

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.2, p.232-237, abr.-jun., 2010

Recife - PE, Brasil, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI 10.5039/agraria.v5i2a647

Protocolo 647 - 31/07/2009 • Aprovado em 13/04/2010

Fabricio G. Gonçalves¹

Aderlan G. da Silva²

Ana C. Ferraro²

Nayara N. M. da Costa³

Rômulo A. B. Souza⁴

Anísio F. Tosato⁵

Captação de líquido pirolenhoso da carbonização da madeira de *Eucalyptus cloeziana* em forno rabo quente

RESUMO

Foi avaliada a eficiência de um tubo de zinco com 8 m de comprimento, com o diâmetro interno variando de 0,30m a 0,10m, acoplado na porção inferior de um forno "rabo quente" próximo aos tatus, para o resfriamento da fumaça e conseqüente coleta do líquido pirolenhoso, mantendo-se o método tradicional de carbonização. O tubo conta com um sistema de fechamento independente tipo "borboleta" a 0,45 m da extremidade inferior. O forno foi construído com capacidade aproximada de 12,4 m³ de lenha, produzindo uma média de 1.100 kg de carvão vegetal e 110 kg de líquido pirolenhoso após cinco bateladas. O resultado foi conferido a partir da quantificação em porcentagem do líquido pirolenhoso coletado em relação à quantidade total de lenha empregada na carbonização. O coletor mostrou-se eficiente como esperado, necessitando, porém, de alguns ajustes. A fração coletada pode ser utilizada na própria propriedade, como preservativo natural em madeiras, ou ainda para futura comercialização, além de reduzir a quantidade de poluentes lançados na atmosfera. O carvão vegetal produzido nas cinco bateladas após caracterização apresentou características químicas satisfatórias, principalmente em função do elevado teor de carbono fixo e baixo teor de cinzas.

Palavras-chave: condensado pirolenhoso, forno de alvenaria, carvão vegetal, poluição ambiental

Collection of pyroligneous fluid of *Eucalyptus cloeziana* wood carbonization in surface kilns

ABSTRACT

An evaluation was made based on the efficiency of a zinc tube 8m long, with an internal diameter varying from 0.30 m to 0.10 m, attached in the lower part of a surface kilns furnace close to the holes of the base for the cooling of smoke and the consequent collection of pyroligneous fluid, as the traditional method of carbonization. The tube had an independent, closing system of the "butterfly" type, 0.45 m from the bottom. The furnace was built with a capacity of approximately 12.4 m³ of firewood, producing an average of 1,100 kg of charcoal and 110 kg of pyroligneous fluid after five carbonizations. The result was confirmed considering the amount in percentage of the fluid collected, related to the total amount of firewood used in the carbonization. The collector was efficient, however, some adjusts were necessary. The fraction collected can be used in the property itself, as a natural preservative to wood, or even for further selling, and also to reduce the amount of pollutants released to the atmosphere. The resultant charcoal of the five carbonizations after characterization presented satisfactory chemical characteristics, mainly because of the high fixed carbon content and low ash content.

Key words: condensed pyroligneous, carbonization kilns, charcoal, environment pollution

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, DEF/CCA/ NEDTEC, Av. Governador Lindemberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro-ES, Brasil, CEP 29550-000, Caixa-Postal 16. Fone: (28) 3558-2157. E-mail: fabricio@cca.ufes.br

² Instituto Federal de Minas Gerais, Campus São João Evangelista-MG, Av. 1º de Junho, 1043, Centro, CEP 39705-000, São João Evangelista-MG, Brasil. Fone: (33) 3412-2900. Fax: (33) 3412-2901. E-mail: aderlan.silva@ifmg.edu.br; ana.ferraro@ifmg.edu.br

³ Terra Consultoria em Engenharia e Meio Ambiental Ltda., Rua Priscila Charlene de Oliveira, 02, Forquilha, CEP 88106-632, São José-SC, Brasil. E-mail: nayaramc01@hotmail.com

