

Utilização de Biomassa Florestal Como Componente de uma Economia de Baixo Carbono na Cultura do Tabaco

Use of Forest Biomass As a Component of a Low Carbon Economy in Tobacco Culture

Débora Luana Pasa,^{a*} Jorge Antonio de Farias,^a Dionatan Hermes^b

^a Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais, Cidade Universitária, CEP 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil.

^b Japan Tobacco International, Agro Environmental Program & Training, Cerro Alegre Baixo, CEP 96860-000, Santa Cruz do Sul-RS, Brasil.

*E-mail: debora.pasa@gmail.com

Recebido: 2 de Abril de 2021

Aceito: 7 de Maio de 2021

Publicado online: 2 de Setembro de 2021

The environmental concern is a fact and has been widely discussed in recent years, since the development of an economy is directly linked to the need to maintain environmentally sustainable activities. Thus, in the struggle to maintain environmental balance, the energy economy is an important measure for any sector, including tobacco, because it is a key activity for the economy of small rural properties, becoming practically the only one source of income within family farming in the three southern states of Brazil. The objective of this study was to analyze energy efficiency and the consumption of wood forest biomass, used as a fuel source for drying tobacco leaves considering two technologically distinct curing units. It was possible to notice that the forced air curing unit, considered the most technological, presented the best results, having the highest consumption efficiency with 3.14 kg of firewood for 1 kg of dry tobacco, a value lower than obtained in the Conventional Curing Unit, 4 kg.kg⁻¹. Also presented greater drying capacity (32.38 kg.h⁻¹), and lower energy consumption (7,272.59 kJ.kg⁻¹), thus becoming a low carbon alternative for the continuity of the activity, in order to achieve the goal of reducing GHG emissions and increasing the use of renewable natural resources more efficiently.

Keywords: Energy efficiency; low carbon economic; forest biomass.

1. Introdução

O crescimento econômico envolve diretamente o desenvolvimento social e também o ecossistêmico, por isso, vincula-se o efeito desse crescimento à degradação ambiental e ao uso de recursos naturais que propiciam o aquecimento global de forma mais acelerada. A discussão das relações entre meio ambiente e economia remete à discussão de limites ao crescimento econômico.

Para uma economia mais sustentável, a difusão de novas tecnologias é primordial no avanço dos resultados e no aumento da produtividade, sendo definida como a maneira que uma inovação é disseminada desde a sua primeira aplicação para outro país, região, indústria, mercado ou empresa.¹

As metas de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de adaptação dos países, devem direcionar a transformação das sociedades para uma economia baseada no baixo carbono, incluindo profundas mudanças nas matrizes energéticas, nos sistemas de produção e no consumo da população mundial.¹ Esse contexto demandará inovações tecnológicas orientadas para a sustentabilidade, disponibilidade de capital de risco, e deverá contar com a liderança das empresas, suportados por políticas públicas condizentes com os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Ainda, deverá ser desenvolvida a forma de economia verde, que seja aplicada e efetiva na redução das emissões de GEE e sustentada em três pilares: pouca intensidade em carbono, eficiente no uso dos recursos naturais e socialmente inclusiva.

Diante da necessidade de manter um ambiente equilibrado, o Brasil ratificou o Acordo de Paris de 2015, se comprometendo em reduzir 43% das emissões de carbono, e aumentar a participação de bioenergia sustentável, para aproximadamente 18%, e alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética do País até 2030.

Assim na luta contra as alterações climáticas, reduzir as emissões através da economia de energia é uma medida importante para qualquer setor, inclusive para o meio em que está inserida a cultura do tabaco, atividade esta que possui grande relevância econômica e social no âmbito da agricultura familiar e também um forte apelo ambiental no que tange o consumo de combustível para a secagem do tabaco da variedade Virginia. A alta rentabilidade do tabaco em pequenas áreas, permite que esta tradição centenária seja a principal atividade econômica de muitos produtores, o que viabiliza a permanência das famílias no campo, conferindo ao Brasil a posição de segundo lugar mundial no ranking de produção de tabaco em folha, com 150 mil produtores.²

Nesse contexto, o setor florestal vem se tornando um importante fomentador de combustíveis renováveis, seja por meio da lenha de forma direta, ou por meio de produtos processados como pellets, serragem e cavacos, sendo promovida como alternativa sustentável nos processos de geração de energia.

