	31,6	41,2
11:00	36,4	60,8
11:30	33,6	49,8
12:00	36,2	54,4
12:30	41,2	71,8
13:00	41,4	75,4
13:30	41,4	74,4
14:00	41,8	73,2
14:30	38,0	64,6
15:00	32,8	48,8
15:30	29,8	43,6
16:00	27,6	38,0
Massa inicial=2,0 Kg		Massa final=1,904Kg
Codificação da amostra: E3-3ª Amostra 7,0 horas sob o sol com temperatura variando de 38,0 a 75,4°C		

Coleta de dados do secador solar de exposição direta- 4ª e 5ª amostras

Dia-12/05/2006	Temperatura °C	
Hora	Superfície	Câmara de secagem
9:00	34,4	35,6
9:30	35,2	55,4
10:00	38,2	58,2
10:30	40,6	70,2
11:00	42,8	73,6
11:30	43,4	75,2
12:00	45,3	80,2
12:30	49,4	85,8
13:00	49,6	85,8
13:30	48,2	83,7 (retirada a 4ª amostra)
14:00	49	81,4
14:30	39,4	60,2
15:00	35,6	57,8
15:30	33,2	50,2
16:00	31,2	45,2
Massa inicial=2,0 Kg		Massa final=1,858Kg
Codificação da amostra: E4-4ª Amostra 4,5 horas sob o sol com temperatura variando de 35,6 a 85,8°C E5- 5ª Amostra 7,0 horas sob o sol com temperatura variando de 35,6 a 85,8°C		

APÊNDICE 3

Coleta de dados do secador solar de exposição direta e secador com concentrador- amostras com e sem tratamento químico

Tipo do secador	Data	Descrição da amostra	código
Exposição direta	11/05/06	Sem tratamento químico 7 h	E3
Exposição direta	12/05/06	Sem tratamento químico 4,5h	E4
Exposição direta	12/05/06	Sem tratamento químico 7 h	E5
Exposição direta com concentrador	Abril 2006	Sem tratamento químico 0,5 h	A0,5F
Exposição direta com concentrador	Abril 2006	Sem tratamento químico 1 h	A1B
Exposição direta	04/10/06	Com tratamento químico: Seco -Ca(OH) ₂ 1Kg de torta +37g de Ca(OH) ₂ 6 horas de secagem	QSH
Exposição direta	10/10/06	Com tratamento químico: Molhado - Ca(OH) ₂ 1Kg de torta +37g de Ca(OH) ₂ 6 horas de secagem	QMH
Exposição direta	11/10/06	Com tratamento químico: Molhado - CaO 1Kg torta+28g de CaO 6 horas de secagem	QMO
Exposição direta	16/10/06	Com tratamento químico: Molhado -NaCl 1 Kg de torta+30g de NaCl 6 horas de secagem	QMS

Tabela 5.5: Dados referentes às amostras enviadas para análise do teor de Ricina

Tipo de secador	Codificação da amostra	Tempo de secagem	Variação da temperatura
Exposição direta	2 ^a – Amostra	7,5 h	33 a 68,2 °C.
Exposição direta	3 ^a – Amostra	7,0 h	38 a 75,4 °C
Exposição direta	4 ^a – Amostra	5,0 h	35,6 a 85,8 °C
Exposição direta	5 ^a – Amostra	8,0 h	35,6 a 85,8 °C
Com concentrador	A6f	6,0 h	82°C a 134°C
Com concentrador	A5e	5,0 h	97°C a 131°C
Com concentrador	A3d	3,0 h	120°C a 130°C
Com concentrador	A1c	1,0 h	102°C a 129°C
Com concentrador	A0,5e	0,5 h	120° C

APÊNDICE 4

Coleta de dados do secador solar de exposição direta - com tratamento químico

Data- 04/10/06	Temperatura
Hora	
11:30	44,5
12:00	71,8
12:30	68,2
13:00	68,4
13:30	74,8
14:00	56,2
14:30	62,2
15:00	50,2
15:30	50,1
16:00	47,5
16:30	46,0
17:00	45,0
17:30	44,5
1Kg de torta de mamona adicionado a 37g de Ca(OH)_2 SEM ÁGUA codificação: QSH Massa final=0,984Kg	

