



PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO

PROJETO BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável

PRODUTO 06

JOF – 1069/2019

Convocação 001/2018

LICITANTE: Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFMG

Montes Claros, 03/2020

Sumário

1. RESUMO EXPLICATIVO DO PRODUTO.....	3
2. AQUISIÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA PARA CARBONIZAÇÃO.....	3
3. COMPRA DE REAGENTES E MATERIAIS DE LABORATÓRIO PARA TESTES DE MATÉRIA-PRIMA E CARVÃO PRODUZIDO	5
4. CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE TRANSPORTE PARA RESPONSÁVEIS PELA EXECUÇÃO DA PESQUISA	6
5. IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA VALIDAÇÃO ESTRUTURAL, EM CONFORMIDADE COM DEMANDA DO PROJETO SIDERURGIA SUSTENTÁVEL.....	7
6. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA FORNO-FORNALHA E REALIZAÇÃO DE AJUSTES OPERACIONAIS.....	8
7. EXECUÇÃO DE CICLOS DE CARBONIZAÇÃO E MONITORAMENTO DO SISTEMA.....	11
8. RESULTADOS DA PESQUISA SOBRE A ADEQUAÇÃO DA ESTRUTURA DO SISTEMA Fornos-Fornalha À MESORREGIÃO ONDE FOI INSTALADA.....	13
9. RELATÓRIO DA ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA FORNO-FORNALHA NA REGIÃO DE MONTES CLAROS- MG	16
10. CURSO PRÁTICO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA Fornos-Fornalha.....	24
11. REFERÊNCIAS.....	31

1. RESUMO EXPLICATIVO DO PRODUTO

O produto de número 06 traz a aquisição da matéria-prima para carbonização, a madeira de *Eucalyptus* sp. que foi doada pela empresa Nova Esperança; juntamente com a descrição da compra de reagentes e materiais de laboratório para testes da madeira e do carvão vegetal produzido; contratação de serviços de transporte para os responsáveis pela execução da pesquisa e a identificação dos critérios para validação estrutural, em conformidade com a demanda do projeto siderurgia sustentável. Também aqui é descrito a avaliação estrutural do sistema fornos-fornalha e a realização de ajustes operacionais, bem como, a execução de ciclos de carbonização e monitoramento do sistema. Além uma análise econômica do sistema fornos-fornalha, descreve o curso prático de operação do sistema fornos-fornalha que foi oferecido pela equipe do projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável e ministrado pela equipe técnica da Universidade Federal de Viçosa.

2. AQUISIÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA PARA CARBONIZAÇÃO

O processo de carbonização, conduzido pelos princípios de sustentabilidade, utilizou como matéria-prima a madeira de *Eucalyptus* sp. A madeira, cerca de 60 m³ foi doada pela empresa Nova Esperança, localizada em Montes Claros, MG. A empresa trabalha com matéria-prima para energia e possui todas as licenças necessárias para o corte e transporte do eucalipto. A idade de corte das árvores é condizente com aquela comumente adotada na produção de carvão pelas empresas e produtores locais, de sete anos. As peças recebidas pela UFMG foram armazenadas em uma pilha suspensa do solo (Figura 1), onde possuem comprimento aproximado de 1,5 m e foram separadas nas seguintes classes diamétricas: a) menor de 6,3 cm, b) entre 6,3 e 9,5 cm, c) entre 9,5 e 12,7cm, d) entre 12,8 e 15,9 cm e e) acima de 15,9 cm (Figura 2).



Figura 1. Pilha de madeira de *Eucalyptus* sp. doadas pela empresa Nova Esperança.



Figura 2. Peças de madeira *Eucalyptus* sp. separadas em diferentes classes de diâmetros.

3. COMPRA DE REAGENTES E MATERIAIS DE LABORATÓRIO PARA TESTES DE MATÉRIA-PRIMA E CARVÃO PRODUZIDO

A avaliação da qualidade da madeira para produção de carvão vegetal é uma atividade rotineira nas empresas e, devido a sua importância, deve também ser estendida aos pequenos e médios produtores rurais. Análises básicas como a Densidade e o Teor de Umidade podem ser facilmente tomadas, até mesmo sem um laboratório complexo e são um excelente suporte para a tomada de decisão sobre a melhor condução da carbonização e as adaptações necessárias nas operações do sistema fornos-fornalha. Para o carvão vegetal, testes de densidade, teor de umidade e classificação são indicados para qualificar este material conforme as exigências do mercado consumidor.