Dessa maneira, a presente pesquisa buscou verificar a eficiência energética e o consumo de biomassa florestal na forma de lenha para a secagem do tabaco, considerando diferentes níveis tecnológicos de unidades de cura de tabaco existentes no mercado.

2. Material e Métodos

2.1. Caracterização das unidades de cura

Foram avaliadas duas unidades de cura (UC) com diferentes tecnologias existentes no mercado. São denominadas UC Ar forçado (Figura 1) e UC convencional (Figura 2). Demais informações podem ser visualizadas na Tabela 1.

2.2 Forma de análise

A análise dos dados foi realizada em três diferentes fases da colheita do tabaco (baixeiro, meio pé e ponteira) a fim de verificar a existência ou não de diferenças significativas entre as fases. O tabaco baixeiro situa-se na porção mais baixa do pé, é colhido primeiro e é mais leve. Em seguida, é realizada a colheita do tabaco em meio pé, levemente mais pesado que o tabaco baixeiro. Por fim ocorre a colheita do tabaco denominado como ponteira, e pode ser caracterizado por possuir folhas mais pesadas e espessas. O ciclo de cura (ciclo de secagem) perdura por, em média, 168 horas, com temperaturas ascendentes de 90 a 155 °F (32,2 a 68,3 °C) e compreende quatro fases: amarelamento, murchamento, secagem da folha e secagem da lâmina.

2.3 Consumo de biomassa

A biomassa florestal utilizada no processo de combustão para as unidades de cura foi a lenha de *Eucalyptus saligna*, com umidade média entre 25-35% em base úmida, com idade entre 6 e 8 anos. A verificação do consumo ocorreu da seguinte forma:

- Abastecimento da unidade com tabaco, realizando o controle do número de varas/grampos;

- Pesagem e marcação de três varas/grampos verdes;
- Cubagem e pesagem da lenha em metro estéreo (mst);
- Início da cura;
- Término da cura;
- Cubagem da lenha remanescente;
- Pesagem das varas/grampos secos marcados.

2.4 Avaliação da eficiência energética

A eficiência energética de secagem, ou seja, a quantidade de energia necessária para evaporar uma unidade de massa de água do produto, foi obtida com base na metodologia adotada por Campos *et al.*;³ conforme demonstrada na Equação 1.

$$EEs = \frac{EPC}{(M1 - Mf)} \quad (1)$$

Em que:

EEs = eficiência energética de secagem, kJ.kg⁻¹

EPC = energia consumida em forma de combustível, kJ

Mi = massa inicial do produto, kg

Mf = massa final do produto, kg

A energia proveniente do combustível utilizado para o aquecimento do ar dentro da unidade de cura foi determinada pela Equação 2:

$$EPC = QC \times PCI \quad (2)$$

Em que

EPC = energia proveniente do combustível, kJ

QC = quantidade de combustível, kg

PCI = poder calorífico inferior, kJ.kg⁻¹

Para determinação do poder calorífico da lenha, utilizou-se a Equação 3, proposta por Tillman, citado por Osório:⁴

$$PCI = PCS - 0114 \times PCS \times U\% \quad (3)$$

Em que

PCI = poder calorífico inferior do combustível, kJ.kg⁻¹

PCS = poder calorífico superior do combustível, kJ.kg⁻¹ (17.682 kJ.kg⁻¹ para a espécie “*Eucalyptus saligna*”)

UC = teor de umidade do combustível, % b.u.(35%)

