



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

MELHORIA DA QUALIDADE NO PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE CARVÃO PARA A REDUÇÃO DE RESÍDUOS PÓS-PRODUÇÃO

Washington Moreira Cavalcanti (*), Rômulo Maziero, Maria Aparecida Fernandes

* Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. washington.cavalcanti@hotmail.com.

RESUMO

Este artigo trata do levantamento de dados da produção de carvão vegetal pelo processo industrial com o intuito de verificar a possibilidade de mudança do perfil operacional do setor. A pesquisa foi desenvolvida na perspectiva de buscar melhores resultados de produção, custos, qualidade do produto e alguns aspectos relacionados à sustentabilidade e meio ambiente. O carvão vegetal representa hoje uma importante fonte energética no Brasil. De acordo com o Balanço Energético Nacional (2005) do Ministério de Minas Energia, o carvão vegetal equivale a 6,7% do total da matriz energética consumida no País. Para garantir o constante abastecimento de carvão vegetal, torna-se fundamental a implantação de processos de manejo florestal como fonte legal e sustentável de matéria-prima, e, por outro lado, o aperfeiçoamento das técnicas de produção. O presente estudo tem como base as informações coletadas na empresa objeto de pesquisa, localizada na região do Alto São Francisco em Minas Gerais. O estudo apresenta soluções aos problemas relacionados à capacitação e melhor aproveitamento dos processos de produção. Utilizou-se da metodologia de pesquisa aplicada por meio de questionários e entrevistas realizadas com as pessoas envolvidas em todas as etapas do processo. Evidenciou-se a necessidade da mudança do perfil da produção do carvão vegetal em uma unidade de produção. Estima-se que após as alterações propostas, os ganhos operacionais e econômicos serão significativos. Nos resultados pôde-se constatar a necessidade de se repensar o modelo de como era feito a carbonização da madeira em seus fornos. Assim, com a adequação da produção obteve-se ganhos em qualidade final do produto e redução dos resíduos pós-produção, associado a obtenção de resultados também no processo de carbonização, pois, com a produção dos fornos em capacidade máxima, reduziu-se a emissão de poluentes na atmosfera e obteve-se um melhor rendimento gravimétrico, o que resultou nos parâmetros de resíduos produzidos e em ganhos diretos e indiretos.

PALAVRAS-CHAVE: Produção de carvão vegetal; Gestão da qualidade; Gestão de resíduos.

ABSTRACT

This article deals with the data collection of the production of charcoal by the industrial process in order to verify the possibility of changing the operational profile of the sector. The research was developed in the perspective of seeking better production results, costs, product quality and some aspects related to sustainability and the environment. Charcoal today represents an important energy source in Brazil. According to the National Energy Balance (2005) of the Ministry of Mines Energy, charcoal is equivalent to 6.7% of the total energy matrix consumed in the country. In order to guarantee the constant supply of charcoal, it is fundamental to implement processes of forest management as a legal and sustainable source of raw material, and, on the other hand, the improvement of production techniques. The present study is based on the information collected at the research company located in the Upper São Francisco region of Minas Gerais. The study presents solutions to the problems related to training and better utilization of production processes. The applied research methodology was used through questionnaires and interviews with people involved in all stages of the process. The need to change the profile of charcoal production in a production unit was evidenced. It is estimated that after the proposed changes, the operational and economic gains will be significant. In the results it was verified the need to rethink the model of how carbonization of the wood was made in its furnaces. Thus, with the adequacy of the production, gains in final product quality and reduction of the post-production residues were obtained, associated with obtaining results in the carbonization process as well, with the production of the furnaces at maximum capacity, emission of pollutants into the atmosphere and a better gravimetric yield was obtained, which resulted in the parameters of waste produced and in direct and indirect gains.

KEY WORDS: Charcoal production; Quality management; Waste Management.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que uma característica importante da atividade florestal é a abrangência territorial na questão ambiental. O carvão vegetal representa hoje uma importante fonte energética no Brasil. De acordo com o Balanço Energético

Nacional (2005) do Ministério de Minas Energia, o carvão vegetal equivale aproximadamente 7% do total da matriz energética consumida no País. Para garantir o constante abastecimento de carvão vegetal, torna-se fundamental a implementação do manejo florestal como fonte legal e sustentável de matéria-prima, e, por outro lado, o aperfeiçoamento das técnicas de produção, além de aspectos relacionados à sustentabilidade e meio ambiente.