Neste projeto, a UFMG tentou realizar todos os testes possíveis e que são citados como fundamentais para avaliar a qualidade da madeira e do carvão vegetal. A tabela abaixo mostra as análises realizadas, as normativas adotadas, assim como os equipamentos e reagentes necessários (Tabela 1). Salienta-se que todo material e equipamento utilizados estavam disponíveis nos laboratórios da universidade e que, assim que possível, serão adquiridos com os recursos do projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável e então repostos.

Tabela 1. Análises realizadas, normativas adotadas, assim como os equipamentos e reagentes necessários para avaliar a qualidade da madeira e do carvão vegetal.

Análise da madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.	Norma utilizada	Equipamentos e Reagentes necessários
Densidade básica	NBR 11941 (ABNT, 2003)	Balança de precisão; Estufa elétrica e Dessecador.
Teor de umidade	NBR 14929 (ABNT, 2003)	Balança de precisão; Estufa elétrica e Dessecador.
Composição química (teor de cinzas, extrativos, lignina e holocelulose)	T264 om-88 (TAPPI, 1997); T204 cm-97 (TAPPI, 1997); T211 om-93 (TAPPI, 1997); T222 om-98 (TAPPI, 1997).	Moinho martelo; Peneira granulométrica; Balança de precisão; Estufa elétrica; Dessecador; Extrator de Soxhlet completo; Bomba de vácuo; Banho maria; Chapa de aquecimento; Vidrarias; Água destilada; Tolueno; Álcool etílico e Forno mufla.
Biometria das fibras	Método Ácido Nítrico-Acético (BARRICHELO et al., 1983)	Estufa elétrica; Vidrarias; Água destilada; Ácido acético glacial; Peróxido de Hidrogênio; Safranina; Lâmina e lamínula; Microscópio óptico e

Computador.

Poder calorífico superior

NBR 8633 (ABNT, 1984)

Moinho martelo; Peneira granulométrica; Balança de precisão; Estufa elétrica; Vidrarias e Bomba calorimétrica adiabática.

Análise do carvão vegetal	Norma utilizada	Equipamentos e Reagentes necessários
Densidade a granel	NBR6922 (ABNT, 1981)	Balança de precisão; Caixa (volume de 0,07 m ³).
Teor de umidade	NBR 14929 (ABNT, 2003)	Balança de precisão; Estufa elétrica e Dessecador.
Composição química imediata (teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo)	NBR 8112 (ABNT, 1986)	Moinho martelo; Peneira granulométrica; Balança de precisão; Estufa elétrica; Dessecador; Vidrarias e Forno mufla.
Poder calorífico superior	NBR 8633 (ABNT, 1984)	Moinho martelo; Peneira granulométrica; Balança de precisão; Estufa elétrica; Vidrarias e Bomba calorimétrica adiabática.
Rendimento gravimétrico	NBR 8112 (ABNT, 1986)	Balança de precisão; Estufa elétrica e Dessecador.

4. CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE TRANSPORTE PARA RESPONSÁVEIS PELA EXECUÇÃO DA PESQUISA

Durante a validação estrutural e operacional do sistema fornos-fornalhas o deslocamento e diárias da equipe Técnica da UFV (Sálvio Teixeira Rodrigues e Humberto Fauller) foi toda assistida e de responsabilidade do Projeto Siderurgia Sustentável (Parceria com o PNUD). Não foi necessário, neste curso, a contratação de transporte para o técnico da EMATER, parceira e difusora dos fornos na região norte de Minas Gerais, considerando que o mesmo estaria impossibilitado de participar nos três dias de evento. Os demais participantes, discentes, docentes e comunidade em geral se deslocaram até o local de construção com recursos próprios.

5. IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA VALIDAÇÃO ESTRUTURAL, EM CONFORMIDADE COM DEMANDA DO PROJETO SIDERURGIA SUSTENTÁVEL

A instalação da unidade demonstrativa de produção sustentável de carvão vegetal, adaptada às características do público-alvo e da mesorregião, ocorreu no período de 16 a 21 de dezembro de 2019 pela empresa CLA Empreendimentos Florestais e Equipe Técnica da UFV. Após finalização da construção do sistema fornos-fornalha, foi realizada a limpeza de toda a área construída, deixando-a pronta para a realização da “cura” das estruturas. Desta forma, os 4 fornos e a fornalha foram submetidos a cura – com utilização de resíduos queimados por um período de 30 minutos, tanto no interior dos fornos como na câmara de combustão da fornalha (Figura 3); posteriormente o sistema foi limpo com a remoção das cinzas e avaliado o estado no tocante as trincas e rachaduras; quando estas eram encontradas, um barrelamento era realizado. Repetiu-se duas vezes o mesmo procedimento de queima, visando assim uma boa cura.