Tabela 1. Caracterização das unidades de cura avaliadas

Unidade de cura – UC	Característica
Ar Forçado	Capacidade para 270 grampos Apresenta sistema de controle da temperatura e umidade da câmara. Ventoinha para injeção de ar, localizada no cinzeiro. A ventoinha é utilizada em 3000 rpm. Estrutura de metal. Área útil de 28 m ² . Fornalha com 1,70 m de comprimento interno, 0,70 m de altura e 0,57 m de largura, com um volume de 0,67 m ³ .
Convencional	Capacidade para 500 varas. Apresenta sistema de controle da temperatura e umidade da câmara. Não há ventoinha, apenas um abafador automático para controle da entrada de ar. Construída com tijolo furado. Área útil de 31,5 m ² . Canos de latão galvanizado. Fornalha com 2,10 m de comprimento, 0,44 m de altura e 0,50 m de largura, totalizando um volume de 0,46 m ³ .

Fonte: Elaborado pelos autores

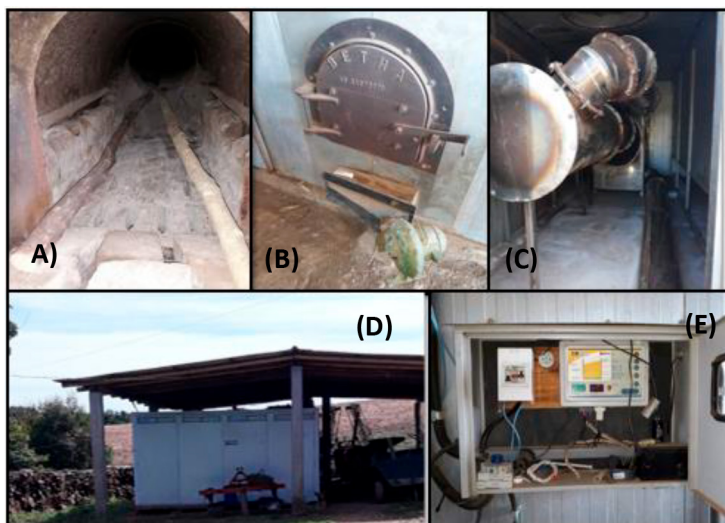


Figura 1. Unidade de Cura Ar forçado (A) exterior da fornalha (B) duto da chaminé (C) exterior da unidade de cura (D) painel de controle (E)



Figura 2. Unidade de cura Convencional (A); área interna da unidade de cura (B); parte externa da fornalha (C); abafador (D); interior da fornalha (E)

Por fim, a capacidade de secagem da unidade de cura foi calculada pela Equação 4:

$$C_s = \frac{MP}{ts} \quad (4)$$

Em que

C_s = capacidade de secagem de produto úmido, kg.h⁻¹

MP = massa de produto úmido, kg

ts = tempo total de operação da estufa, h

2.5 Análise dos dados

A análise foi realizada na forma descritiva empregando o coeficiente de correlação de Pearson a 5% de significância, para delimitar a correlação entre as variáveis apresentadas. Também foram utilizados a média e desvio padrão.

3. Resultados e Discussões

Foi possível perceber que entre as duas UC avaliadas, a cura do tabaco colhido como ponteira (tabaco mais pesado)

foi mais eficiente, apresentando menor consumo de lenha na relação quilograma de lenha por quilograma de tabaco seco. Quanto menor essa relação, maior a eficiência de cura.

O consumo de lenha está diretamente relacionado com a massa do tabaco e com a capacidade instalada da UC. A correlação de Pearson demonstra uma negatividade quase que perfeita para esta análise, apresentando valores entre -0,93 e -0,97 (Tabela 2), demonstrando que conforme uma variável aumenta (massa do tabaco) a outra diminui (consumo de lenha por ciclo).

Tabela 2. Coeficientes de Pearson calculados levando a correlação de duas variáveis

UC	Correlação *	Correlação* *
Ar forçado	-0,98	-0,92
Convencional	-0,94	-0,94

* Correlação de Pearson entre a massa de tabaco e consumo de lenha por ciclo.

