

CHAMINÉ SOLAR APLICADA À SECAGEM DE CAFÉ PARA PEQUENOS CAFEICULTORES

Vanderli Chaga¹, Jocimar Santos Gama¹, Rivânia Hermógenes Paulino², Juan Romero Saenz³

1. Graduando de Engenharia Mecânica das Faculdades Integradas de Aracruz – ES-Brasil. (vanderli.chs@hotmail.com)
2. Professora Doutora do Curso de Engenharia Mecânica das Faculdades Integradas de Aracruz, ES-Brasil
3. Professor Doutor do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, ES-Brasil

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

RESUMO

Chaminés solares são dispositivos desenvolvidos para a captação de energia da radiação solar para produção de energia elétrica através de correntes de convecção, porém, algumas adaptações estruturais possibilitam utilizar o modelo para secagem de café, uma vez que o modelo possui as mesmas características de uma estufa, já utilizada para este fim. Este trabalho tem como proposta o dimensionamento e viabilidade econômica de um secador de café que atenda a demanda de secagem de um pequeno cafeicultor classificado como agricultor familiar. Foi realizado o dimensionamento de um modelo propondo a utilização de terreiro suspenso removível para depósito dos grãos objetivando também a secagem de outros alimentos. Foi proposta uma cobertura de filme plástico de polietileno de baixa densidade. O projeto da chaminé solar possibilitou uma visão otimista para secagem de café, trazendo qualidade para o produto, baixo custo de aquisição e manutenção. Estudos futuros podem possibilitar uma opção viável de produção de energia elétrica em conjunto com a secagem de alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: café, secagem, pequeno agricultor, chaminé solar

SIZING OF A SOLAR CHIMNEY APPLIED DRYING COFFEE FOR SMALLHOLDERS

ABSTRACT

Solar chimneys are devices designed to capture energy from sunlight to produce electricity through convection currents, however, some structural adaptations allow the model to use for drying coffee, once the model has the same characteristics of a greenhouse already used for this purpose. This paper aims at the scale and economic viability of a dryer coffee that meets the demand for drying a small grower classified as family farmer. It was accomplished designing a model proposing the use of removable yard suspended for depositing grains also aiming drying other foods. It has been proposed a cover plastic film of low density polyethylene. The design of solar chimney allowed an optimistic outlook for drying coffee, bringing quality to the product, low cost and maintenance. Future studies may enable a viable option for producing electricity in conjunction with drying food.

KEYWORDS: coffee, drying, small farmer, solar chimney

INTRODUÇÃO

A produção de café no estado do Espírito Santo cresce gradativamente a cada ano, com uma estimativa para o ano de 2013, próxima de 11,7 milhões de sacas de 60 kg de café das espécies Conilon (70,2%) e Arábica (29,8%). (CONAB 2013)

Para garantir melhores preços para o produto, é imprescindível o investimento na qualidade do café, uma vez que o mercado global exige cada vez mais alimentos saudáveis e produzidos de forma sustentáveis (THOMAZIN et al., 2011).

A qualidade do café está vinculada desde o processo de colheita, transporte, secagem até o armazenamento. Na etapa de colheita, os frutos são retirados com umidade relativa entre 30 a 65% b.u. (base úmida) (SANT'ANA et al., 2011) e por esse motivo, esta sujeito a rápida deterioração, afetando diretamente a qualidade. Devido essa fragilidade dos grãos, a secagem é um processo pós-colheita de grande importância, porque é nessa etapa que se retira a umidade dos grãos, que deve ser feita imediatamente após a colheita (RESENDE et al., 2007). O conhecimento sobre as propriedades químicas do café possibilita a secagem de forma correta, mantendo o tempo e a temperatura de secagem em padrões que não acarretam danos à estrutura química do produto (MARQUES et al., 2008). A escolha de um método eficaz de secagem ajuda a preservar as características fisiológicas do café durante o armazenamento (PINHEIRO et al., 2012).

Dentre as diferentes formas de secagem, basicamente, as três mais frequentemente utilizadas por produtores atualmente são a secagem natural em terreiros utilizando radiação solar, a secagem artificial em secadores mecânicos rotativos a fogo direto e a secagem em sistemas de estufas.

A secagem em terreiros a céu aberto (Figura 1), utilizada por grande parte dos agricultores familiares possui diversos fatores prejudiciais à qualidade do café (REINATO et al., 2012).



FIGURA 1 – Secagem de café em terreiros a céu aberto

FONTE: Bruno Ribeiro – Faz São Domingos, Muzambinho/MG

Uma delas, a contaminação dos grãos, que secam espalhados pelo solo e as condições climáticas, que pode obrigar o produtor a aumentar o tempo de secagem, que inicialmente dura em média 12 dias se o tempo estiver em boas condições, para até aproximadamente 20 dias se ocorrer qualquer intempéries. Além disso, em caso de intempéries, o café fica amontoado, o que pode gerar fungos, bactérias e outros agentes biológicos que prejudicam a qualidade da bebida. Outro fator negativo dos terreiros é que o teor de umidade relativa dos grãos não apresenta boa uniformidade, algo em torno de 13%(b.u.) como recomendado, podendo prejudicar a qualidade do produto quando estocado (RIBEIRO et al., 2005). Na maioria das vezes, a escolha pela secagem em terreiros a céu aberto por agricultores familiares se dá pela falta de diversos fatores como recursos financeiros, informação tecnológica ou nível técnico da propriedade na produção, (SOUZA & SILVA et al., 2010).