Este artigo foi realizado a partir de uma pesquisa em unidade empresarial produtora de carvão vegetal pelo processo de carbonização em fornos convencionais. O presente estudo tem como base as informações coletadas na empresa objeto de pesquisa, por solicitação da própria empresa os dados serão mantidos sob sigilo de forma a preservar a fonte de informação. Localizada na região do Alto São Francisco em Minas Gerais, a unidade de produção está próxima das áreas plantadas e dos clientes, facilitando assim o transporte de mão de obra, suprimentos e da produção.

Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2006), na classificação mundial de produção de carvão vegetal, o Brasil é um dos maiores produtores, sendo também um dos maiores consumidores, possivelmente, cabendo-lhe o título de único produtor de ferro-gusa a carvão vegetal do mundo.

A produção do carvão vegetal no Brasil responde por cerca de 1/3 da produção mundial, dados divulgados pela Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2007). Estes, em quase totalidade são para uso siderúrgico, de acordo com informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011). Mas ainda se produz, em grande maioria, como há um século, sem as preocupações básicas com o meio ambiente e com as condições de trabalho inadequadas. Entretanto, apesar de requerer baixo investimento de capital permanecem disperso e pouco desenvolvido.

O carvão é produzido de forma rudimentar na região, porém, existe uma demanda crescente de carvão de alta qualidade para a indústria siderúrgica. A produção, transporte e comercialização do carvão vegetal empregam grande número de pessoas e, opera em um sistema de mercado com interferência limitada das autoridades.

Este trabalho se justifica por evidenciar a necessidade de mudanças no processo de produção de carvão vegetal na unidade industrial e por apresentar novas formas de distribuição de tarefas/processos na produção de carvão, de modo a melhorar o processo final com o objetivo de aumentar a qualidade e reduzir os resíduos pós-produção. Fator este, relevante para a correta utilização de fontes renováveis de energia, reduzir a emissão de gases que causam o efeito estufa na atmosfera, fomentar a produção ecologicamente correta e renovar o interesse pelo uso do carvão vegetal na siderurgia.

OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo evidenciar a necessidade de mudança no processo de produção do carvão vegetal para o setor de siderurgia, assim pode-se apresentar os objetivos em:

Objetivo Geral:

- Descrever os processos de uma unidade industrial produtora de carvão vegetal com a utilização da tecnologia de carbonização em fornos convencionais.

Objetivos Específicos:

- Identificar como é a distribuição das atividades dos funcionários na fabricação de carvão vegetal e apresentar soluções para uma melhor produtividade operacional;
- Evidenciar possíveis mudanças no processo de produção de carvão vegetal na unidade industrial e por apresentar novas formas de distribuição de processos na produção de carvão, de modo a melhorar o processo final, aumentar a qualidade e reduzir os resíduos pós-produção.

METODOLOGIA

Com base em Yin (2001), de que os estudos de caso, em geral, representam estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

A presente pesquisa se apresenta como descritiva e documental, porque tem “como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 2002). Ainda de acordo com Gil (2002), a pesquisa documental reserva estreitas semelhanças com a pesquisa

bibliográfica. A principal diferença entre as duas é a natureza das fontes: na pesquisa bibliográfica os assuntos abordados recebem contribuições de diversos autores; na pesquisa documental, os materiais utilizados geralmente não receberam ainda um tratamento analítico.

Quanto ao delineamento da pesquisa, trata-se de um estudo de caso, que, segundo Gil (2002), enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos organizacionais, o que se aplica a esta pesquisa. Um estudo de caso vai além do relatar uma história: pode ser utilizado para testar hipóteses; pode ser estatístico; ou, ainda, pode ser o relato de uma pesquisa institucional, dentre outras tantas possibilidades.

Para suporte da pesquisa foram utilizadas as seguintes fontes:

- A. Fontes primárias.
- B. Fontes documentais e secundárias.

Após a realização da pesquisa, verificou-se que o setor com mais falhas, e com maior probabilidade de melhorias imediatas, era na unidade produtora de carvão, onde são realizadas as cargas (enchimentos) dos fornos e a carbonização, logo, foram feitas as primeiras intervenções para o melhoramento. É importante salientar que ao se parametrizar a análise em dados de custos e rentabilidade, não fora adotado nenhum modelo já existente na literatura, sem contudo, invalidar os resultados obtidos.

RESULTADOS

Nesta etapa são apresentados alguns conceitos importantes descritos na revisão de literatura e por meio da mesma pode-se situar o trabalho dentro da grande área de pesquisa da qual faz parte, contextualizando-o.