** Correlação entre a a Eficiência energética e a capacidade de secagem.

Da mesma forma, a massa da lenha também influencia consideravelmente o resultado. Conforme o coeficiente de

Pearson entre a massa da lenha e o respectivo consumo por ciclo de cura, ocorreu correlação positiva, ou seja, quando a massa da lenha aumenta, também aumenta o consumo. Neste caso, o teor de umidade é a variável de influência, visto que quanto maior a umidade, maior a massa da lenha e maior será a relação entre quilograma de biomassa e quilograma de tabaco seco, demonstrando pouca eficiência.

A UC Ar forçado foi a mais eficiente entre ambas com uso de lenha, apresentando 3,12 kg de lenha consumida por quilograma de tabaco seco, em média. Esse valor representa uma redução de 22% quando comparada à UC convencional que apresentou a relação 4 kg.kg⁻¹. Estudos realizados por Welter⁴ demonstram a eficiência de consumo de lenha em 2,71 kg de lenha por quilograma de tabaco seco na UC convencional, com capacidade para 800 varas de tabaco verde por ciclo. Ressalta-se que o estudo foi realizado em UC com 37,5% a mais de capacidade do que a UC utilizada neste estudo (500 varas). Esta comparação entre as pesquisas traz como positivo a percepção de que a mesma quantidade de lenha pode gerar energia para secar uma quantidade maior de tabaco, e que, a energia que muitas vezes é despendida para um único ciclo de cura, pode ser otimizada.

A ventoinha existente na UC Ar forçado pode ser considerada um avanço tecnológico implementado, pois é utilizada para a injeção de ar e homogeneização entre ar e combustível, melhorando a combustão e conseqüentemente aumentando a eficiência. A ventoinha é utilizada para enviar o ar em excesso necessário para a combustão através de condutas apropriadas.

O uso de biomassa florestal possui a vantagem de possuir tecnologia já desenvolvida para a conversão em energia, com elevada eficiência.⁵ No entanto, fatores externos, como temperatura do ar e precipitação podem também influenciar no consumo. Fatores internos da fôrnalha, como existência ou não de ventoinha e abafador também devem ser observados.

Melhorar a eficiência no consumo de lenha, é fundamental para a redução da dependência energética

de combustíveis fósseis, o que proporciona o aumento na segurança do fornecimento de energia e de sustentabilidade.⁶ Demais informações de consumo podem ser visualizadas na Tabela 3.

Na tabela 3, percebe-se também que a UC Ar forçado foi mais eficiente energeticamente, pois gastou menos energia para secar 1 kg de tabaco, apresentando um gasto de 7.272,59 kJ.kg⁻¹. A UC convencional despendeu energia na faixa de 9.932,91 kJ.kg⁻¹, obtendo o pior desempenho tanto no consumo de biomassa quanto no gasto de energia.

Em relação à capacidade de secagem, a UC Ar forçado foi capaz de secar 32,38 kg de tabaco por hora, possuindo 5,75% a mais de capacidade do que a UC convencional com 30,99 kg.hora⁻¹.

Na análise de Pearson, foi possível verificar uma correlação negativa entre a Eficiência energética (EE) e a capacidade de secagem (Cs), com -0,92 para UC Ar forçado e -0,94 para UC convencional, ou seja, quando o gasto de energia é maior, a capacidade de secagem é menor.

Em estudo realizado por Welter⁷ em UC convencional com lenha, o consumo de energia médio (kcal de biomassa/kg de tabaco seco) foi de 11.665,73 kcal, valor superior ao encontrado nesta pesquisa. Em secadores com uso de lenha para grãos de café, foi encontrado valores de eficiência energética de 12.752 kJ.kg⁻¹ para cada quilograma de grão seco, considerando apenas a energia da lenha (sem considerar a energia elétrica do processo).⁷ Outros estudos realizados com a secagem do café demonstraram uma eficiência energética de 10.000 kJ.kg⁻¹ em um experimento com uso de secador de camada fixa, com temperatura do ar de secagem de 55 °C, e fôrnalha de fogo direto, que apresenta um rendimento energético maior.⁸ Estes valores foram ainda superiores aos encontrados nesta pesquisa, sendo que a temperatura interna da câmara de secagem em todas as unidades de cura variou entre 90 a 155 °F (32,2 a 68,3 °C) durante todo o ciclo.