A secagem de café em secadores mecânicos rotativos a fogo direto (Figura 2) é realizada através de corrente forçada de ar aquecido que passa entre os grãos no interior do rolo horizontal (PINHEIRO et al., 2012).



FIGURA 2 – Modelo de secador mecânico rotativo a fogo direto
FONTE: iberj.com.br

Pontos positivos da secagem de café por secadores mecânicos é que não depende das condições climáticas, o tempo de secagem é reduzido, em torno de 20 horas para a retirada do café (CORREA, 1982), e não há contaminação do produto com o solo, pois sua secagem é feita dentro de rolos que funcionam também como peneiras separadoras de sujeira. Por outro lado, essa rapidez de secagem só é possível porque nesses secadores, a fonte de energia é o fogo direto e excessivo,

elevando os grãos a uma temperatura acima de 60°C, prejudicando a qualidade do café durante a secagem (THOMAZINI et al., 2011).

Outros fatores relevantes associados a secagem em secadores mecânicos estão relacionados a composição química estruturais dos grãos, a lixiviação de Potássio, condutividade elétrica e acidez titulável total para secadores mecânicos a fogo direto são maiores do que em terreiro de estufas e a céu aberto (GRECO et al. 2010; PINHEIRO et al., 2012). O teor de açúcar (reductor, não-reductor e total) é menor em secadores mecânicos, alterando o sabor caramelo característico da bebida (PINHEIRO et al., 2012).

Secadores mecânicos utilizam como fonte de calor o fogo proveniente da queima de combustível fóssil (GRECO et al., 2010), que por sua vez exala poluentes ao meio ambiente, por isso, para sua implantação é necessário um projeto para licenciamento ambiental conforme roteiro exigido pelo IDAF (Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo), aumentando os custos de aquisição do equipamento, que já é preciso altos investimentos em sua aquisição. (SOARES et al., 1983).

Outra forma de secagem que vem ganhando espaço na cultura de café pelo seu baixo custo em relação ao secador mecânico, e pela melhor eficiência em relação à qualidade aos demais processos é a secagem em estufas. Esse processo consiste em uma estrutura coberta por filme plástico translúcido, aumentando a temperatura no interior do dispositivo e mantendo a temperatura também durante a noite (PEZZOPANE et al., 2005).



FIGURA 3 – Estufa de secagem de café em terreiro de concreto
FONTE: CETCAF - Centro de Desenvolvimento Tecnológico do Café

Esse processo pode ser feito em terreiros de concreto, depositando os grãos sobre a superfície (Figura 3), ou em terreiros suspensos (Figura 4), evitando o

contato direto do café com o solo (BORÉM et al., 2008), diminuindo os processos fermentativos e também o tempo de secagem (PIMENTA et al., 2003), aumentando assim a qualidade do café e o seu valor de mercado, além de uma secagem mais uniforme devido ao maior fluxo de ar pelos grãos.



FIGURA 4 – Estufa de secagem de café utilizando terreiro suspenso
FONTE: Arquivo Embrapa Agrobiologia

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DA CHAMINÉ SOLAR

A chaminé solar é um dispositivo desenvolvido para a captação de energia solar para a produção eólica de energia elétrica. O dispositivo é composto por uma torre central tubular fixa e uma cobertura circular translúcida aberta em suas extremidades. Na base da torre podem ser fixadas turbinas eólicas acopladas a geradores para a produção de energia elétrica (PASUMARTHI et al., 1998). Todos os modelos de chaminé solar seguem os mesmos princípios desenvolvidos experimentalmente no deserto de Manzanares na Espanha, apresentado por Schlaich e A.A.R. El Agib (MULLET 1987). O projeto de Manzanares tinha uma torre de 194,6 metros de altura e o coletor tinha um raio de 122 metros, produzindo uma velocidade de 15 ms^{-1} na saída da torre.

Durante a insolação, parte da radiação solar que passa pela cobertura é absorvida pelo solo, sendo convertida em energia térmica. Parte da energia térmica absorvido pelo solo é passada por meio de convecção para o ar de baixo da cobertura. Como a densidade do ar aquecido é menor que o ar frio, o fluxo de ar escoia ascendentemente para o interior da cobertura até chegar à torre da chaminé (KOONSRISUK et al., 2010) conforme ilustração apresentada na Figura 5. O calor absorvido pelo solo é armazenado durante o dia, mantendo o sistema funcionando também durante a noite. A chaminé solar não precisa de radiação solar direta, ou

seja, mesmo com a ausência do sol, como em dias nublados ou chuvosos, a chaminé solar explora um componente difuso da radiação solar (PASUMARTHI et al., 1998).

A velocidade de saída do fluxo de ar depende do tamanho da cobertura e também do diâmetro e altura da torre, pois quanto mais alta a torre, maior será a diferença de temperatura, provocando um fluxo mais rápido do ar aquecido devido a maior diferença de densidade entre o ar quente e frio (ZHOU et al., 2009). A altura e diâmetro da torre são de fundamental importância para o projeto de uma chaminé solar. A torre deve ser feita de material isolante para que o ar aquecido não transmita calor para o exterior da torre, o que pode comprometer o comportamento do escoamento de ar (RAMDAN et al., 2010).

