

EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A AMÊNDOA DE CACAU: SECADOR VERTICAL

Jorge Henrique Sales; Thamyris Cândida

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia- PPGMC
Universidade Estadual de Santa Cruz –UESC – Ilhéus/BA – Brasil

jhosales@uesc.br, tamyrisandida@gmail.com

Resumo

Este trabalho propõe uma nova tecnologia para secagem de grãos utilizando energia solar. Esta estufa mostra significativos benefícios em relação à barçaça, proporcionando uma redução drástica da área necessária para secagem de amêndoas e melhores condições de trabalho. As simulações mostram também uma melhor eficiência de secagem, uma vez que a torre consegue manter por mais tempo o calor em seu interior, atingindo ainda temperaturas próximas de 50°C, contra 36°C atingidos na barçaça em um mesmo momento da simulação, e sob as mesmas condições iniciais e de contorno, resultado obtido está de acordo com o Conselho Nacional do Comércio Exterior.

Palavras-chave: Cacau, Energia solar, Organolépticas.

Abstract:

This paper proposes a new technology for grain drying using solar energy. This kiln shows significant benefits in relation to the barge, providing a drastic reduction in the area needed for drying of almonds and better working conditions. The simulations also show improved drying efficiency, since the tower can keep longer the heat inside, reaching temperatures of around 50 ° C to 36 ° C reached for the barge, in same time and under the same initial and boundary conditions. This is result equivalent to Conselho Nacional do Comércio Exterior.

Key-words: Cocoa, Solar energy, Organoleptic

1. Introdução

A árvore de cacau pertence ao gênero *Theobroma cacao* L, um grupo de pequenas árvores originária da bacia Amazônica e outras áreas tropicais da América do Sul e Central,

e sua cultura há tempos foi muito importante para a economia da Bahia, passando por fases de auge, com alta produtividade, mas também por fases de decadências com o surgimento da vassoura-de-bruxa, que reduziu muito a produção da amêndoa prejudicando também a qualidade das mesmas. Neiva (2010) diz em sua publicação que apesar de a vassoura-de-bruxa ter impactado esta cultura, o cacau ainda se constitui numa importante alternativa econômica para muitos na região, empregando hoje no eixo Ilhéus-Itabuna, cerca de 90 mil pessoas.

Os frutos de cacau apresentam características alongadas com alguns sulcos. Martins (2007), diz em seu trabalho que o tamanho destes frutos varia conforme a espécie, variedade, solo clima e qualidade da árvore, e medem de 12 a 20 cm, pesando entre 300g e 600g. Possui uma expressiva riqueza em matérias gordas e substâncias azotadas.

O fruto é 100% aproveitado, sua polpa é utilizada para sucos e geléias, as cascas voltadas à linha fruit Shell é utilizada como embalagem para sorvetes gourmet e as amêndoas, as quais proporcionam alta lucratividade do fruto, é o principal ingrediente para formulação de chocolates.

Para a produção do chocolate, a amêndoa de cacau passa por processos específicos, dentre eles o de secagem.

Atualmente existem muitas formas de secagem de grãos como secagem à lenha e secagem com vapor superaquecido, mas o produto proposto neste artigo tem relação direta com a secagem de grãos através da energia solar, onde se percebe a predominância de estufas enormes para a realização deste processo, ocupando extensas áreas para um lucrativo processo de secagem.

Com o aumento gradativo de consumidores exigentes a procura de alimentos classificados como gourmet com alto nível de qualidade, inocuidade, sabores e aromas, se diferenciando dos processos tradicionais, o chocolate é um dos alimentos que buscam melhorias contínuas para esse público alvo. As indústrias vêm aprimorando todas as etapas do processo do chocolate, para obtenção de produtos de altíssima qualidade, iniciando no campo com a escolha de cultivares até a embalagem do produto final. Dentro de todas as etapas uma das mais importantes é o processo de secagem onde interfere diretamente na qualidade sensorial do produto entre eles o sabor e aromas primários. A secagem das amêndoas pode ocorrer de duas maneiras: ao ar livre ou utilizando-se forno a lenha. Ao ar livre é realizada em barcaças onde os trabalhadores revolvem as sementes para que o processo de secagem ocorra uniformemente, no entanto há um desgaste muito grande do trabalhador bem como expressivas demanda de tempo e área para acomodar as barcaças. A