Evidencia-se que todo processo de combustão deve atender a princípios que assegurem economia e eficiência na

Tabela 3. Dados sobre eficiência de consumo e eficiência energética

	kg lenha/mst	Tabaco verde/ciclo (kg)	Tabaco seco/ciclo (kg)	consumo de lenha por ciclo (mst) ¹	consumo (kg/kg) ²	EE (kJ.kg) ³	Cs (kg/h) ⁴
Ar forçado							
Baixeiro	603	4.473	394	3,33	5,09	8.657	26,63
Meio pé	580	5.202,	760	3,87	2,95	8.900	30,96
Ponteira	442	6.642	1.1610	3,46	1,32	4.923	39,54
Média	541	5.439	772	3,55	3,12	7.273	32,38
Desvio padrão	87	1.103	384	0,28	1,89	2.230	6,57
Convencional							
Baixeiro	603	2.750	366,67	4,16	6,84	18.536	16,37
Meio pé	580	5.100,	766,67	4,1	3,10	9.664	30,36
Ponteira	442	7.766,	1.250,00	5,83	2,06	6.964	46,23
Média	541	5.205	794	4,7	4,00	9.933	30,99
Desvio padrão	87	2.510	442	0,98	2,51	6.054	14,94

¹ metro estéreio; ²kg de lenha por kg de tabaco seco; ³quilojoule por kg; ⁴ Kg por hora

queima de combustível. Entretanto, na prática, em condições normais de operação, é muito difícil o aproveitamento integral da energia disponível no combustível, razão pela qual se faz necessário um trabalho de otimização com vistas à minimização das perdas de energia envolvidas no processo de combustão.

4. Conclusões

Levando em consideração os resultados obtidos pode-se inferir que com o aumento da tecnologia da UC do tabaco, a eficiência também aumenta, pois, a UC Ar forçado apresentou mais eficiência no consumo ($3,14 \text{ kg.kg}^{-1}$), maior capacidade de secagem ($32,38 \text{ kg.h}^{-1}$), apresentando menos consumo de energia $7.272,59 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

Não há muitos estudos aprofundados sobre a eficiência energética da secagem do tabaco com uso de biomassa florestal. Esse ainda é um tema novo, que deve ser amplamente estudado, a fim de tornar a atividade, assim como outras, ambientalmente adequada para que continue sendo uma atividade econômica explorada de forma sustentável.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ainda, agradecemos à empresa JTI (Japan Tobacco International) pela ajuda financeira e logística da coleta de dados.

Referências Bibliográficas

1. Pinsky, V.; Kruglianskas, I.; Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos. *Estudos Avançados* **2017**, *31*, 107. [CrossRef]
2. Sítio do Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco (SindiTabaco). Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/tabaco/2019/sinditabaco-relatorio-institucional-2019.pdf>>. Acesso em: 25 março 2020.
3. Campos, A. T.; Saglietti, J. R. C.; Bueno, O. C.; Campos, A. T. de; Klosowski, E. S.; Gasparino, E.; Balanço energético na produção de feno de alfafa em sistema intensivo de produção de leite. *Ciência Rural* **2004**, *34*, 245. [CrossRef]
4. Osório, A. G. S.; *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal de Viçosa, 1982.
5. Lopes, G. D. A.; Brito, J. O.; Moura, L. F.; Uso energético de resíduos madeireiros na produção de cerâmicas no estado de São Paulo. *Ciência Florestal* **2016**, *26*, 679. [CrossRef]
6. Stern, N.; *The Economics of Climate Change – the Stern Review* Cambridge University Press: Cambridge, 2007. [Link]
7. Welter, C. A.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria, 2017. [Link]
8. Lacerda Filho, A. F.; *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal de Viçosa, 1986.