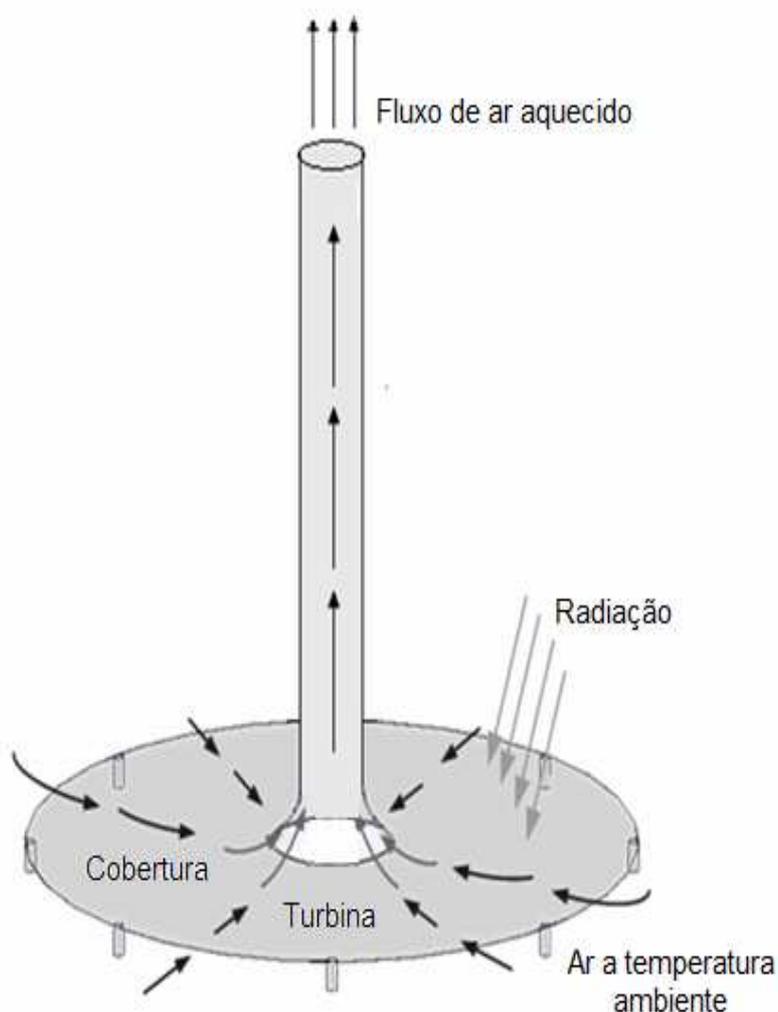


FIGURA 5 – Modelo esquemático do princípio de funcionamento da chaminé solar aplicada à secagem de café.

Fonte: os autores

O solo é responsável por transformar parte da energia da radiação solar incidente sobre a cobertura em energia térmica, que por meio da convecção, transfere calor ao fluxo de ar que escoar ascendentemente até a torre (BERNARDES et al., 2003). Para uma melhor absorção, o solo deve ser de material escuro, isso

possibilita boa absorção assim como boa emissão da radiação (INCROPERA 2008) melhorando a eficiência térmica da chaminé.

Desde o primeiro projeto apresentado por MULLET (1987), diversos estudos referentes à chaminé solar foram desenvolvidos por toda parte do mundo, avaliando além de suas aplicações, a influência que a estrutura emprega sobre o fluido aquecido em seu interior.

KOONSRISUK & CHITSOMBOON (2009) investigaram parâmetros como insolação, diâmetro da cobertura, altura da torre e diâmetro da torre, a fim de obter previsões numéricas comparando modelos de 5 autores diferentes, constatando que a altura da torre tem influência direta no rendimento térmico de uma chaminé solar.

BERNARDES et al., (2003) desenvolveu um estudo teórico com o objetivo de avaliar o desempenho energético de uma chaminé solar, constatando que a potência pode variar de acordo com o diâmetro da torre assim como diâmetro da cobertura.

RANDAM et al., (2010) desenvolveu um trabalho onde mostrou que a altura e diâmetro da torre são de fundamental importância para o projeto de uma chaminé solar. A área do coletor tem um forte efeito sobre a energia coletada. Segundo os autores, o modelo mostrou excelente concordância com outros trabalhos publicados, tanto experimentais como teoricamente.

PASUMARTHI et al., (1998) demonstraram que a tecnologia da chaminé solar é uma alternativa de produção de energia que se adapta bem melhor em áreas de clima quente, onde desenvolveu um modelo matemático a fim de estimar a temperatura e potência de chaminés solares, e também examinar o efeito das diversas condições ambientais e dimensões estruturais sobre a produção de energia. A localização é um fator muito importante para a construção de uma chaminé solar. Locais semi-áridos ou desérticos são mais favoráveis para um melhor desempenho da chaminé, devido principalmente a maior uniformidade da incidência solar. Considerando o ângulo zênite (ângulo de inclinação do sol), as melhores localizações para a construção da chaminé solar são próximas das latitudes 30°S e 30°N (FERREIRA et al., 2006).