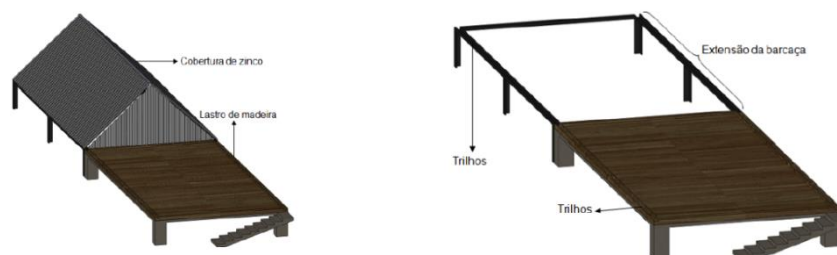
secagem à lenha tem dois inconvenientes: o primeiro está relacionado ao cheiro. Por ter alto teor de gordura a amêndoa absorve a fumaça ficando com odor e qualidade comprometidos. O segundo relacionado à quantidade abusiva do uso de lenha originária dos galhos ou árvores remanescentes da Mata Atlântica.

Este artigo apresenta modelagem e um protótipo em processo de beneficiamento do cacau usando uma estufa vertical via energia solar. Com a criação do secador vertical observou-se que o processo de secagem do cacau melhorou em vários pontos, um deles seria a redução da área de secagem por ser uma estufa vertical, outra vantagem é não requerer energia da lenha ou elétrica. O secador proposto permite a redução do trabalho devido a um mecanismo de fluxo de bandejas, bem como do cansaço e desgaste do operador no manejo dos grãos a céu aberto e ainda as simulações indicam uma melhor eficiência no processo de secagem em relação à barcaça. Sendo assim, a disposição vertical economiza material e mão de obra, conseqüentemente demanda menos esforço físico que uma barcaça tradicional. Por utilizar energia solar, as propriedades químicas das amêndoas são mantidas sem alterar a qualidade do produto final.

2. Barcaça vs secador vertical

Para a realização das simulações para a estimativa do campo de temperatura no sistema, fora utilizado o método dos elementos finitos (Costa e Sales., 2014). Após a etapa de fermentação das amêndoas as mesmas são secas, até atingirem 8% de umidade (Resolução nº 160, de 28 de Junho de 1988 do Conselho Nacional de Comércio Exterior, CONCEX), através da exposição à radiação solar, e as barcaças estão incluídas entre os mais tradicionais equipamentos destinados a esta etapa. Em horários de grande intensidade solar (das 10h às 14h) a cobertura deve ser fechada para que o cacau fique na sombra, possibilitando uma secagem mais prolongada e eficiente (FERREIRA et al., 2013). A Fig.1 mostra detalhes de uma barcaça típica e o componente que permite que a cobertura de zinco desloque.

Figura 1 – Barcaça tradicional e componente que proporciona deslocamento da cobertura

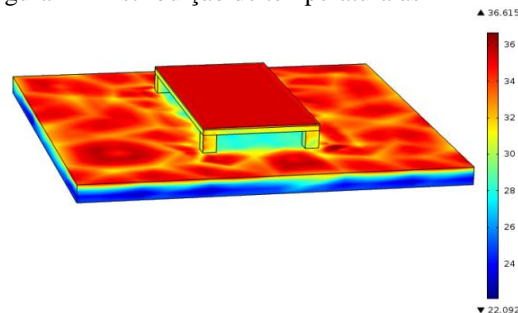


Fonte: COSTA, E. 2014.