Data- 10/10/06	Temperatura
Hora	
11:30	46,4
12:00	68,0
12:30	69,2
13:00	69,4
13:30	70,1
14:00	56,4
14:30	55,7
15:00	55,0
15:30	49,0
16:00	48,0
16:30	39,5
17:00	38,1
17:30	38,0
1Kg de torta de mamona adicionado a 37g de Ca(OH)_2 MOLHADO codificação: QMH Massa final=0,972Kg	

APÊNDICE 5

Coleta de dados do secador solar de exposição direta - com tratamento químico

Data- 11/10/06	Temperatura
Hora	
11:30	48,2
12:00	65,1
12:30	69,7
13:00	72,5
13:30	74,3
14:00	71,3
14:30	68,8
15:00	65,2
15:30	63,2
16:00	56,7
16:30	50,2
17:00	41,0
17:30	38,1
1Kg de torta de mamona adicionado a 28g de Cao MOLHADO codificação: QMO Massa final=0,976Kg	

Data- 16/10/06	Temperatura
Hora	
11:30	45,6
12:00	69,4
12:30	79,2
13:00	75,3
13:30	74,8
14:00	72,1
14:30	62,7
15:00	60,2
15:30	54,5
16:00	51,1
16:30	40,6
17:00	37,0
17:30	36,7
1Kg de torta de mamona adicionado a 30g de NaCl MOLHADO codificação: QMS Massa final=0,974Kg	

APÊNDICE 6

Tabela 6.1: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com meia hora de exposição ao sol

Amostras	A0,5b	A0,5c	A0,5e	A0,5f	A0,5g
ΔT (°C)	81 à 83	89 à 90	110 à 120	104 à 108	105 à 110
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	137,3	145,7	139,8	140,7	141
Vel.Vento(m/s)	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3
Umid. Rel.(%)	68	68	68	68	68

Tabela 6.2: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com uma hora de exposição ao sol

Amostras	A1a	A1b	A1c	A1d	A1e
ΔT (°C)	83 à 110	115 à 129	102 à 129	102 à 110	70 à 100
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	142,5	138,2	137,5	138,3	139,2
Vel.Vento(m/s)	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3	2,5 à 3

Tabela 6.3: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com 2 horas de exposição ao sol

Amostras	A2c	A2b	A2g	A2f
ΔT (°C)	115 à 133	84 à 133	94 à 114	108 à 116
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	132,4	141	139,3	136,1
Vel.Vento(m/s)	2,5 à 3	2,5 a 3	2,5 à 3	2,5 à 3

Tabela 6.4: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com 3 horas de exposição ao sol

Amostras	A3d	A3e	A3f
ΔT (°C)	120 à 130	120 À 130	100 à 120
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	135,6	139,0	142,6
Vel.Vento(m/s)	2 a 3	2 a 3	2 a 3

Tabela 6.5: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com 4 horas de exposição ao sol

Amostras	A4b	A4c
ΔT (°C)	87 a 130	95 a 128
Massa inicial (g)	150,0	150,0
MassaFinal(g).	132,7	143,9
Vel.Vento(m/s)	2 a 3	2 a 3

APÊNDICE 7

Tabela 6.6: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com 5 horas de exposição ao sol

Amostras	A5d	A5e
ΔT (°C)	87 à 130	97 à 131
Massa inicial (g)	150,0	150,0
MassaFinal(g).	143,7	143,3
Vel.Vento(m/s)	2 a 3	2 a 3

Tabela 6.7: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 1 m², com 6 horas de exposição ao sol

Amostras	A6g	A6f
ΔT (°C)	83 à 120	82 à 134
Massa inicial (g)	150,0	150,0
MassaFinal(g).	145,3	133,2
Vel.Vento(m/s)	2 a 3	2 a 3

Tabela 6.8: Dados referentes à secagem da torta de mamona em secador solar com concentrador de 2 m²