FERREIRA et al., (2006) desenvolveram um trabalho fazendo um balanço energético para compor a eficiência de uma chaminé solar em condições reais de insolação, mostrando dados comparativos de janeiro a novembro de 2006, de acordo com dados experimentais relativos a esses meses. Os resultados encontrados experimentalmente definem que apenas 8% da energia total emitida pelo sol é absorvida pelo escoamento.

Para utilizar o dispositivo para a secagem de café, é importante ressaltar que a temperatura no interior da chaminé não é o fator mais importante, e sim o constante fluxo de ar entre os grãos (BORÉM et al., 2006). Tomando como base esse conceito, o ideal para uma melhorar a eficiência de secagem, é a construção de uma estrutura suspensa para o depósito dos grãos. Assim sendo, o ar fará seu fluxo por baixo da estrutura, mantendo uma constante corrente de ar por todos os pontos onde se depositam os grãos. A estrutura suspensa traz desvantagens como a maior dificuldade de manuseio, porém, fica comprovado que é o melhor sistema de secagem e que traz maiores benefícios no que diz respeito a qualidade do produto (PINHEIRO et al., 2012). Um produto de qualidade possibilita melhor preço de mercado, segundo a REVISTA CULTIVAR Nº136, ano 2010, o café seco nos padrões desejáveis e adequados pode ser até 9% mais valorizado que o café tipo 7 ou tipo 8, comumente comercializado no Brasil, adicionando maior renda ao produtor de café.

DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DA CHAMINÉ SOLAR

O protótipo da chaminé solar foi dimensionado de acordo com a necessidade de um produtor de café do interior do município de João Neiva - ES, cuja produção se enquadra nos padrões estabelecidos para um agricultor familiar, regido pela Lei 11.326, de 24 de julho de 2006, que a área do empreendimento rural não exceda quatro módulos fiscais de conformidade com o art. 4º da Lei nº8629/93; estabelecendo que a mão-de-obra utilizada nas atividades econômicas desenvolvidas seja predominantemente da própria família, a renda familiar é originada das atividades vinculadas ao próprio empreendimento que a direção da atividade seja feita pela própria família.

O norte do Espírito Santo está localizado entre os tópicos considerados favoráveis para a implantação da chaminé solar, entre 30°S e 30°N observado na Figura 6.

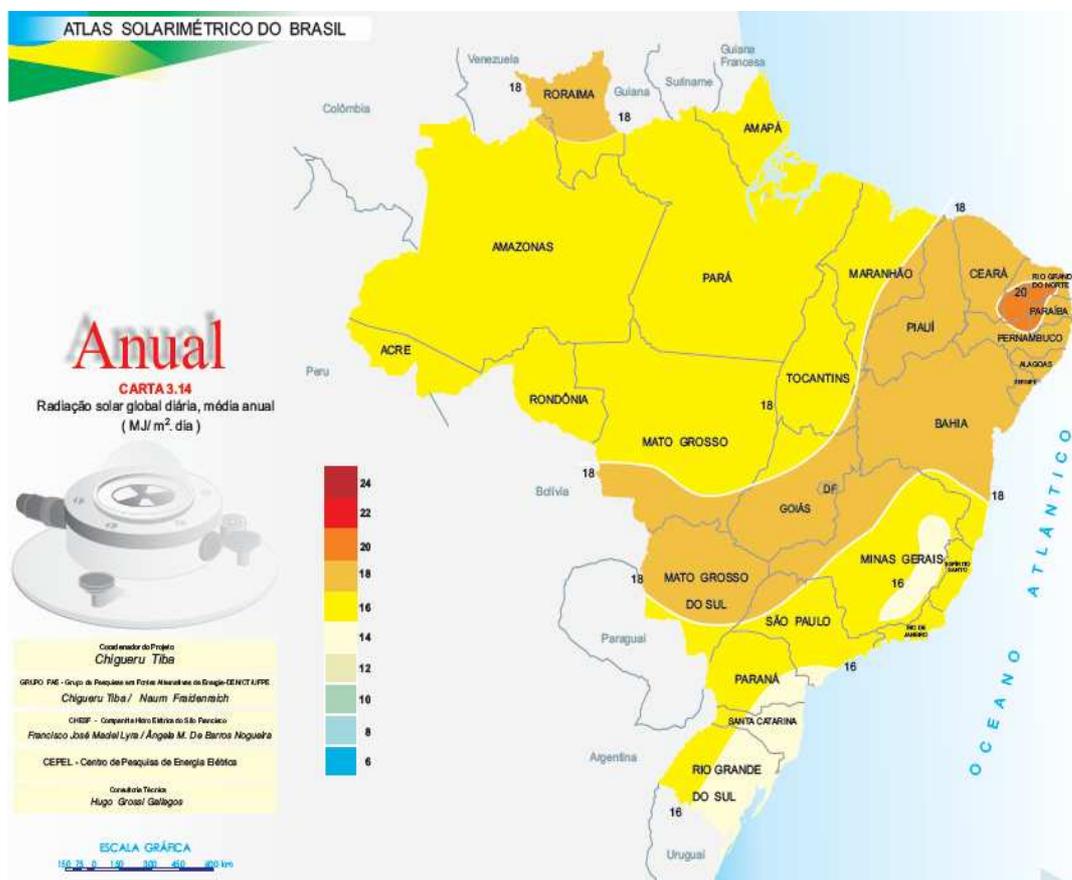


FIGURA 6 – Média anual da radiação global incidente no Brasil -
Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil

O agricultor cuja produção se enquadra nas normas estabelecidas pela lei mantém uma produção aproximada de 200 sacas beneficiada (Aproximadamente 800 sacas de café maduro).