⁴ Autônomo, Rua Carlota Sena, 191, Bairro Piedade, CEP 39.680-000, Capelinha-MG, Brasil. E-mail: romulobarbo@hotmail.com

⁵ Instituto Mineiro de Agropecuária, Rua Major João Gualberto, 46, Centro, CEP 35340-000, Bom Jesus do Galho-MG, Brasil. E-mail: tosatos@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A busca por um melhor aproveitamento da biomassa florestal tem aumentado dia após dia, decorrente de questões econômicas, sociais, ambientais, e climáticas que ameaçam a qualidade de vida na Terra.

Para Scarpinella (2002), as ameaças climáticas são causadas pelo aumento da concentração de gases como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) na atmosfera, liberados em atividades como a carbonização da biomassa vegetal.

As florestas possuem um importante papel na retirada de CO₂ da atmosfera e na sua fixação na superfície do planeta contribuindo para a qualidade de vida terrestre. No entanto, as florestas plantadas, na sua grande maioria, como no caso da monocultura do eucalipto, serão cortadas. Com isso, deve-se considerar o fim que será dado para a madeira (Jacovine et al., 2008), como por exemplo, para produção de carvão vegetal.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de carvão vegetal e também um dos maiores consumidores, com produção anual em 2008 de 17.890.000 MDC (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF, 2009), e segundo Delapinasse (2002), o único produtor de ferro-gusa a carvão vegetal do mundo. Em relação, o Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal do país, abrigando o maior parque siderúrgico da América Latina; tendo na atividade carvoeira uma das maiores geradoras de mão-de-obra e significativa fonte de renda para a sua economia (Guimarães Neto et al., 2007).

Com todo esse comércio, a atividade carvoeira se tornou para os pequenos produtores, uma oportunidade de complementação de renda, tornando a preocupação com a subsistência geralmente prioritária em relação às questões ambientais (Silva, 2006).

Assim sendo, visando melhorias tanto econômicas quanto tecnológicas dos processos utilizados para a produção de carvão vegetal no Brasil, há avanços nos estudos em torno de técnicas para a otimização dessa produção e de demais produtos de carbonização, como o líquido pirolenhoso. Entretanto, o carvão vegetal brasileiro ainda é fabricado, em sua maioria, como no século passado: de maneira quase artesanal, utilizando métodos inadequados para uma eficiente utilização da biomassa florestal (Bastos Filho, 1986).

O método de carbonização, segundo Gomes & Oliveira (1982), influencia na qualidade do carvão produzido, isto é, a carbonização lenta quebra menos o carvão que a rápida, o que é um ponto a favor nos fornos de alvenaria. De acordo com Santos (2007), o carvão vegetal brasileiro é predominantemente produzido em fornos de alvenaria, comumente chamado de “forno rabo quente”, em função da viabilidade do baixo custo e construção simples, além do seu reduzido tamanho e de permitir a carbonização com diferentes tamanhos de lenha. No entanto, apesar de serem mais baratos e fáceis de construir, apresentam baixos rendimentos gravimétricos.

O processo de carbonização ocorre, segundo Ferreira (2009), em quatro fases: A primeira corresponde à secagem da madeira pela vaporização da água contida nela. Na segunda fase ocorre a pré-carbonização, fase esta, ainda endotérmica, em que já se obtém líquido pirolenhoso e uma pequena quantidade de gases não-condensáveis. Na terceira fase a reação é rápida e exotérmica, em que parte da madeira é carbonizada e a maior parte do alcatrão solúvel e do líquido pirolenhoso são liberadas. Na quarta e última fase ocorre a carbonização final, com formação da maior parte do carvão vegetal.