Amostras	b	C	d	E	f	G
ΔT (°C)	95 a 130	115 a 120	106 a 125	105 a 125	107 a 120	91 a 125
Massa inicial (g)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
MassaFinal(g).	142,8	140,7	137,8	140,6	138,4	137,0
Vel.Vento(m/s)	2,5 a 3	2,5 a 3				
Tempo de secagem	0,5 horas	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas

ANEXOS

Plataformas de Coleta de Dados 
 Dados meteorológicos, hidrológicos e ambientais de PCDs

Home CPTEC / Tempo / Clima / Previsões Numéricas / Satélite / Ondas / Energia / Obs. & Instrumentação / Pesq. & Desenvolvimento / Pós-Graduação

« Voltar

Localização



Escolha o Estado

Nenhum

Estação

Código: 32497	Nome: Salvador	Usuário: PMTCRH
Tipo: MET	Município: Salvador - BA	Status: Ativa
Altitude: 85 m	Longitude: -38.36°	Latitude: -12.93°

Alterar Gráfico (Selecione a variável ou a data)

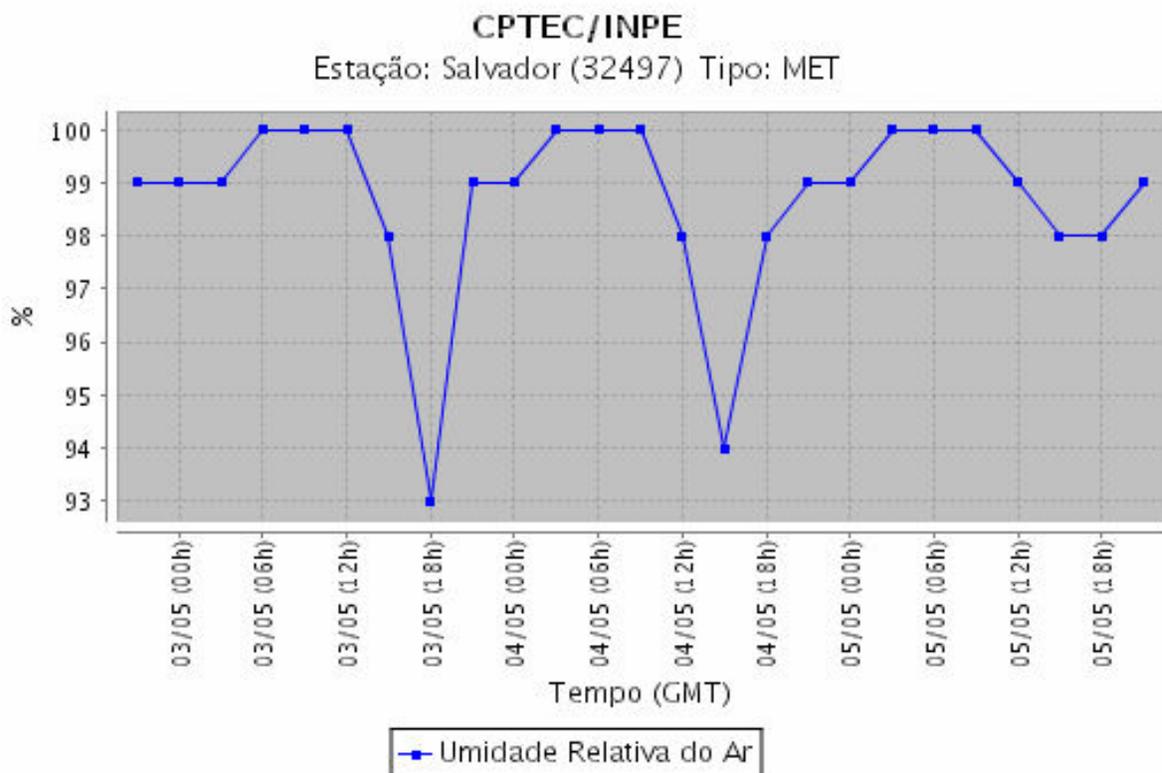
Variáveis:	Dia:	Mês:	Ano:
Umidade Relativa do Ar	05	05	2006

ok

Dados Numéricos

Gráfico da Variável - Visualização para 3 dias (Use as setas para movimentar o período)