A mobilidade da cobertura de zinco também é importante em dias chuvosos, protegendo as amêndoas e garantindo a manutenção da produção. Este deslocamento é possível graças aos trilhos nas laterais da barçaça bem como a própria extensão da mesma como mostra a Fig.1. As barçaças podem ter dimensões de 3m x 6m, 8m x 8m ou 6m x 12m, sua altura do solo pode ser de 1m, e seu revolvimento é realizado com rodo de madeira, afim de promover a secagem homogênea e evitar a aglomeração das amêndoas. Na barçaça o cacau é espalhado em camadas de 3 a 6 mm de espessura, a depender do fluxo da colheita e condições climáticas. Isto equivale a uma carga que varia de 25kg a 40kg de cacau úmido por metro quadrado (BEGIATO et al., 2009).

O campo de temperatura foi simulado pelo sistema no horário de 14:00h. O resultado é visto na figura 2.

Figura 2 - Distribuição de temperatura às 14h

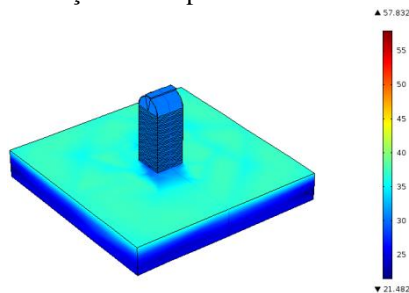


Fonte: COSTA, E. 2014.

O campo de temperatura apresentado na Fig.2 apresenta variação de temperatura conforme as cores. Sendo que o campo de temperatura de cor vermelho mais intenso é indicado por 36°C. Em amarelo é observado uma variação entre 30°C e 32°C e em azul é o campo de temperatura mais fria abaixo de 24°C. No artigo Costa e Sales., 2014 é mostrado a simulação para todos os horários.

Segundo Costa e Sales., 2014, partindo da geometria proposta, secador vertical, procurou-se realizar simulações para a verificação dos campos de temperatura obtidos na torre de secagem em função das condições iniciais, desprezando o sistema de fluxo de bandejas. No período de 14:00 h. Na Fig.3 observa-se altas temperaturas, com pico de 55°C às 14h, e toda a superfície exposta a temperaturas próximas de 35°C devido o resfriamento causado pelo fluxo de ar criado pelos ventos externo ao secador.

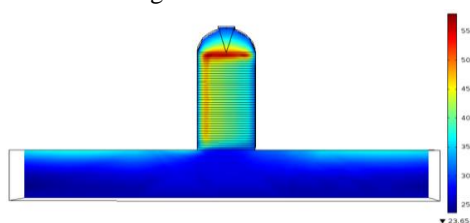
Figura 3 - Distribuição de temperatura da torre com as bandejas às 14h



Fonte: COSTA, E. 2014.

A Fig.4 mostra um corte longitudinal da torre com as bandejas sobrepostas, expondo o campo de temperatura internamente onde se verifica os locais de maiores temperaturas, mas especificamente na primeira bandeja e na lateral esquerda da torre devido ao período do dia considerado que reflete diretamente na posição solar. A temperatura ao longo do corpo da torre apresenta uma variação de 40°C a 45°C.