Uma vez finalizada a etapa de construção e a cura dos fornos, todos foram cobertos com lona no intuito de proteção da chuva e do sol, evitando desgastes até sua utilização na carbonização da madeira (Figura 4).



Figura 3. Processo de “cura” dos fornos.



Figura 4. Fornos cobertos com lona no intuito de proteção da chuva e do sol.

6. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA FORNO-FORNALHA E REALIZAÇÃO DE AJUSTES OPERACIONAIS

A avaliação estrutural do sistema fornos-fornalha foi realizada durante o primeiro curso prático de operação (Figura 5), ministrado pela equipe da Universidade Federal de Viçosa – UFV, por Humberto Fauller e Sálvio Teixeira Rodrigues.

CONVITE

Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha

A Equipe Técnica do Projeto Siderurgia Sustentável BRA/14/G31, gostaria de convidá-lo para participar do Curso Prático de Operação do Sistema Fornos-fornalha em parceria com o Senar e Emater e a Universidade Federal de Viçosa. O Projeto Siderurgia Sustentável tem fomentado a mobilização e a parceria entre setores público, privado e academia com o objetivo de promover a adoção de tecnologias mais eficientes de conversão de carvão vegetal pela indústria de ferro-gusa, aço e ferroligas a partir de pilotos em pequena escala e também da demonstração bem-sucedida de instalações avançadas de produção comercial.

Público alvo: Docentes, discentes e técnicos do ICA/UFMG; e produtores e fornecedores da mesorregião norte de Minas Gerais.

Local: Laboratório de Serraria, Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, Av. Universitária, nº 1000, bairro Universitário / Montes Claros, MG.

Data: 11, 12 e 13 de março de 2020.

Horário: 8h







Figura 5. Convite para o Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha.

Os profissionais da UFV chegaram à cidade de Montes Claros dois dias antes do curso (segunda feira 09/03/2020) para preparação da primeira etapa da carbonização. Inicialmente os fornos e a fornalha foram avaliados quanto a sua estrutura, considerando que estes foram construídos cerca de dois meses atrás. Após verificação criteriosa não foram encontrados problemas como trincas, furos, rachaduras ou outros possíveis defeitos que poderiam comprometer seu uso.

A primeira atividade após avaliação da estrutura dos fornos foi à pesagem da madeira para o seu enchimento. As classes de diâmetro utilizadas foram entre 9,5 e 12,7cm e entre 12,8 e 15,9 cm, descartando as toras extremas, finas e grossas. Com utilização de balança digital foram pesados 4462,7 kg de madeira.

Dois fornos foram enchidos, conforme metodologia: a) as toras foram colocadas na posição vertical, de pé, do fundo para a porta, sempre inclinadas para possibilitar a saída da fumaça; b) as toras mais grossas foram alocadas nas extremidades do forno, próximo aos tatus e a porta. Já as mais finas, foram posicionadas ao centro; c) na cúpula foram colocadas as toras de menor comprimento, deitadas sobre as outras e, sempre tentando preencher o máximo de espaço possível; d) após o forno ser preenchido completamente foram adicionados cascas e resíduos agrícolas na posição superior da copa, visando facilitar a ignição (Figura 6).



Figura 6. Enchimento dos fornos conforme a metodologia.

O primeiro forno teve a sua porta fechada com parede de tijolos entremeados por argamassa, solo e água e então feito o barrelamento. Foram respeitadas a abertura superior (para ascensão) e a inferior (para a entrada de ar no início da carbonização). Anterior à ignição dos fornos, a fornalha teve sua câmara de combustão abastecida com lenhas finas e resíduos e então foi acesa, deixando assim a sua entrada de ar aberta para favorecer a queima destes, e também da fumaça vinda dos fornos. Logo após a sua ignição, foi realizada a dos fornos de acordo a metodologia e recomendação do Manual de Operação do Sistema Fornos-fornalha (2019). Sempre que preciso, houve o abastecimento da câmara de combustão da fornalha. A primeira carbonização teve seu início na segunda feira 09/03/2020, às 14 horas (Figura 7).