Período disponível: (2004-01-01 03h00) até (2007-04-19 21h00)



Copyright ©INPE/CPTEC
 Comentários e/ou sugestões:
 webmaster@cptec.inpe.br

Plataformas de Coleta de Dados CPTEC
Dados meteorológicos, hidrológicos e ambientais de PCDs

Home CPTEC / Tempo / Clima / Previsões Numéricas / Satélite / Ondas / Energia / Obs. & Instrumentação / Pesq. & Desenvolvimento / Pós-Graduação

« Voltar

Localização



Escolha o Estado

Nenhum

Estação

Código: 32497	Nome: Salvador	Usuário: PMTCRH
Tipo: MET	Município: Salvador - BA	Status: Ativa
Altitude: 85 m	Longitude: -38.36°	Latitude: -12.93°

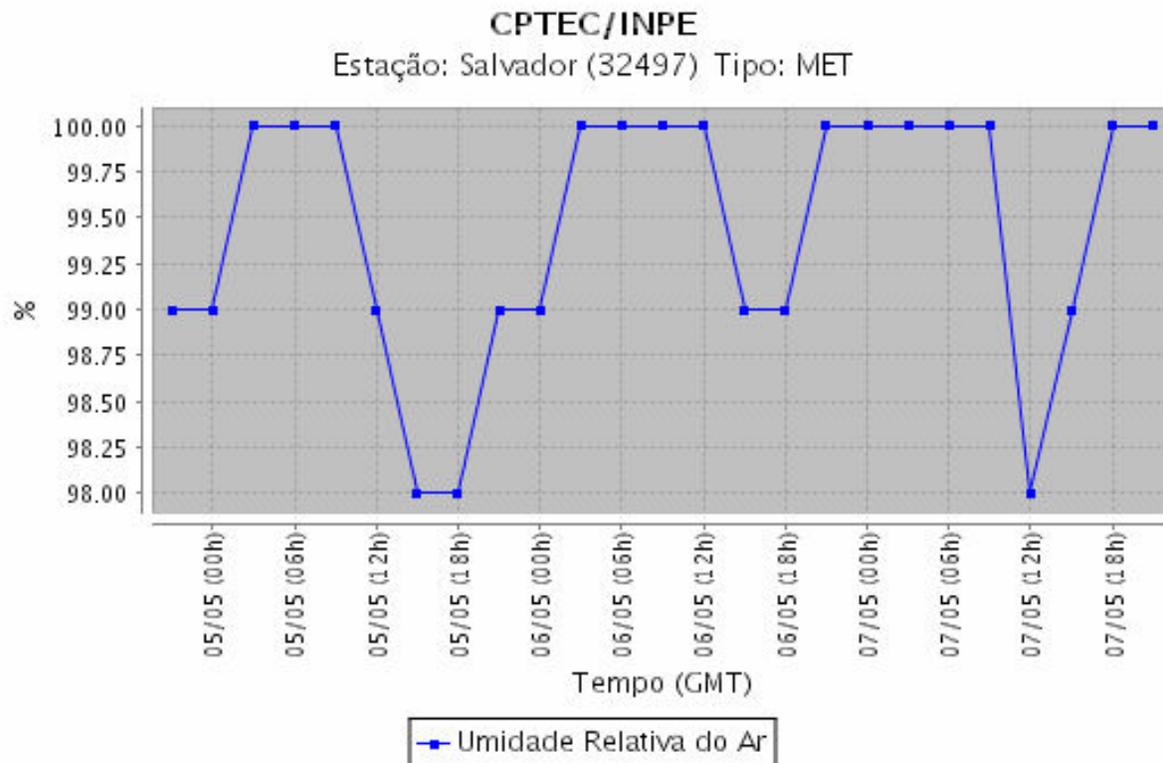
Alterar Gráfico (Selecione a variável ou a data)

Variáveis:	Dia:	Mês:	Ano:
Umidade Relativa do Ar	07	05	2006

Dados Numéricos

Gráfico da Variável - Visualização para 3 dias (Use as setas para movimentar o período)