Figura 4 - Corte longitudinal da torre com as bandejas às 14h

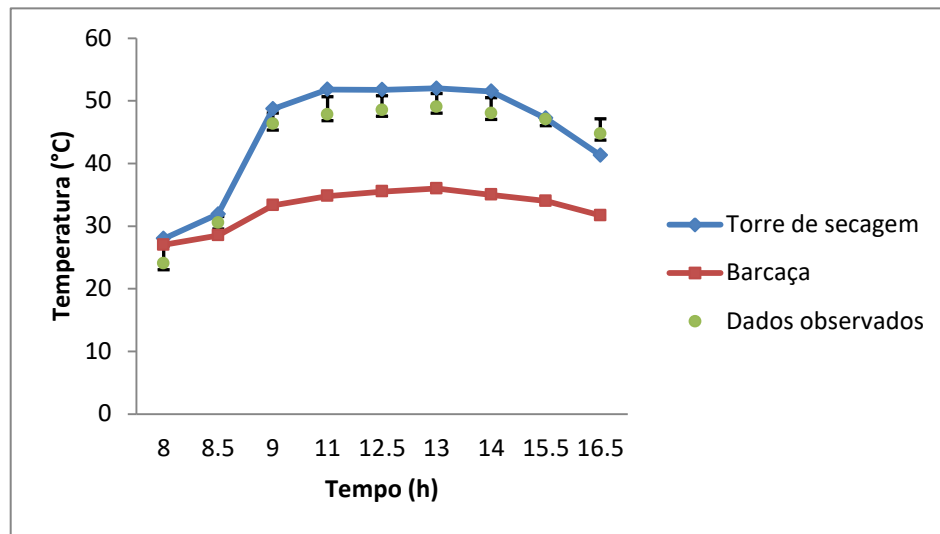


Fonte: COSTA, E. 2014.

A torre apresenta em seu teto de saída de ar aquecido, e com isso um controle maior das correntes ascendentes de convecção no interior da mesma retirando umidade e calor. Da mesma forma em relação a barcaça, no artigo de Costa e Sales., 2014, mostra-se outros campos de temperatura.

O gráfico1 apresenta a variação da temperatura com o tempo no ponto central da barcaça, no ponto superior da torre de secagem e comparando com as temperaturas medidas no protótipo da foto 1.

Gráfico 1 - Variação da temperatura entre a barçaça, torre e protótipo com o tempo.



Fonte: Geovana 2015.

A comparação entre as curvas do gráfico 1, evidência que a torre vertical possui um melhor rendimento em comparação com a barçaça. Para a barçaça, curva vermelha, observa-se uma pequena faixa de temperatura constante, em média de 36°C, no intervalo de tempo de 30 minutos. Para a torre de secagem, curva azul, observa-se uma faixa de temperatura constante, em média de 52 °C, no intervalo de tempo de 3 horas. Isto se deve que no interior da torre atinge altas temperaturas em relação aos produtos tradicionais, uma vez que a estrutura desta se encontra envolvido por um plástico agrícola que tem a função de reduzir significativamente a perda de calor para o meio externo, além obviamente, de amenizar os efeitos convectivos do ambiente externo, pois os ventos não irão agir diretamente nas bandejas e amêndoas. Neste âmbito as simulações mostram ainda que o calor consiga ficar mais tempo contido no interior da torre, onde a temperatura se mantém em torno de 52°C por aproximadamente 3h (de 11h às 14h), enquanto a barçaça praticamente não garante este efeito, pois o calor é dissipado para o ambiente. Outro ponto importante é a taxa de variação da temperatura em relação ao tempo, no qual se pode calcular através da razão da subtração entre a variação da temperatura e o tempo. Observando o gráfico 1, é possível identificar os pontos onde a temperatura começa a ficar constante em relação ao tempo, e para a curva da barçaça, tem-se uma variação de temperatura em relação ao tempo de 1,65°C/h. Considerando a curva descrita pela torre, tem-se uma variação de temperatura em relação ao tempo 0,40°C/h. Com estes valores é perceptível que a torre de secagem consegue manter a temperatura por mais tempo constante, visto que a variação de temperatura em relação ao tempo é substancialmente menor, cerca de 75,43% menor.

Usando um protótipo, foto 1, são observados temperaturas que estão registrado no gráfico 1 com indicação “bolas verdes”. A observação foi realizada no dia 2 de junho de 2015, no qual a temperatura ambiente registrada na região foi de mínima de 23 °C e máxima de 29 °C. Verifica-se, gráfico 1, que a temperatura do protótipo é superior a da barcaça, mesmo a observação sendo feita no inverno com uma média no desvio padrão de 0,68 na temperatura observada. Portanto, o protótipo confirma a eficiência do sistema simulado. A foto 1 apresenta o protótipo do secador vertical utilizado para a obtenção dos dados observados.