Figura 7. Fechamento dos fornos e abastecimento da fornalha.

Durante todas as fases da carbonização a avaliação da estrutura dos fornos e da fornalha eram observadas. Quando apareciam trincas e rachaduras realizava-se um leve barrelamento para vedá-las.

7. EXECUÇÃO DE CICLOS DE CARBONIZAÇÃO E MONITORAMENTO DO SISTEMA

A carbonização da madeira ocorre devido ao processo de degradação parcial pela ação do calor. Para que este processo seja eficiente e que se obtenha um maior rendimento e qualidade do carvão vegetal, é necessário controlar a entrada de oxigênio, pelas entradas de ar e fluxo de saída da fumaça; e aumentar gradativamente o calor, até uma temperatura máxima de 360°C, controlando assim a taxa de aquecimento.

O ciclo de carbonização e monitoramento do presente sistema teve início na segunda feira (09/03/2020), e seguiu a metodologia e orientações do manual de operação de sistema fornos-fornalha (2019). Primeiramente houve a ignição da fornalha, para aumentar a retirada de gases de dentro dos fornos, e depois realizou-se a ignição dos fornos. O processo de carbonização levou em média 3 dias, onde o monitoramento da temperatura interna foi realizado, pelo menos, a cada duas horas com o auxílio do pirômetro. O monitoramento era feito por meio dos seis cilindros metálicos, 2 na cúpula e 4 nas paredes de cada forno (Figura 8).



Figura 8. Ignição dos fornos e monitoramento de sua temperatura.

O processo de carbonização foi realizado em quatro fases, sendo classificadas pela faixa de temperatura e fenômeno que ocorria na madeira – I fase endotérmica (160°C a 170°C por 12h, liberação de vapor de água e secagem da madeira); II fase endotérmica

(250°C a 270°C por 12h, degradação das hemiceluloses e eliminação de gases); III fase exotérmica (340°C a 350°C por 24h, degradação da celulose, grande produção de gases e formação do carvão vegetal); e IV fase exotérmica (350°C a 360° por 18h, redução da emissão de gases e aumento da concentração de carbono no carvão vegetal).

Desta forma, deve-se controlar a temperatura do sistema de acordo com a recomendada. Para tal, foram utilizados tijolos visando diminuir ou aumentar a entrada de ar pelos “tatus” do forno, respeitando o tempo e temperatura de cada fase da carbonização. Durante o processo também foi realizado o abastecimento da fornalha e o monitoramento da temperatura dos gases nos dutos utilizando o pirômetro.

A finalização da carbonização ocorreu na quinta-feira (12/03/2020) pelo fechamento da entrada de oxigênio para dentro dos fornos. A saída dos gases do forno e o duto na lateral da fornalha também foram vedados. Deu-se especial atenção para o correto fechamento das bordas da chapa metálica dos dutos para impedir a entrada de ar (Figura 9). Realizou-se também um “barrelamento” nos fornos para auxiliar no seu resfriamento e possíveis fissuras. O resfriamento ocorreu de forma natural pelos 4 dias seguintes.



Figura 9. Fechamento e vedação das bordas da chapa metálica da fornalha.

8. RESULTADOS DA PESQUISA SOBRE A ADEQUAÇÃO DA ESTRUTURA DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA À MESORREGIÃO ONDE FOI INSTALADA - Durabilidade do sistema; Adequação e disponibilidade dos materiais utilizados; Vedação e eficiência da fornalha/chaminé do sistema

A produção de carvão vegetal no Brasil, juntamente com o setor de florestas plantadas, contribui de forma expressiva para o PIB do país, principalmente no Estado de Minas Gerais, onde se concentra 84,1% da produção nacional, sendo o Estado que mais produz e consome este produto, com destaque para a mesorregião norte que é responsável por grande parte da produção mineira.

Desta forma, com o objetivo de intensificar a produção de carvão vegetal na mesorregião norte de Minas Gerais, de modo sustentável, instalou-se o Sistema fornos-fornalha no Instituto de Ciências Agrárias – UFMG em Montes Claros, MG, adequando-se de novas tecnologias à realidade local. Após a construção do sistema fornos-fornalha, foi realizada a análise da adequação da sua estrutura à mesorregião instalada, de acordo com a durabilidade do sistema; adequação e disponibilidade dos materiais utilizados; e vedação e eficiência da fornalha do sistema.