Período disponível: (2004-01-01 03h00) até (2007-04-19 21h00)



Copyright ©INPE/CPTEC
Comentários e/ou sugestões:
webmaster@cptec.inpe.br

Plataformas de Coleta de Dados CPTEC
Dados meteorológicos, hidrológicos e ambientais de PCDs

Home CPTEC / Tempo / Clima / Previsões Numéricas / Satélite / Ondas / Energia / Obs. & Instrumentação / Pesq. & Desenvolvimento / Pós-Graduação

« Voltar

Localização



Escolha o Estado

Nenhum

Estação

Código: 32497	Nome: Salvador	Usuário: PMTCRH
Tipo: MET	Município: Salvador - BA	Status: Ativa
Altitude: 85 m	Longitude: -38.36°	Latitude: -12.93°

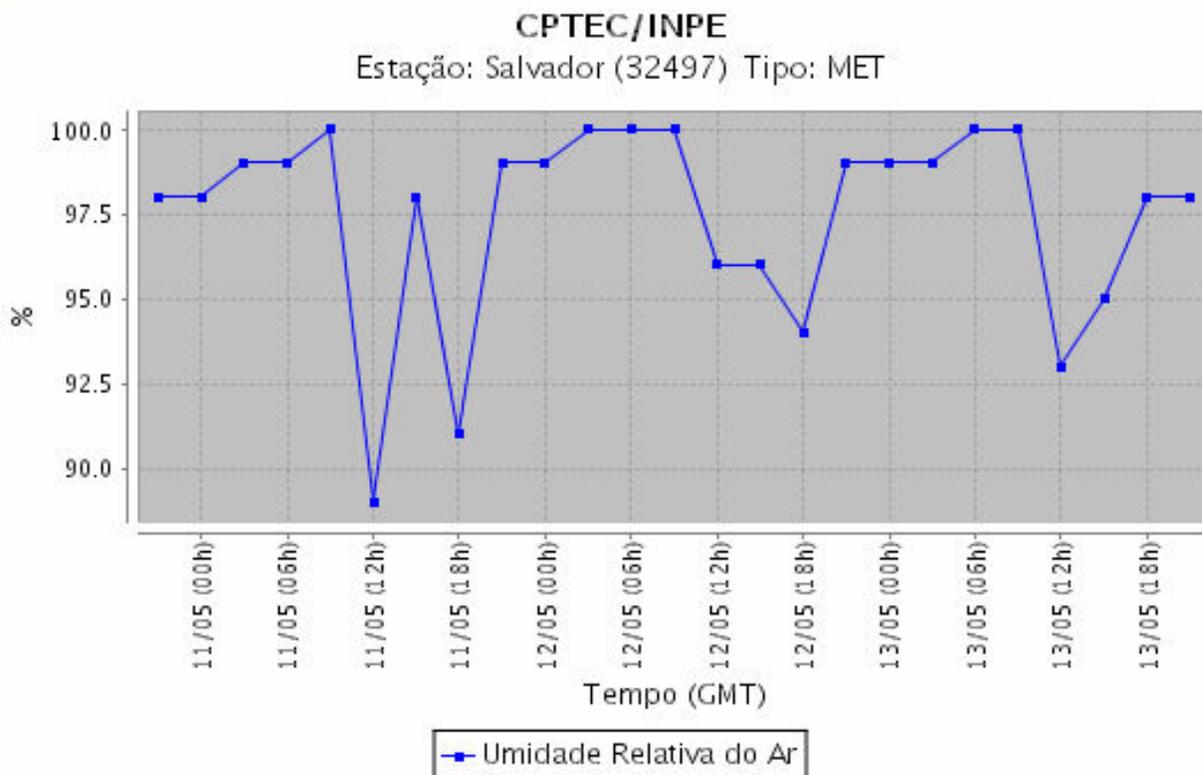
Alterar Gráfico (Selecione a variável ou a data)

Variáveis:	Dia:	Mês:	Ano:	
Umidade Relativa do Ar	13	05	2006	ok

Dados Numéricos

Gráfico da Variável - Visualização para 3 dias (Use as setas para movimentar o período)