Foto 1: Protótipo do secador de cacau vertical



Fonte: Geovana 2015

3. Efeito da temperatura na amêndoa do cacau

A secagem tradicional é feita em barcaças onde as amêndoas são expostas ao sol. Porém, este processo está sujeito a variações climáticas e é necessária a utilização de muita mão-de-obra. Há os secadores de túneis com capacidade de 1,2 t que trabalham 20h com circulação de ar quente. O processo mais utilizado é a pré-secagem ao sol complementada com aquecimento artificial. Durante a secagem, as enzimas presentes atuam no interior da fava e promovem as reações químicas de cura, estabilizando o sabor, o aroma e a cor característicos do chocolate. A acidez é reduzida. As reações das substâncias polifenólicas do cacau podem ser: inicialmente as catequinas; monômeros condensam-se através da formação prévia de quinonas. Formam-se taninos de grau médio de polimerização, solúveis em água, fracamente coloridos, os quais pouco contribuem para a cor do cacau. Durante a fase de secagem do cacau, por reações de oxidação e condensação formam-se flavofenos, taninos

condensados, insolúveis em água, de cor marrom a violeta, responsáveis pela cor do cacau fermentado e seco.

Durante a fermentação, as antocianinas sofrem hidrólise enzimática. Durante a secagem as cianidinas são oxidadas sob ação da polifenoloxidase desenvolvendo-se coloração marrom típica do cacau (escurecimento enzimático).

O sabor adstringente é reduzido pela formação de complexos solúveis entre polifenóis e proteínas. Sua formação também evita o aparecimento do sabor desagradável que seria produzido se as proteínas inalteradas forem submetidas à ação de temperaturas elevadas durante a torrefação. Os polifenóis que são oxidados por enzimas reagem com proteínas, peptídeos e aminoácidos dos cotilédones e o produto de adição formado catalisa a desaminação oxidativa de aminoácidos sem intervenção da polifenoloxidase. Estes produtos de oxidação (alfa-ceto- cidos) são intermediários na síntese de precursores naturais de sabor.

Peptídeos e aminoácido podem sofrer reações do tipo Maillard, produzindo substâncias que conferem sabor, cor e aroma. Mais de 300 destes compostos podem ser identificados na fração aromática do chocolate. A presença de açúcares como frutose, sorbose, glicose, sacarose, inositol, manitol nas amêndoas permite estas reações (escurecimento enzimático). Os alcalóides presentes no cacau, teobromina e cafeína possuem sabor muito amargo e colaboram para o perfil do sabor do cacau e dos chocolates.

A temperatura de secagem é importante na qualidade final das amêndoas. O ideal está na faixa de 35-50° C, com 90% de amêndoas de boa qualidade. Tanto o uso de temperaturas mais baixas como mais altas perdem em qualidade. Esta temperatura é ideal porque é a ótima para a enzima. Se mais baixa, a enzima fica lenta, e se mais alta é destruída. Normalmente as amêndoas espalhadas são revolvidas durante a secagem devido a necessidade de oxigênio para as enzimas. Também, no caso de estarem espalhadas, a umidade final ficará mais uniforme. A secagem tem que demorar um certo tempo para a ação enzimática ocorrer. O período ótimo é de 4 a 5 dias, com umidade final de cerca de 7%, sendo que a umidade inicial é de 50% a 55%. Se mais úmido aparecem fungos e se mais seca, a amêndoa se quebra. Existem vários tipos de secadores, alguns desenvolvidos pelo setor de pesquisa do CEPLAC, em todos eles a temperatura máxima recomendada é de 60° C a 70° C. A secagem requer instalações de alto custo, por isto os técnicos do CEPLAC, alertam os produtores para que façam uma escolha criteriosa quanto à melhor instalação tendo em vista, o tamanho e características da propriedade, fontes de energia disponíveis e a possibilidade de expansão da produção.

De acordo com os dados discutidos anteriormente, da temperatura obtida pela secador vertical aproxima-se do que é recomendável pelo Conselho Nacional do Comércio Exterior (CONCEX) sobre as propriedades química das amêndoas. O que leva à classificação por lotes e define o preço para exportação. No Brasil, as normas de classificação de Cacau Exportável foram aprovadas pela Resolução nº 42 do CONCEX, em 1968.