8.1 Durabilidade do sistema fornos-fornalha

O sistema fornos-fornalha, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV é visto como uma alternativa tecnológica de melhoria para a produção do carvão vegetal sustentável, onde seu principal objetivo é diminuir as emissões de gases provenientes da carbonização da madeira, pela combustão destes na fornalha. Entretanto, para que pequenos e médios produtores de carvão vegetal possam utilizar desta alternativa, o sistema deve apresentar baixo custo de aquisição, rendimento satisfatório e boa durabilidade.

Deste modo, no sistema implantado no ICA-UFMG, utilizou-se na sua construção materiais isolantes para evitar, ou reduzir, as perdas de calor no sistema, com a finalidade de aumentar a eficiência de queima das fornalhas. Um dos principais foram os tijolos refratários e a argamassa refratária que, de acordo Cardoso (2010), possuem a vantagem de aumentar a durabilidade das fornalhas; e a manta cerâmica que, além da função de isolante térmica, ela auxilia na proteção dos tijolos e materiais de construção

da fornalha e chaminé, contribuindo assim na eficiência e durabilidade do sistema.

Após a construção do sistema, foi realizada uma camada de argamassa na parte externa dos fornos, ductos, fornalha e chaminé, com o intuito de reduzir possíveis entradas de ar, perdas térmicas e também aumentar a durabilidade do sistema. A todo o momento foi avaliado o estado dos fornos em relação a trincas e rachaduras; quando estas eram encontradas, um barrelamento era realizado.

Para o sistema implantado no ICA-UFG, foi considerado o tempo de 12 anos para as análises de viabilidade econômica, uma vez que, Oliveira et al. (2017) estimam um período de 02 a 6 anos de vida útil do sistema.

Visto que a manutenção dos revestimentos nos fornos é primordial para o êxito dos processos de carbonização, serão necessárias novas avaliações ao longo do tempo, de forma a acompanhar a durabilidade de todo o sistema fornos-fornalha.

8.2 Adequação e disponibilidade dos materiais utilizados

Todos os materiais utilizados para a instalação da unidade demonstrativa de produção sustentável de carvão vegetal no ICA-UFG, foram aqueles disponíveis e recomendados pelo Manual de Construção do Sistema Fornos-fornalha (MMA et al., 2019), onde especifica o tipo e qualidade dos materiais, bem como, sua finalidade e utilização. Além de disponibilizar as informações necessárias sobre a adequação da área e segurança dos operários durante o processo de construção.

A aquisição e adequação de todos os materiais necessários para a construção do sistema fornos-fornalha foram adquiridas pela empresa CLA Empreendimentos Florestais, responsável pela instalação da unidade demonstrativa, sendo que, estes foram de fácil aquisição na mesorregião. Dentre os materiais e ferramentas utilizadas, deve-se destacar a manta de revestimento da fornalha, a qual possui um custo relativamente alto, mas que pode vir a ser reduzido com a maior utilização da mesma por vários produtores de carvão vegetal da região.

Após a primeira carbonização no sistema fornos-fornalha, observou-se que os materiais utilizados na sua construção foram adequados e eficientes, completando assim o ciclo de carbonização da madeira, com a obtenção do carvão vegetal. Além de que, a fornalha apresentou eficiência na queima dos gases e redução da fumaça na praça de carbonização, pois, durante todas as fases foi possível permanecer no local e trabalhar em um ambiente pouco poluído.

Também, observou-se durante o evento “curso prático de operação do sistema fornos-fornalha” que aconteceu na UFMG entre 11 e 13/03/2020 que muitos participantes mostraram interesses na queima dos gases. Algumas questões foram levantadas e deverão ser o combustível para pesquisas futuras, tais como a adequação da fornalha em fornos do tipo rabo-quente; a mudança no layout do sistema visando alocar a fornalha em uma praça de carbonização pré-existente; a construção da fornalha em outras dimensões para atender mais fornos; etc.

8.3 Vedação e eficiência da fornalha do sistema

Durante o processo de carbonização da madeira há grandes emissões de gases potencialmente poluentes, especialmente em relação às emissões de monóxido de carbono e metano. Nesse sentido, o Projeto Siderurgia Sustentável, com a utilização do sistema fornos-fornalha, tem como objetivo diminuir as emissões de gases provenientes do processo de carbonização, pela combustão destes na fornalha, além de proporcionar um carvão vegetal de boa qualidade e alto rendimento gravimétrico.