A área do solo absorvedor da chaminé solar S , onde será depositado o café em camadas delgadas, foi estipulada de acordo com o Manual de Construção de Terreiros Suspensos Para Secagem da Belgo Mineira, escrito pela equação (1):

$$S = \frac{0,02 \times Q \times T}{N}$$

(1)

onde Q é a quantidade média de café em litros colhida, T é o tempo médio para secagem em dias e N é o tempo necessário para colheita contado em dias.

O material ideal para a cobertura é o vidro, que segundo BURIOL et al., 1995, apresenta os melhores índices de transmissividade à radiação solar, porém, o preço elevado inviabilizariam o projeto para as devidas aplicações, por esse motivo o material proposto para a cobertura é o filme plástico de polietileno de baixa densidade. Segundo estudos realizados por FERREIRA et al., (2006), o filme plástico não apresenta longos tempos de durabilidade, mas apresenta bons índices de transmissividade à radiação solar. O filme plástico proposto tem peso aproximado de 0,15 kg/m², espessura 150 micra, com transmissividade maior ou igual a 85%.

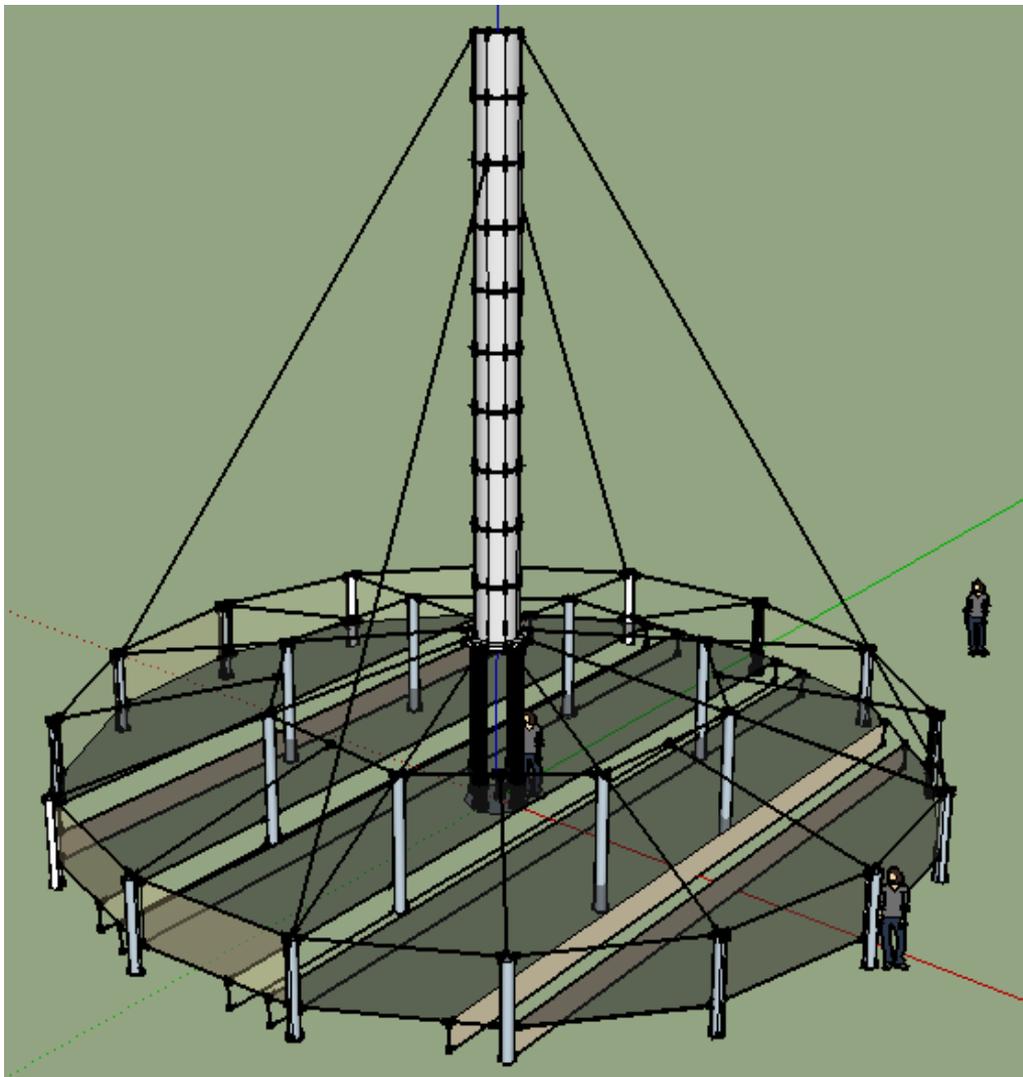


FIGURA 7 – Modelo esquemático da estrutura da chaminé solar para secagem de café

Fonte: Os autores

A estrutura para suportar a cobertura (Figura 7) será de tubos que devem suportar, além do peso próprio, o peso do filme plástico, além de suportar variações de temperatura e a força do vento. Na estrutura propõe-se tubo de aço A-105 de 1" shedule 40, com peso específico de 2,5 kg/m, por ser um material leve também pelo seu valor de mercado acessível.