Na prática, o líquido pirolenhoso tem vários usos, pois, repele determinados tipos de pragas e previne algumas doenças em cultivos agrícolas, exercendo ainda função de repelente de pássaros, morcegos e roedores (Miyasaka et al., 2001). Outros benefícios do líquido pirolenhoso podem ser constatados quando adicionado a extratos vegetais de alho, mucuna, nim, proporcionando melhorias no efeito no controle de pragas e doenças na agricultura orgânica e natural (Glass, 2009).

Na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, Sakita et al. (2007) incorporou líquido pirolenhoso juntamente com finos de carvão vegetal e com substratos. Os autores afirmaram que os resultados foram satisfatórios para a germinação e desenvolvimento inicial, proporcionando um alongamento da raiz principal e um aumento no volume de raízes secundárias.

Na indústria florestal, porém, o líquido pirolenhoso tem a sua mais antiga aplicação na proteção da madeira contra agentes deterioradores. O creosoto vegetal, em virtude de seu caráter fenólico, é eficiente contra fungos e insetos xilófagos (Paes et al., 2002).

Os objetivos deste trabalho foram as de avaliar a eficiência de um tubo coletor de líquido pirolenhoso adaptado em um forno de alvenaria artesanal, modelo rabo quente; e avaliar a qualidade do carvão vegetal produzido nele, com madeira de *Eucalyptus cloeziana*.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécie utilizada e localização da propriedade rural

Para a execução da pesquisa foi carbonizada lenha de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. oriunda de reflorestamento com 6,5 anos, existente em uma propriedade rural produtora de carvão vegetal, localizada no município de Peçanha, Estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 18°32'29" de latitude Sul e 42°33'58" de longitude Oeste.

A escolha da propriedade para alocação do experimento se deu em função de sua tradição na atividade carvoeira há mais de 16 anos. Toda essa experiência no ramo fez despertar a conscientização para a diminuição da carga poluente liberada para a atmosfera durante o processo de carbonização da madeira e o interesse de melhor aproveitamento da biomassa florestal com a captação do líquido pirolenhoso.

Construção do forno

Foi construído um forno de alvenaria do tipo rabo quente com 2,70 m de diâmetro e 2,20 m de altura, com capacidade aproximada de 12,4 m³ de lenha.

O local escolhido foi limpo para a marcação da base do forno e, em seguida, uma circunferência foi pré-estabelecida por um gabarito feito com uma madeira e um cordão com prego na ponta. Foi usada uma enxada para cavar uma vala, seguindo a marcação da circunferência, com largura de um tijolo e profundidade de três tijolos (aproximadamente 0,20 m).

A base do forno foi construída no fundo na vala, até atingir o nível do solo, com camadas de tijolo e uma mistura de terra de barranco, areia e água. Depois de concluída, foi marcada uma abertura de 0,80 m para a porta, a parede foi desenvolvida reta até a altura de 1,70 m. A partir dessa altura a parede passou a desenvolver uma curvatura, formando assim a cúpula com 0,50 m de altura. O acabamento final foi dado por postes de madeira fixados ao redor do forno, que foram amarrados com arame, travando o forno. Ao longo do forno foram deixados orifícios para a saída da fumaça e a entrada de oxigênio, necessário no início do processo da carbonização. Depois das paredes estarem totalmente prontas, o forno recebeu uma camada de barro, processo denominado barrelamento.

Confecção do tubo para a coleta de condensáveis

Para a captação da fração condensável dos gases emanados pelo forno durante o processo de carbonização foi desenvolvido um tubo coletor feito com chapas de zinco, conforme descrito por Andrade & Gonçalves (1999), porém com algumas modificações: Comprimento total de 8,0 m dividido em 2 partes, a primeira possuindo um comprimento de 1,0 m mantendo a forma de um cilindro com 0,25 m de diâmetro, e a segunda parte com 7,0 m de comprimento com 0,30 m de diâmetro afunilando até 0,10 m de diâmetro. As partes foram unidas por solda e arrebites, mantendo no encaixe das duas uma diferença de diâmetro no qual foi instalada uma pingadeira constituída de um cano de metal de meia polegada com 0,20 m de comprimento, para drenar a fração condensável dos gases. Um sistema de fechamento, tipo borboleta, foi instalado a 0,45 m da base do tubo coletor, o que permitiu a interrupção da entrada de ar durante o período de resfriamento do forno.