Produção de carvão, pirólise ou carbonização

Para a produção de carvão vegetal ocorre a queima da madeira de forma controlada. Na era primitiva, o homem utilizava pedaços de madeira em chamas para iluminar as cavernas ou aquecer-se. Possivelmente não tardou a perceber que, ao utilizar a madeira queimada, de aspecto preto e friável, esta não produzia chama e nem tanta fumaça, gerando calor de forma mais controlável que o produzido pela queima direta da madeira marcando a descoberta do carvão vegetal e o uso como combustível (JUVILLAR, 1980).

O processo da decomposição térmica pode resultar em destilação seca, quando realizado sob completa ausência de ar, recuperando-se todos os produtos oriundos da carbonização e obtendo-se o carbono fixo em forma de carvão vegetal. Quando a queima ocorre ao ar, a madeira se transforma em fumos, restando cinzas ou óxidos minerais. Segundo Rezende (2006), o processo de carbonização da madeira de eucalipto ocorre em quatro fases:

- Fase I – Secagem: ocorre até 110 °C quando apenas a umidade é liberada;
- Fase II – Torrefação: ocorre entre 110 °C e 250 °C, sendo que na temperatura de 180 °C tem início à liberação da água de constituição pela decomposição da celulose e hemicelulose e pouco peso é perdido até 250 °C. Forma-se o tiço ou madeira torrada;
- Fase III – Carbonização: ocorre entre 250 °C e 350 °C com a intensificação da decomposição da celulose e hemicelulose ocorre expressiva perda de peso, formando-se gás, óleo e água. Ao atingir a temperatura de 350 °C o carvão tem 75% de carbono fixo e considera-se que a carbonização está praticamente pronta;
- Fase IV – Fixação: dos 350 °C em diante ocorre redução gradual na liberação dos voláteis, principalmente gases combustíveis, continuando a fixação do carbono.

A operação de carbonização nos fornos de superfície consiste em preencher os fornos, pelas portas com madeira seca ao ar e fechar até completar o forno, deixando um orifício na parte superior, para fazer a ignição e uma série de outros orifícios ao nível do chão, para permitir a entrada do ar. Depois é feita a ignição pelo orifício da cúpula com tocos secos. A entrada de ar pelos orifícios da base é controlada aumentando-se ou diminuindo-se o seu tamanho, de modo que a combustão ocorra lentamente sem que o ar seja suficiente para queimar o carvão já formado.

Fornos de alvenaria

O processo de produção de carvão vegetal predominante é processado em fornos de alvenaria (Figura 1) e argila, em muitos casos construídos com tijolos de barro fabricados no local onde serão montadas as carvoarias, o que torna o custo muito baixo (PINHEIRO *et al.*, 2006). Quando são construídos em regiões de relevo acidentado são chamados de fornos de encosta ou barranco. Quando o terreno é plano são chamados de superfície.

A busca por tecnologias mais limpas e efetivas e o aproveitamento dos subprodutos (alcatrão e gases) oriundos do processo de carbonização, destacam a evolução dos fornos artesanais tradicionais para os fornos cilíndricos verticais que despontam como mais eficientes e eficazes.

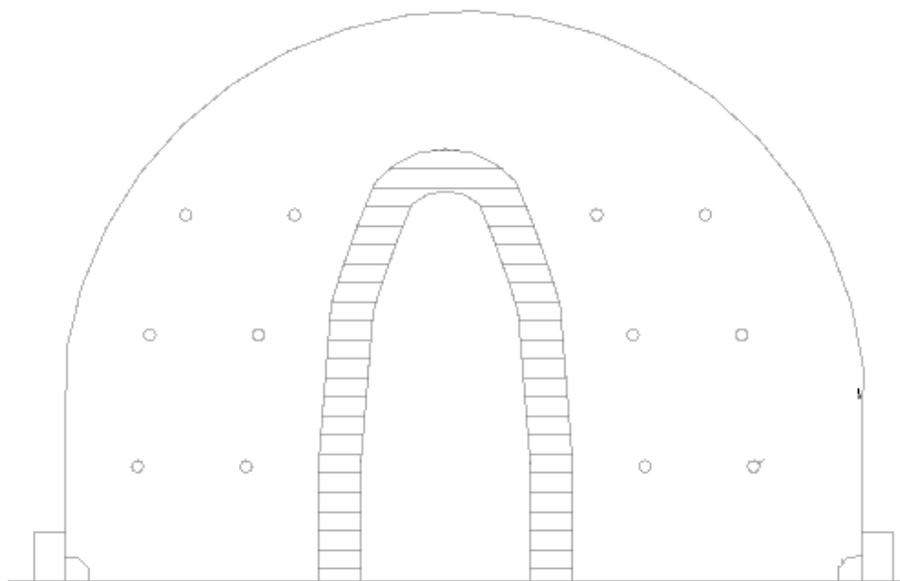


Figura 1: Esquema externo de um forno de alvenaria.
Fonte: Adaptado de Pinheiro *et al.* (2006).