O dimensionamento conforme as Normas Regulamentadoras Brasileiras – NBR 6123 considerando a carga de vento como a força do vento F pode ser escrita pela equação 2:

$$F = (c_e - C_i) \cdot q_F \cdot A \quad (2)$$

onde C_e é o Coeficiente de forma externo, C_i é Coeficiente de forma interno, q_F é a pressão dinâmica e A é a área de atuação do vento.

A pressão dinâmica q_F pode-se escrever pela equação 3 de acordo com a NBR 6123 como:

$$q_F = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (3)$$

e a é a velocidade característica do vento V_k , calculado com a equação 4:

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (4)$$

Onde V_0 é a velocidade máxima básica do vento S_1 , S_2 e S_3 são respectivamente fator topográfico, fator de rugosidade do terreno e fator estatístico do terreno.

Para evitar a deflexão, os tubos devem ser suportados de acordo com a equação 5 proposta por TELLES (2008).

$$L = \sqrt{\frac{3500Z}{q}} \quad (5)$$

onde L é o vão entre suportes e Z é o momento resistente e q é a carga máxima distribuída sobre o tubo de aço.

Devido a fatores climáticos, a estrutura da cobertura deve apresentar inclinação mínima de 11° (Figura 8), suficiente para escoar a água da chuva e também manter um bom escoamento das correntes de convecção no interior da chaminé.

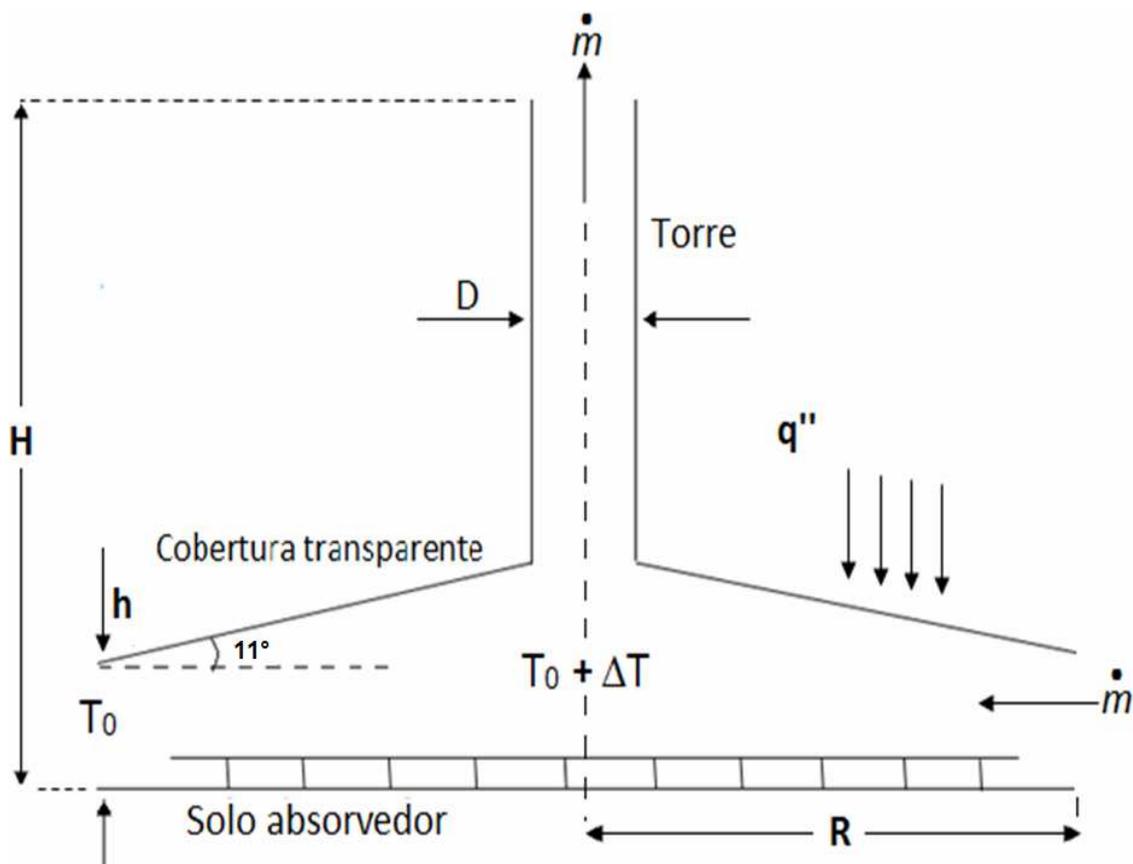


FIGURA 8 – Corte frontal da chaminé solar
 Fonte: Os autores

Segundo KOONSRIK & CHITSOMBOON (2009) o raio e a altura da torre têm influência direta sobre a eficiência e a potência, porém, seria necessário aumentá-los em proporções gigantes comparados ao diâmetro da cobertura, tornando o projeto inviável para a aplicação proposta, tanto pelo gasto de material obviamente maior, e também, a necessidade de um suporte contra a ação do vento, levando dificuldade em seu dimensionamento.