O tubo coletor dos gases condensáveis foi acoplado ao forno a uma altura de 1,85 m, apresentando uma inclinação de aproximadamente 100° em relação ao forno, sendo mantida com o auxílio de madeiras fixadas em formato "X" promovendo, desta forma, sua sustentação.

Preenchimento do forno, processo de carbonização e recuperação do pirolenhoso

A lenha de *Eucalyptus cloeziana* foi acondicionada verticalmente, acompanhando a inclinação das paredes do forno, o que facilitou o total preenchimento do espaço interno, evitando o preenchimento da cúpula separadamente.

Após o carregamento, iniciou-se o processo de fechamento da porta: os tijolos foram somente empilhados um sobre o outro, sem fixação com barro, o que deixou a porta mais frágil que o restante da parede do forno, funcionando como uma válvula de escape caso ocorresse aumento de pressão em seu interior, sendo barrelada posteriormente. O processo de ignição da lenha foi em uma das baias existentes na cúpula. A carbonização da madeira seguiu no sentido descendente e aos poucos as baias foram fechadas forçando desta forma a passagem de maior quantidade de fumaça pelo tubo coletor. Este, em função de seu comprimento e de ser constituído por material de boa condutividade térmica, promoveria a condensação da fumaça que, na forma líquida, seria captada até a pingadeira, para a coleta do líquido pirolenhoso.

Rendimento da carbonização e análise do carvão produzido

Toda a lenha utilizada na carbonização foi pesada antes de disposta no interior do forno e, após a carbonização, pesou-se o carvão e o líquido pirolenhoso para quantificação e cálculo de rendimento de cada produto.

A análise química do carvão vegetal foi realizada com base na norma American Society for Testing and Materials - ASTM D1762-84 (ASTM, 2007). Foi determinado o teor de umidade - TU; teor de materiais voláteis - TMV; teor de cinzas - TCZ e do teor de carbono fixo - TCF. O resultado final foi à média de cinco réplicas.

As amostras de carvão vegetal, oriundas de cinco bateladas, foram maceradas, homogeneizadas, e peneiradas em um agitador elétrico de peneiras granulométricas, dando origem a uma única amostra composta.

As amostras destinadas à análise química foram aquelas que passaram pela peneira de 20 mesh e ficaram retidas na peneira de 42 mesh, sendo posteriormente secas em estufa de circulação forçada de ar a 103 ± 2 °C.

Para a determinação do teor de umidade, foram utilizadas cinco gramas da amostra do carvão vegetal. Após a pesagem, a amostra foi conduzida à estufa para secagem por 24 horas a 103 ± 2 °C e, posteriormente, foi pesada novamente. O teor de umidade foi calculado com base na Eq. 1.

$$TU(\%) = \frac{PU - PS}{PS} \times 100 \quad (1)$$

em que: TU = Teor de umidade, em porcentagem; PU = Peso da amostra, em gramas; e PS = Peso da amostra após estufa, em gramas

Para a determinação do teor de material volátil foram utilizados cadinhos de porcelana com tampa. Foi colocado um grama da amostra de carvão vegetal em cada cadinho, e estes foram conduzidos a mufla elétrica, regulada a 950 ± 10 °C, permanecendo por 2 min sobre a parte externa da porta aberta, 3 minutos na porta interna da porta aberta e 6 minutos no interior da mufla com a porta fechada. O teor de materiais voláteis foi calculado com base na Eq. 2.

$$TMV(\%) = (1,0 - PA) \times 100 \quad (2)$$

em que: TMV = Teor de materiais voláteis, em porcentagem; e PA= Peso da amostra de carvão vegetal após passagem pela mufla, em gramas.