Os fornos de encosta ou barranco alcançam medidas de diâmetro entre 3,0 m e 4,0 m e altura entre 2,5 m e 2,8 m, o que permite receber lenha acima de 2,0 m. Sua capacidade produtiva é de 10 m de carvão (MDC), a partir de 20 estêres (st) de lenha enforada. O resfriamento desses fornos é mais lento do que os fornos de superfície, conferindo aos mesmos um perfil térmico mais homogêneo que o observado em outros (PINHEIRO *et al.*, 2006).

Qualidade e rendimento do carvão

Para fins siderúrgicos o carvão deve possuir um conjunto de propriedades, agrupadas em pacotes (estruturais, de permeabilidade, energia/redução, reatividade e resistividade). Estas características devem ser estáveis e homogêneas. (PINHEIRO *et al.*, 2006).

Fatores que atuam sobre a qualidade e rendimento do carvão estão associados a práticas florestais (preparo do solo, adubação, melhoramento da produção de mudas, espaçamento adequado entre árvores, idade de corte, entre outros) onde verifica-se aumento de produtividade de 25 a 60 estêres/ha.ano em plantio controlado. Também relacionado ao processo de carbonização (fornos): o forno tipo colmeia, ainda usado por pequenos produtores de carvão, utiliza cerca de 2,2 m³ de madeira (cerca de 1,1 t) para produzir 1 m³ de carvão vegetal (0,25 t). Um forno moderno, com uso de chaminés, além de permitir a produção de carvão de melhor qualidade, pode consumir até 1,8 m³ por metro cúbico produzido, portanto o ganho potencial no processo é superior a 20% (TACCINI, 2010).

Ainda, de acordo com Pinheiro *et al.* (2006), um bom carvão tem poder calorífico de 30 a 33 mil kJ/kg, material volátil menor que 30% e teor de cinzas de 1% a 3 %, no processo convencional de carbonização, os melhores rendimentos gravimétricos são da ordem de 38% com produção em até oito dias. Para a celulose tem-se um rendimento gravimétrico possível de aproximadamente 44,4%. Na Tabela 1, Sampaio (2001) descreve os comparativos dos valores de itens que compõem os principais tipos de carvão utilizados na siderurgia.

Tabela 1. Comparativo para os principais tipos de carvão utilizados na siderurgia.
Fonte: Sampaio (2001).

Item	Carvão vegetal	Carvão desejável	Coque metalúrgico	Coque de petróleo
Carbono fixo %	68 - 78	74 - 77	82 - 89	88 - 92
Material volátil %	30 - 20	25 - 22	1,6 - 2,5	7,8 - 11,0
Cinzas %	1,0 - 3,5	1 - 1,5	9,5 - 15,9	0,1 - 0,5
Álcalis %	Alta	< 20%	Baixa	Baixa
Basicidade Cinzas (C+M) / (S+A)	Básica	C+M>S+A	Ácida	Ácida
Umidade %	Jun/15	4 a 6	5/jul	---

Fator importante na qualidade do carvão vegetal é a friabilidade, que compreende a propriedade que o carvão vegetal possui de gerar finos (pós), quando sujeito a esforços resultantes de abrasão e queda durante manuseio e transporte, o que pode resultar em até 25% de perda de acordo com o tipo de movimentação (PINHEIRO et al., 2006).

DISCUSSÕES

O carvão vegetal é uma *commodity*, e como tal, tem o preço regulado pelo mercado. Este produto é matéria-prima para o ferro-gusa, ferro-liga e silício metálico, que também são commodities. Ainda, o ferro-gusa serve de base para a produção de aço e fundidos de ferro.

O conhecimento e o controle dos processos de produção do carvão vegetal são importantes e constituem fatores de relevância na composição da margem de produtividade e consequente redução de resíduos pós-produção.