Considerando o custo em relação a outros materiais, propõe-se que a torre seja feita de PVC fixado em anéis de aço. A torre deve ser fixada em sua base com concreto armado, e para evitar ações do vento, será ancorada com cabos de aço.

VIABILIDADE ECONÔMICA

Comparando um SCF (secador mecânico convencional de fogo direto) e a CSS (chaminé solar com terreiro suspenso) será considerado os seguintes dados:

- Aquisição/montagem do secador → valor de aquisição e montagem do secador diretamente pelo fornecedor;
- Montagem de galpão → montagem de galpão com área de 100 m² para cobertura do secador mecânico e também para manter as madeiras secas;
- Projeto → projeto assinado por um engenheiro agrônomo conforme exigência roteiro de instalação da IDAF (valor pago somente uma vez);
- Licenças → valores de impostos para instalação e uso do secador mecânico pagos anualmente para repartições públicas;
- Consumíveis → valor de compra de madeira utilizada para combustão no secador mecânico, aproximadamente 13,5 m³ usado anualmente;

- Consumo de energia → Valor de consumo de energia de três motores elétricos sendo um motor de 7 CV, um motor de 5 CV e um motor de 3 CV para elevador de café, usado durante dois meses anualmente, para um período de uso de 10 anos.
- Mão de obra → para ambas situações serão usados mão de obra familiar
- Manutenção → para o secador mecânico haverá a troca de correias, lubrificação a cada período de secagem, troca de rolamentos, e troca de chapa moeda desgastada entre outros.

A chaminé solar terá 3 trocas do filme plástico no período de dez anos por vencimento de sua garantia que é de 3 anos.

A Tabela 1 apresenta os valores para cada tipo e secador em um período de 10 anos de uso.

TABELA 1 – Viabilidade econômica do secador solar comparado com secador mecânico

VIABILIDADE ECONÔMICA DO SECADOR SOLAR PERÍODO 10 ANOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	CSS	SCF
1	AQUISIÇÃO/MONTAGEM DO SECADOR (90 sacas)	R\$ 25.700,00	R\$ 22.000,00
2	MONTAGEM DE GALPÃO	R\$ 10.000,00	R\$ -
3	PROJETO	R\$ 3.500,00	R\$ -
4	LICENÇAS	R\$ 6.000,00	R\$ -
5	CONSUMÍVEIS	R\$ 4.050,00	R\$ -
6	CONSUMO DE ENERGIA	R\$ 10.000,00	R\$ -
7	MÃO DE OBRA OPERAÇÃO	R\$ -	R\$ -
8	MANUTENÇÃO	R\$ 3.000,00	R\$ 2.400,00
	TOTAL	R\$ 62.250,00	R\$ 24.400,00

A Tabela 1 apresenta somente os gastos de implantação e manutenção dos equipamentos. A chaminé solar, assim como sistemas de estufas possuem características semelhantes no quesito qualidade do café, que segundo REVISTA CULTIVAR Nº136, ano 2010, pode representar um acréscimo de 9% no valor comercial por saca beneficiada. Tomando como exemplo uma produção anual de 200 sacas beneficiadas, em 10 anos, o agricultor teria lucro no valor de aproximadamente R\$ 41.400,00 considerando o preço médio do café em torno de R\$ 230,00 por saca. Há também a possibilidade da terceirização da chaminé solar para reduzir os custos de secagem, adicionando renda extra ao agricultor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto possibilita uma visão otimista na implantação do sistema da chaminé solar para secagem de café, trazendo melhorias para a qualidade do produto, baixo custo de aquisição e manutenção além de sustentabilidade energética, pois a fonte de energia é o sol. O modelo teoricamente é semelhante ao sistema de estufa, que possibilita boa qualidade do café comparando com terreiros a céu aberto e também, secadores mecânicos rotativo a fogo direto.

A secagem de café em chaminé solar propõe o empreendimento da tecnologia em áreas de pesquisas voltada à pequenos agricultores devido ao valor de investimento, bem menor que o secador a fogo direto, e ainda o retorno financeiro, aumentando a renda dos pequenos cafeicultores, oferecendo um produto de melhor qualidade ao mercado consumidor.

O solo absorvedor construído com um terreiro suspenso de forma que possa ser retirado após o processo de secagem, possibilita o uso do dispositivo para secagem de outras culturas. Além da secagem de alimentos, a chaminé solar tem uma estrutura circular de forma que o ar escoe diretamente para o centro da chaminé, possibilitando a implantação de um sistema de gerador de energia elétrica, aproveitando o fluxo de ar no interior do dispositivo como fonte de energia renovável e inesgotável.

REFERÊNCIAS

BERNARDES; M.A. dos S; WEINREBE A. Voß a, G. - Thermal and technical analyses of solar chimneys - **Solar Energy** 75; p. 511–524; 2003.

BORÉM, F. M.; CORADI, P.C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J.A. - Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas - **Coffee Science**, Lavras v.32 n°5, Set./Out. 2008.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, D. M.; PEREIRA, R. F. A.; ROSA, S. D. V. F.; MORAIS, A. R.; Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem - **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 55-63, abr./jun. 2006.

BURIOL, G.A.; STRECK, N. A.; PETRY, C.; SCHNEIDER, F.M. - Transmissividade a radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas – **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1 p. 1 – 4 1995.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_09_15_34_48_boletim_cafe_-_setembro_2013.pdf. Acessado em 24 de setembro de 2013.