Período disponível: (2004-01-01 03h00) até (2007-04-19 21h00)



Copyright ©INPE/CPTEC
Comentários e/ou sugestões:
webmaster@cptec.inpe.br

Plataformas de Coleta de Dados 
Dados meteorológicos, hidrológicos e ambientais de PCDs

Home CPTEC / Tempo / Clima / Previsões Numéricas / Satélite / Ondas / Energia / Obs. & Instrumentação / Pesq. & Desenvolvimento / Pós-Graduação

« Voltar

Localização



Escolha o Estado

Nenhum

Estação

Código: 32572	Nome: Natal	Usuário: PMTCRH
Tipo: MET	Município: Natal - RN	Status: Ativa
Altitude: 31 m	Longitude: -35.21º	Latitude: -5.79º

Alterar Gráfico (Selecione a variável ou a data)

Variáveis:	Dia:	Mês:	Ano:	
Umidade Relativa do Ar	14	04	2006	ok

Dados Numéricos

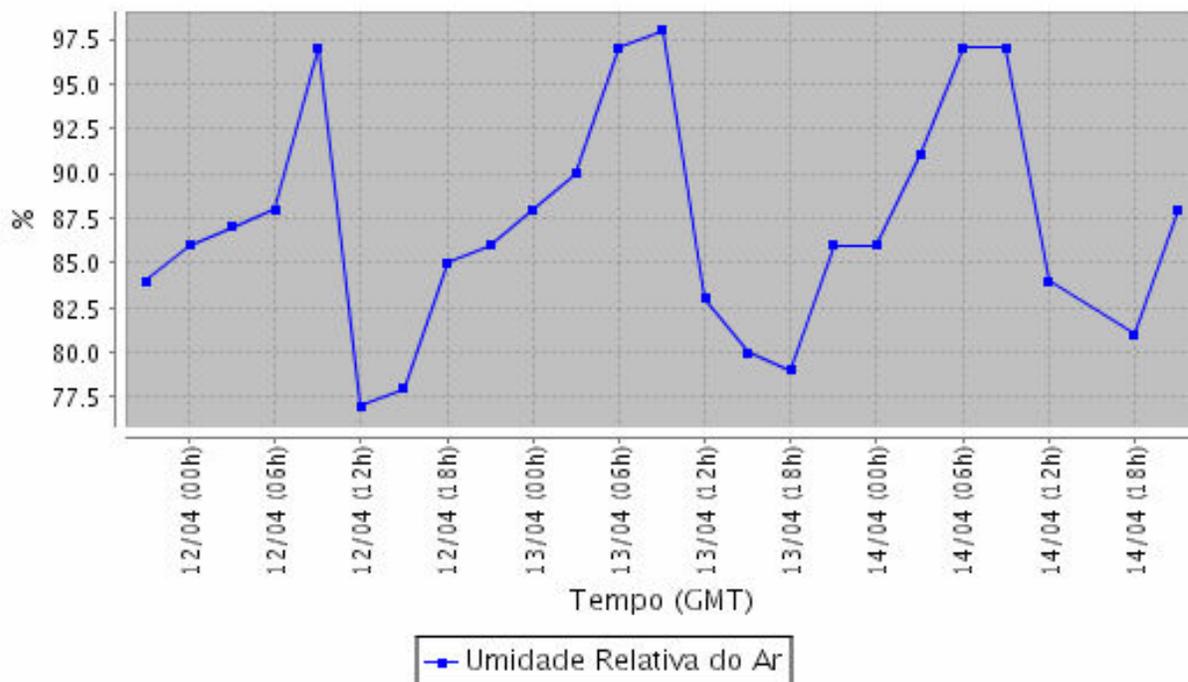
Gráfico da Variável - Visualização para 3 dias (Use as setas para movimentar o período)

Período disponível: (2000-11-30 00h00) até (2007-04-19 21h00)



CPTEC/INPE

Estação: Natal (32572) Tipo: MET



Copyright ©INPE/CPTEC
Comentários e/ou sugestões:
webmaster@cptec.inpe.br

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)