As atividades da unidade produtora estudada concentram-se na produção de carvão a partir do recebimento da madeira que é estocada e mantida em repouso para secagem e em seguida direcionada a carga dos fornos para produção de carvão vegetal (carbonização). A produção de carvão adota o seguinte período de produção: de segunda a sexta, durante quatro semanas no mês (~21 dias trabalhados). Neste período processa-se a carga de madeira e retirada do carvão de seis fornos por dia, transportando deste talhão 300 st por dia para a carvoaria.

Com a deficiência no enchimento e na carbonização dos fornos, os volumes de produção alcançados estavam entre 23 e 24 mdc de produtividade por forno, e também, devido as falhas na carbonização, não conseguia duas corridas em cada forno durante o mês, consequentemente não era alcançada a cota de 3000 mdc/mês. Resultados que eram obtidos:

$$60 \text{ fornos} \times 2 \text{ cargas} \times 23 \text{ mdc (forno)} = 2760 \text{ mdc (mês)}$$

Com os dados levantados na pesquisa, e confirmado por PINHEIRO (2006), o baixo nível de rendimento na produção do carvão pode ser relacionado a outras causas menos impactantes, como:

- 1) **Lenha verde:** a lenha foi cortada só dez dias antes da queima, sendo que a recomendação é cortar pelo menos 70 dias antes, de forma a alcançar secagem natural;
- 2) **Carbonização com excesso de ar:** a presença de buracos na pilha de carvão permite entrada de ar em excesso durante a queima, o que aumenta os resíduos após o processo;
- 3) **Capacidade do forno:** os fornos não foram preenchidos até a capacidade máxima ou o tempo de carga e descarga foi muito elevado.

Ao inserir a nova metodologia apresentada, a unidade produtora adotou em sua linha de 60 fornos, com força de trabalho composta de 45 funcionários e um novo padrão de forno para queima do carvão. A proposta apresentada definiu as diretrizes de alocação dos funcionários/tarefas para melhorar a qualidade dos serviços prestados, além do aumento da produtividade e consequente redução dos níveis de resíduos pós-produção.

Com o novo método proposto como solução para a alteração do processo produtivo com objetivo de atingir as metas da contratante, inicia-se no período de produção. Este deverá ser de aproximadamente 14/15 dias, definida a utilização de dois funcionários para efetuar a carga/descarga em cada forno. Como o ciclo se estende por até 15 dias, adotou-se a operação da seguinte forma:

- 01 dia para a etapa de carga e descarga do forno;
- 06 a 08 dias para a carbonização;
- 05 a 06 dias para o resfriamento.

Estimou-se que, com as alterações no processo de produção do carvão, seria possível atingir um rendimento gravimétrico de 44% a 55%, associado a redução dos resíduos pós-produção. Os teores de cinzas observados encontram-se abaixo dos parâmetros identificados por Sampaio (2001), os quais variaram entre 0,59% e 1,26%, quanto ao ácido pirolenhoso estimou-se redução para 34,85% (Tabela 2). O que demonstra a efetividade dos processos adotados.

Tabela 2. Produtos da carbonização.

Fonte: Sampaio (2001).

Produtos da carbonização	% base seca
Carvão (80% Carbono fixo)	33,0
Ácido Pirolenhoso	35,5
(Ácido Acético)	(5,0)
(Metanol)	(2,0)
(Alcatrão Solúvel)	(5,0)
(Água e outros)	(23,5)
Alcatrão insolúvel	6,5
Gases Não Condensáveis (GNC)	25,0
(Hidrogênio - 0,63%)	(0,16)
(CO - 34%)	(8,5)
(CO ₂ - 62%)	(15,5)
(Metano - 2,43%)	(0,61)
(Etano - 0,13%)	(0,03)
(Outros - 0,81%)	(0,20)
Total	100,0

A análise técnica dos processos (capacidade, produtividade, rendimento, qualidade do produto e redução de resíduos pós-produção) foi feita dentro do escopo necessário para a elaboração dos parâmetros econômicos, ambientais, sociais e culturais.

Outro fator de importância com a adequação do processo foi a redução de geração de gases na carbonização. Segundo Taccini (2010) a geração de gases não condensáveis durante o processo de carbonização da madeira, como CO, CO₂, H₂ e CH₄. No caso da queima completa destes gases, ocorreria somente a liberação de CO₂ e vapor de água. Como a capacidade e volumes produzidos se destacaram, em processos mais limpos, que visem além de aumentar o rendimento do carvão, possibilitar o reaproveitamento de subprodutos, diminuindo a emissão de poluentes e agregando valor ao processo.