CORREA, P. C. **Simulação de secagem de café em camada espessa**. Viçosa: UFV, p.1-7. 1982.

FERREIRA, A.G.; MAIA, C.B.; VALLE, R.M.; CORTEZ, M.F.B.; Balanço energético de uma chaminé solar – **Recie**, Uberlândia, v. 15, n. 1/2, p. 37-43, jan.-dez. 2006.

GRECO, M.; CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S. - Perdas térmicas em secador de café - **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 209-212, 2010.

INCROPERA, F.; DEWITT, D. P.; BERBMAN, T. L.; LAVINE, A. D. – **Fundamentos de transferência de calor e massa** – LTC, Rio de Janeiro. 6ªed. p. 494-513, 2008.

KOONSRIKUK, A.; CHITSOMBOON, T. - Accuracy of theoretical models in the prediction of solar chimney performance - **Solar Energy** 83. p. 1764–1771; 2009.

KOONSRISUK, A.; LORENTE, S.; BEJAN, A.- Constructal pattern of solar chimney power plants on land – **The First TSME International Conference on Mechanical Engineering** p.20-22 October, 2010.

MARQUES, E.R.; BORÉM, F.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; BIAGGIONI, M.A.M. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arábica* L.) submetido a diferentes períodos e temperaturas de secagem. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, 2008.

MULLETT, L. B., The Solar Chimney – Overall Efficiency, Design and Performance, **Int. J. of Ambient Energy**, v. 8, n. 1, p.35-40,1987.

PARTELLI, F. L. PARTELLI, O; PARTELLI, V. M. - Barato e eficiente - **Revista Cultivar**. Disponível em: http://www.grupocultivar.com.br/site/revistas/cultura/cultivar_136.pdf. - Ano XII. Nº136. ISSN 1516-358x. Setembro de 2010. Acessado em 28 de outubro de 2013.

PASUMARTHI, N.; SHERIF, S.A. - Experimental and theoretical performance of a demonstration solar chimney model - part I: Mathematical model development – **international journal of energy research**., n. 22, p. 277 – 288; 1998.

PEZZOPANE, J. E. Macedo; JÚNIOR, M. J. Pedro; ORTOLANI, A. Aldo – Modificações microclimáticas provocadas por estufa com cobertura plástica – **Bragantina**, Campinas. 54(2). P. 419 - 425. 1995.

PIMENTA, C.J. **Qualidade de café**. Lavras: Editora UFLA, p.147-158, 2003.

PINHEIRO, P.F.; COSTA, A.V.; QUEIROZ, V.T.; ALVARENGA, L.M.; PARTELLI, F.L. - Qualidade do café 'Conilon' sob diferentes formas de secagem – **Enciclopédia Biosfera**. Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 1481, 2012.

RAMDAN, M. O. - **Analysis of a solar chimney power plant in the Arabian Gulf region** - Mechanical Engineering Department, United Arab Emirates University. *Renewable Energy* xxx (2010). 1 – 6.

REINATO, C.H.R.; BOREM, F.M.; CIRILLO, M.A.; OLIVEIRA, E.C. - Qualidade do café secado em terreiros com diferentes pavimentações e espessuras de camada – **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 223-237, set./dez. 2012.

RESENDE, O.; ARCANJO, R.V.; SIQUEIRA, V.C.; RODRIGUES, S.; KESTER, A.N.; LIMAS, P.P.- Influência do tipo de pavimento na secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiros de concreto e chão batido - **Ciênc. agrotec.**,Campina Grande, v.9, n.2, p.171-178, 2007.

RIBEIRO, R.M.; CORRÊA, P.C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; SILVA, F.S.; COUTO, C.N.B. (2005) Determinação do tempo de secagem de grãos de café cereja descascado em estufa secadora. In: 31º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. **Anais...** Guarapari – ES, 2005.

SANT'ANA, B.T.; PEREIRA, L.R.; AZEVEDO, J.M.G.; MORELI, A.P.; DARDENGO, M.C.J. - Avaliação da secagem do cafeeiro conilon na região sul capixaba em terreiro de saibroamento, concreto e suspenso - **XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**. Universidade do Vale do Paraíba; p. 1- 4. 2011.

SOARES, A. G. O.; SILVA, J. S.; DALPASQUALE, V. A.; OLIVEIRA, J. L. Secagem de café em secadores de fluxo concorrente. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 99, p. 18-24, 1983.

SOUSA e SILVA, J.; DORNELES, S.M.L.; CORRÊA, P.C.– Secagem de grãos com energia solar – Capítulo 7, **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas** – p. 171-186. 2010.

TELLES, P.C. S. – **Tubulações Industriais: Cálculo** – 9.ed., reimpr. – Rio de Janeiro: LTC, p.50 2008.

THOMAZIN, A.; TOMAZ, M.A.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.- Abordagem sobre qualidade da bebida no café conilon – **Enciclopédia Biosfera**.Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.7, N.12; 2011 Pág.1

ZHOU, Xinping; YANG, Jiakuan; XIAO, Bo; HOU, Guoxiang; XING, Fang - Analysis of chimney height for solar chimney power plant - **Applied Thermal Engineering** 29 (2009) p.178–185.