Para a obtenção do teor de cinzas, foi colocado um grama da amostra de carvão vegetal em cada cadinho de porcelana sem tampa, e estes foram conduzidos ao interior da mufla elétrica regulada a 750 ± 10 °C e mantidos com a porta fechada, por 6 horas, para completa calcinação. O teor de cinzas e o teor de carbono fixo foram calculados com base nas Eq. 3 e 4, respectivamente.

$$TCZ(\%) = PR \times 100 \quad (3)$$

em que: TCZ = Teor de cinzas, , em porcentagem; e PR = Peso do resíduo no interior do cadinho, em gramas

$$TCF(\%) = 100\% - (TMV + TCZ) \quad (4)$$

em que: TCF= Teor de carbono fixo, , em porcentagem; TMV= Teor de materiais voláteis, , em porcentagem

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A carbonização ocorre no sentido descendente do forno e do calor ascendente, o que se torna um inconveniente durante a captura do líquido pirolenhoso, pois o aumento da temperatura na cúpula do forno ocasionou excesso de calor no interior do tubo coletor, restringindo a condensação da fumaça, uma vez que este promoveu queima dos gases em seu interior e conseqüente perda de condensáveis.

Em cinco carbonizações, com o tubo coletor instalado na posição projetada inicialmente, que era de 1,85 m, foi coletada uma média de 50 kg de líquido pirolenhoso. Isso ocorreu, provavelmente, porque houve queima dos gases no interior do tubo em função da elevada temperatura em seu interior, levando a uma coleta de menor quantidade da fração condensável.

A partir da comprovação de que o calor restringia a condensação de parte dos vapores emanados pelo processo de carbonização, procedeu-se uma alteração na localização do tubo, acoplando-o junto à base do forno a uma altura de 0,50 m do solo, mantendo-o numa angulação aproximada de 30°, em relação ao forno (Figura 1).

Durante a carbonização o tubo, nesta posição, manteve-se com menor temperatura por um maior espaço de tempo resultando em um aumento na condensação da fumaça emanada pelo forno.

A instalação do tubo coletor na base do forno resultou em um aumento de 120% na coleta de líquido pirolenhoso, por batelada, com lenha exclusiva de *Eucalyptus cloeziana*, totalizando 110 kg (2,01 % de rendimento). É interessante lembrar que o processo de resfriamento dos gases não contou com nenhum método artificial, apenas a própria circulação dos ventos existente ao redor do tubo, além do forno adaptado não possuir chaminé para escape dos gases e breve resfriamento da fumaça. Pode-se dizer que



Figura 1. Tubo coletor acoplado ao forno na parte inferior em processo de coleta dos gases condensáveis

Figure 1. Collector tube attached to the lower part of the kiln collecting the condensed gases

apesar do baixo rendimento na coleta de líquido pirolenhoso, quando comparado com trabalhos realizados em laboratório por Pereira et al. (2000), em que foram obtidos 42 % de rendimento, o sistema foi eficiente na coleta de parte da fração condensável dos gases, contribuindo, desta forma, para uma possível redução da poluição atmosférica, que é comum na produção de carvão vegetal artesanal. Sistemas de resfriamento acoplados ao tubo poderiam permitir uma maior condensação e conseqüente aumento no rendimento.

O baixo rendimento gravimétrico de carvão vegetal (20,91 %) para uma média de 5.260 kg de lenha pode ser considerado satisfatório para a espécie. Salienta-se que, por causa da irregularidade nas dimensões da lenha utilizada nas corridas, há uma maior chance de formação de espaços vazios no interior do forno, contribuindo, desta forma, para uma maior calcinação da lenha, conforme mencionado por Andrade & Gonçalves (1999).