Desta forma, durante todas as operações de carbonização da madeira no sistema fornos-fornalha do ICA-UFMG, houve o monitoramento da abertura e o fechamento da válvula borboleta da fornalha, mantendo assim o controle da sucção dos gases em cada fase. A câmara de combustão foi continuamente alimentada com resíduos, e ao final do processo, visando cessar as reações, todas as entradas de oxigênio dos tatus foram fechadas e o duto que liga forno-fornalha completamente vedado (Figura 10). Deu-se especial atenção para o correto fechamento das bordas da chapa metálica dos dutos para impedir a entrada de ar.



Figura 10. Vedação minuciosa para evitar a saída dos gases após finalização da carbonização da madeira e início da fase de resfriamento (A), duto que liga forno-fornalha completamente vedado (B).

Após o fechamento de todas as entradas de ar, bem como, a vedação completa da fornalha do sistema, pode-se analisar a inexistência de vazamentos na mesma, assim como a manutenção da temperatura no seu interior.

9. RELATÓRIO DA ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA FORNO-FORNALHA NA REGIÃO DE MONTES CLAROS- MG

Introdução

O Brasil é o maior produtor de carvão vegetal do mundo e ao longo dos anos sua produção está aumentando cada vez mais, do ano de 2017 para 2018 a produção aumentou cerca de 18,9% (IBGE,2018). Em 2018 o consumo desse produto no país atingiu 4,6 milhões de toneladas, um aumento de 2,5% comparando-se com o ano anterior (IBÁ, 2019).

Suas propriedades fazem com que esse material seja destinado para o uso em siderurgias, na cocção de alimentos, em termoeletricas, na indústria cimenteira, na purificação de água e bebidas, na indústria farmacêutica, para confecção de filtros de

gases, dentre outros (DIAS JUNIOR et al., 2015).

A maior produção do país se concentra no Estado de Minas Gerais, no ano de 2018 o Estado foi responsável por 84,1% da produção nacional (IBGE, 2018). Entretanto, a grande parte é realizada através de fornos considerados rudimentares, que não possuem nenhuma medida de redução da emissão de gases prejudiciais ao ambiente e a produção e a qualidade do carvão são consideradas baixas (OLIVEIRA, 2012).

Como uma alternativa para melhorar as condições de produção e para reduzir a emissão de gases, tem-se adotado o sistema forno-fornalha. Nesse caso, há combinação do forno construído em formato e condições adequadas acoplado a uma fornalha que faz a queima dos gases produzidos, liberando no ambiente apenas quantidades reduzidas de CO₂ e vapor de água (OLIVEIRA, 2012).

Apesar dos benefícios técnicos e ambientais adquiridos, um dos critérios que mais influenciam na escolha do melhor sistema de carbonização a ser utilizado é o retorno econômico que ele resultará ao produtor, ou seja, é necessário fazer uma análise econômica para estudar a viabilidade do projeto (DONATO et al.,2017).

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi fazer um levantamento de custos e receitas do sistema forno-fornalha e o sistema rabo quente a fim de analisar e comparar a viabilidade econômica e financeira desses sistemas.

Material e Métodos

Análise Econômica e Financeira

Para realização da análise considerou-se um horizonte de planejamento de 12 anos e uma taxa de juros de 9% ao ano. Os indicadores utilizados para verificação da viabilidade econômica foram o Valor Presente Líquido (VPL) e o Benefício Periódico Equivalente (BPE).

A montagem do fluxo de caixa e os cálculos foram realizados com o auxílio do Microsoft Excel®, versão 2010 a partir dos custos da Tabela 1 e Tabela 2 e as receitas foram calculadas de acordo com os dados da Tabela 3.

O Valor Presente líquido é em uma quantia em uma data zero de um fluxo de caixa, descontando-se a taxa de juros determinada pelo mercado (DOSSA,2000). Um projeto é viável quando o VPL é maior do que zero e quanto maior seu valor mais viável é o projeto. Ele pode ser calculado pela fórmula:

$$VPL = \sum_{j=i}^n \frac{R_j}{(i+1)^j} - \sum_{j=i}^n \frac{C_j}{(i+1)^j}$$

em que:

R_j = Receitas no período j;

C_j = Custos no período j;

j = período de ocorrência de R_j e C_j;

i = taxa de desconto;

n = duração do projeto (em anos).