No gráfico 1 mostra-se que a torre tem uma campo de temperatura mais próximo do recomendado pela CEPLAC- CONCEX. Isto é comprovado pelas medidas observadas no protótipo da foto 1.

4. Conclusão

O secador vertical proporciona vantagens como a redução da área necessária para a secagem, não requerer energia elétrica (para ventilação forçada), nem queima de lenha para a secagem, mas usando somente energia solar, que incidem sobre suas paredes e teto. Outra vantagem é eliminação das condições insalubres do trabalho do operador de manejo dos grãos a céu aberto, as temperaturas geralmente são elevadas em estufas, sob raios ultravioletas, podendo atingir mais de 40°C, sem ventilação. No modelo proposto o espalhamento dos grãos em bandejas é feito mecanicamente, em local abrigado, o revolvimento dos grãos é desnecessário, pois é depositada apenas uma camada de grãos em cada bandeja, e a recolha é feita por gravidade.

As simulações mostram uma melhor eficiência de secagem, uma vez que a torre consegue manter por mais tempo o calor em seu interior (no período de 11h às 13h) e ainda atingindo temperaturas próximas de 50°C, contra 36°C atingidos na barcaça em um mesmo momento da simulação e sob as mesmas condições inicial e de contorno.

O secador vertical segue as recomendações tanto da CEPLAC quando do CONCEX em relação a temperatura, o que importante visto que a temperatura influencia diretamente nas propriedades organolépticas.

Agradecimento.

J.H. S. agradece a FAPESB pelo financiamento e T. C. ao CNPq pela bolsa.

5. Referências Bibliográficas

AMARAL, RENATO; FILHO, ARMANDO. **A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia**. Nono Simpósio de Mecânica Computacional. São João Del-Rei, 2010.

BEGIATO, G. F.; SPERS, E. E.; CASTRO, L. T. E.; NEVES, M. F. **Análise do sistema agroindustrial e atratividade dos vales do são francisco para a cacauicultura irrigada**. Custos e Agronegócios, v. 5, n. 3, 2009.

COMSOL Multiphysics. Disponível em: <http://www.br.comsol.com/models?q=Parasol>. Acesso em: 10/03/2015.

FERREIRA, A. C. R.; AHNERT, D.; NETO, B. A. de M.; MELLO, D. L. N. **Guia de beneficiamento de cacau de qualidade**. Ficha técnica, 2013.

INCROPERA, D. P. D. F. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC Editora - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2003.

LEVANON, Y.L.; ROSSETINI, S.M.O. Cacau. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. et al. (Coords). **Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. Cap.12, p.347-364.

MARTINS, RENATA. **DOSSIÊ TÉCNICO: Processamento de chocolate**. REDETEC – Rede de tecnologia do Rio de Janeiro, 2007.

MOTTA, G.D. **A Engenharia Virtual é Realidade**. Revista CADWARE, nº 5, 1997.

NEIVA, SANDRO. O CACAU hoje no Brasil. Pervitin Filmes, 2010. Disponível em: <<http://pervitinfilmes.blogspot.com.br/2010/01/o-cacau-hoje-no-brasil.html>>

SALES, J.H ; NOBRE FILHO, G.W.L; SANTOS, E.C. **Utilização de software cad e cae no desenvolvimento de produto sustentável para aquecimento de água**. Anais do simpósio internacional de inovação tecnológica - SIMTEC, v. 1, p. 332-342, 2013.

SANTOS, E. C.; PEREIRA, D. S.; NOBRE, G. W. L.; SALES, J.H.O.; **Simulação computacional para um Secador de Cacau Vertical**. 18º Seminário de Iniciação Científica da UESC, 2012.

SANTOS, E.C; SALES, J.H ; **Secador vertical solar para amêndoas de cacau vertical solar dryer almond cocoa**. Revista GEINTEC – 2014. Vol. 4/n.5/ p.1594 -1605.

Recebido: 02/09/2015

Aprovado: 09/08/2016