Deste modo, todos os impactos positivos podem ser valorados economicamente e quanto aos resíduos produzidos, comparados à situação anterior, que demonstra a mobilidade e melhor apropriação do capital humano. Este fator resultou em ganho de produtividade e rentabilidade por forno operado pela unidade produtiva.

CONCLUSÕES

Ao finalizar as informações e dados coletados durante a pesquisa, assim como a observação do processo produtivo da Unidade de Produção, foram definidas as propostas de alterações como a adoção de um novo padrão de forno, uma nova determinação dos prazos e processos de produção e adequação do quadro de funcionários. Outro fator de melhoria na produção foi em qualidade final do produto e redução dos resíduos pós-produção. Possibilitou a obtenção de resultados também no processo de carbonização, pois, com a produção dos fornos em capacidade máxima, reduziu-se a emissão de poluentes na atmosfera e obteve-se um melhor rendimento gravimétrico, o que resultou nos parâmetros de resíduos produzidos.

Demonstradas as viabilidades técnica e econômica da nova proposta apresentada, conclui-se que a implantação do sistema de carbonização com a adequação de processos produtivos e da mão de obra se mostra importante não só para a Unidade de Produção estudada, mas também para o setor e consequentemente para a sociedade.

Com base nos resultados do presente estudo, pode-se concluir que a adequação do uso de processos e a consequente alteração da força de trabalho apresentaram:

- Valores de densidade produtiva básica superiores, havendo diferença expressiva em relação ao volume produzido em períodos semelhantes;
- Maior rendimento em carvão, por forno carregado, o que representou ganho de produtividade com o mesmo plantel de fornos;
- Carvão vegetal mais denso, poder calorífico com valores mais constantes em função de melhor enchimento dos fornos, resultando em uma ótima carbonização;
- Rendimento gravimétrico de 44% a 55%, associado à redução dos resíduos pós-produção, o que representou índices menores de teores de cinzas observados que se encontravam abaixo dos parâmetros identificados anteriormente.

Finalmente, pode-se concluir que a adequação da mão de obra a produção de carvão vegetal por parte da empresa resultou em ganhos diretos e indiretos, que foi prontamente comprovado com a demonstração detalhada por estudos de ordem técnico-econômica ligados à produtividade, alocação de mão de obra e equipamentos.

Como destaque para novos estudos, é preciso aprofundar nas medidas adotadas pelos empreendedores para a redução desses gases poluentes, que não são efetivas. Portanto, é indispensável uma análise sobre a implantação de sistemas que auxiliem a minimizar os impactos provenientes dessa atividade, como a condensação de gases que permite a coleta do líquido pirolenhoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Diretrizes de política de agroenergia 2006-2011**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério de Minas e Energia e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.pdf4free.com>>. Acesso em: 16/02/2017.
2. BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional (2005)** - Brasília: 2005.
3. CONAMA. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, 17 de março de 2005**. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.
4. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: 2002.
5. HOFFMAN, K. D. **Princípios de marketing de serviços: conceitos, estratégias e casos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
6. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diretoria de pesquisas, coordenação de agropecuária, produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.
7. JUVILLAR, J. B. **Tecnologias da transformação da madeira em carvão vegetal**. CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. In: **Uso da madeira para fins energéticos**, compilado Waldir Resende Penedo. v. 1, 158 p. Belo Horizonte: Série Publicações Técnicas 1, 1980.
8. OLIVEIRA, J. B. **Produção de carvão vegetal – aspectos técnicos**. CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. In: **Produção e utilização de carvão vegetal**, compilado Waldir Resende Penedo. 1v. 158 p. Belo Horizonte: Série Publicações Técnicas 1, 1980.
9. PINHEIRO, P. C. C. **A produção de carvão vegetal: teoria e prática**. Série publicações técnicas. Edição do autor, Belo Horizonte, 2006.
10. REZENDE, M. E. **Produção de carvão vegetal – importância do conhecimento fundamental**. Belo Horizonte, 2006.
11. SAMPAIO, R. S. **Produção de metais com biomassa plantada**. Belo Horizonte: LabMídia - FAFICH, 2001.
12. SBS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e Números do Brasil Florestal 2005**. Disponível em <www.sbs.org.br>. Acesso em: 07/01/2007.
13. TACCINI, M. M. **Estudo das metodologias da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, referentes à emissões de gases de efeito estufa na produção de carvão vegetal**. 2010. 87 f. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.
14. YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.