Quando se comparam os valores encontrados para rendimento gravimétrico com estudos de destilação seca em laboratório para o gênero *Eucalyptus*, os valores não se diferem muito, conforme observado por Pereira et al. (2000). Os autores encontraram em laboratório um rendimento médio de 33,7% de carvão vegetal.

O carvão vegetal resultante da carbonização da madeira de *Eucalyptus cloeziana* no forno de alvenaria do tipo rabo quente adaptado com um tubo coletor de líquido pirolenhoso apresentou 5,26, 19,63, 0,3%, e 50,02%, respectivamente para Teor de Umidade, Teor de Material Volátil, Teor de Cinzas e Teor de Carbono Fixo.

Baixos teores de umidade são preferíveis, pois interferem diretamente na qualidade do carvão vegetal, quando armazenado. O carvão, coletado após o processo de descarga do forno, apresentou baixo teor de umidade (5,26 %), provavelmente em função da rapidez na coleta da amostra, uma vez

que a mesma ocorreu imediatamente após a abertura do forno.

Os valores encontrados para o teor de material volátil e de carbono fixo segundo Brito & Barrichelo (1978) estão dentro do considerado normal para a espécie. Os autores, ao avaliarem os teores de voláteis e carbono fixo, afirmaram que o carvão obtido a partir da madeira de *Eucalyptus cloeziana*, em comparação com a madeira de *E. grandis*, *E. saligna*, *E. microcorys*, *E. tereticornis*, *E. resinifera*, *E. tessellaris* e *E. camaldulensis*, possui maiores valores absolutos para a característica teor de carbono fixo e menor para a característica teor de material volátil.

O teor de carbono fixo é dependente dos valores de voláteis e cinzas (Vella et al., 1989). Como os teores de cinzas variam, em limites absolutos, muito menos do que os teores de materiais voláteis, são estes os responsáveis por influenciarem mais os valores de carbono fixo. Portanto, o comportamento elevado do teor de carbono fixo pode estar associado ao baixo teor de cinzas encontrado para a espécie estudada.

O teor de carbono fixo encontrado (80,02 %) é considerado satisfatório para o gênero estudado, estando próximo dos valores citados por Valente (1997) e Pereira et al. (2000). Valente (1997) ainda citou que faixas de temperaturas acima de 500 °C são responsáveis pela elevação do carbono fixado no carvão vegetal, o que provavelmente ocorreu no forno com o tubo acoplado.

O baixo valor encontrado pela análise química imediata para teor de cinzas (0,34 %) na amostra de carvão vegetal de *Eucalyptus cloeziana* está muito próximo ao valor encontrado por Pereira et al. (2000), quando este avaliaram amostras de carvão para a mesma espécie, porém carbonizada em laboratório. Baixos teores de cinzas estão associados à pequena quantidade de compostos inorgânicos na madeira, a exemplo da sílica, que não se volatiliza às temperaturas normais de carbonização. De acordo com Valente (1997) teores de cinzas elevados provocam reduções nos teores de carbono fixado no carvão vegetal, o que não se observou no presente estudo.

CONCLUSÃO

O tubo coletor de líquido pirolenhoso mostrou-se pouco eficiente na coleta de líquido pirolenhoso do ponto de vista quantitativo.

O carvão vegetal produzido apresentou características físicas satisfatórias para utilização em siderúrgicas, principalmente em função do elevado teor de carbono fixo e baixo teor de cinzas.

Melhorias no sistema de resfriamento do tubo coletor podem aumentar a eficiência na coleta de líquido pirolenhoso.

LITERATURA CITADA

- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. Anuário Estatístico - Ano base 2008. <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.pdf>. 31 Jul. 2009.
- Andrade, A.M.; Gonçalves, F.G. Adaptação de um forno para o aproveitamento dos subprodutos da carbonização. *Revista Árvore*, v.23, n.2, p.241-247, 1999.
- American Society for Testing and Material – ASTM. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. D 1762 – 84, 2001 (2007). West Conshohocken, PA: ASTM International, 2007, DOI: 10.1520/D1762-84R07. <http://www.astm.org>.
- Bastos Filho, J.G. Desenvolvimento e teste de um forno metálico para carbonização de madeira. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1986. 37p. Dissertação Mestrado.
- Brito, J.O; Barrichelo, L.E.G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. IPEF, n.16, p.63-70, 1978.
- Delepinasse, B.M. Diagnóstico da comercialização de produtos florestais. Brasília- DF: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 205p.
- Ferreira, O.C. O futuro do carvão vegetal na siderurgia: emissão de gases de efeito estufa na produção e consumo do carvão vegetal. *Revista Economia e Energia*, v. 4, n.21, 2000. <http://ecen.com/eee21/emiscar2.htm>. 20 Mai. 2009.
- Glass, V. Onde há fumaça há lucro. *Revista Globo Rural*, junho, 2001. http://www.globorural.globo.com/edic/188/rep_tecnologiaa.htm. 20 Mai. 2009.
- Gomes, P.A.; Oliveira, J.B. Teoria da carbonização da madeira. Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte- MG: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC, 1982. p.10-27.
- Guimarães Neto, R.M.; Pimenta, A.S.; Silva, M.L. da; Soares, N.S.; Vital, B.R.; Silva, J. de C. Avaliação técnica e econômica de projetos de fornos do tipo *container* industrial e retangular de 40 estéreos. *Revista Árvore*, v.31, n.4, p.709-715, 2007.
- Jacovine, L.A.G.; Soares, C.P.B.; Ribeiro, S.C.; Silva, R.F. da; Paixão, F.A. Sequestro de carbono em povoamentos florestais de eucalipto e a geração de créditos de carbono. *Informe Agropecuário*, v.29, n.242, p.98–113, 2008.
- Miyasaka, S.; Ohkawara, T., Nagai, K., Yazaki, H., Sakita, M.N. Técnicas de produção e uso de fino de carvão e licor pirolenhoso. In: Encontro de Processos de Proteção de Plantas: Controle Ecológico de Pragas e Doenças, 1, 2001, Botucatu. Anais. Botucatu: Agro Ecológica, 2001. p. 161-176.
- Paes, J.B.; Della Lucia, T.M.C.; Vital, B.R.; Della Lucia, R.M. Efeito da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal na preservação da madeira de *Eucalyptus grandis*, após 48 meses de instalação do ensaio de campo. *Revista Árvore*, v.26, n.4, p.475-484, 2002.
- Pereira, J.C.D.; Sturion, J.A.; Higa, A.R.; Higa, R.C.V.; Shimizu, J.Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo- PR: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Documentos, 38).
- Sakita, A.E.N.; Porto, P.R.; Sakita, M.N. Utilização do extrato pirolenhoso na germinação e no desenvolvimento inicial de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. Instituto Florestal, n.31, p.57-61, 2007.
- Silva, A.R. Sistema de produção do carvão vegetal em duas áreas da estrada AM-010, Amazonas. Manuas: Universidade Federal do Amazonas, 2006. 29p. Monografia Graduação.

- Santos, S.F.de O.M. Produção de carvão vegetal em cilindros metálicos verticais: alguns aspectos referentes à sustentabilidade. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007. 93p. Dissertação Mestrado.
- Scarpinella, G.D.A. Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002. 182p. Dissertação Mestrado.
- Valente, O.F. Madeira de eucalipto como opção energética – Estudo de casos. Informe Agropecuário, v.18, n.186, p.27-52, 1997.
- Vella, M.M.C.F., Valente, O.F.; Vital, B.R.; Lelles, J.G. de. Influência da velocidade de carbonização da madeira nos rendimentos e nas propriedades do carvão produzido. IPEF, n.41/42, p.64-76, 1989.