O Benefício Periódico Equivalente pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$BPE = \frac{VPL[(1+i)^t - 1] \cdot (1+i)^{nt}}{(1+i)^{nt} - 1}$$

em que:

VPL = Valor Presente Líquido

i = taxa de desconto (mensal);

n = duração do projeto (em meses);

t = número de períodos de capitalização.

Projetos viáveis resultam em BPE positivo indicando que os benefícios periódicos são maiores do que os custos periódicos.

Para análise Financeira, calculou-se a lucratividade, este indicador mostra a eficiência operacional do negócio e é expresso como um valor percentual.

$$Lucratividade = \frac{Lucro Líquido}{Receita total} \times 100$$

Tabela 1- Custos de Construção, manutenção e operação do sistema forno-fornalha.

Descrição	Fase	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Tijolos cozidos (04 fornos, conexões e fornalha)	Construção	17.000	0,15	2.550,00
Manta cerâmica	Construção	5	40,00	200,00
Ferragens e cintas em geral para o fornos e fornalha	Construção	5	15,26	76,30
Parafusos e porcas	Construção	5	2,80	14,00
Barra de aço	Construção	5	4,00	20,00
Chapas de aço	Construção	4	60,00	240,00
Cantoneiras em "L"	Construção	4	10,00	40,00
Tubos em aço e Válvula borboleta	Construção	1	200,00	200,00
Poços metálicos	Construção	32	10,00	320,00
Chapéu chinês em aço	Construção	1	250,00	250,00

Colher de pedreiro	Construção manutenção	e 1	5,90	5,9
Enxada	Construção manutenção	e 1	25,00	25,00
Rastelo	Construção manutenção	e 1	20,00	20,00
Machado	Construção manutenção	e 1	110,00	110,00
Carrinho de mão	Construção manutenção	e 1	156,00	156,00
Pá	Construção manutenção	e 1	20,00	20,00
Lona de polietileno – cor preta (10m X 400m)	Construção cura dos fornos	e 1	410,00	410,00
Trena	Construção manutenção	e 1	19,80	19,80
Serrote	Construção manutenção	e 1	27,85	27,85
Facão	Construção manutenção	e 1	22,00	22,00
Carrinho de mão para transporte de madeira	Operação	1	180,00	180,00
Extensão elétrica de 50 m	Construção manutenção	e 1	130,00	130,00
Silicato	Construção manutenção	e 6	24,00	144,00
Motosserra	Construção manutenção	e 1	690,00	690,00
Luvas de borracha	Construção manutenção	e 6	6,50	39,00
Capacete	Construção manutenção	e 6	14,00	84,00
Máscara de segurança	Construção manutenção	e 6	4,20	25,20
Protetor auditivo	Construção manutenção	e 6	0,55	3,30
Botina bico de aço	Construção manutenção	e 6	41,90	251,40
Capa de chuva	Construção manutenção	e 3	22,90	68,70
Luva de térmicas	Construção manutenção	e 3	20,30	60,90
Luva vaqueta	Construção manutenção	e 6	16,80	100,80
Óculos de proteção	Construção manutenção	e 6	5,49	32,94
Mao de obra (pedreiro e ajudante)	Construção manutenção	e 4	155,00	620,00
Fornista	Operação	-	-	2.600,00*

*Esse valor inclui todos os encargos trabalhistas e esse trabalhador fará as operações de carregamento e descarregamento dos foros e carbonização.

Tabela 2- Custos de Construção manutenção e operação dos fornos “Rabo- quente”.

Descrição	Fase	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Tijolos cozidos (04 fornos)	Construção	10.000	0,15	1.500,00
Areia (m ³)	Construção	3	60,00	180,00
Colher de pedreiro	Construção	e 1	5,90	5,90

	manutenção				
Enxada	Construção	e	1	25,00	25,00
	manutenção				
Rastelo	Construção	e	1	20,00	20,00
	manutenção				
Martelo	Construção	e	1	16,00	16,00
	manutenção				
Balde 20 litros	Construção	e	2	21,00	42,00
	manutenção				
Carrinho de mão	Construção	e	1	156,00	156,00
	manutenção				
Nível de pedreiro	Construção		1	19,30	19,30
Mangueira Cristal para tirar nível	Construção		1	19,20	19,20
Pincel	Construção		1	5,60	5,60
Escada (2 m)	Construção	e	1	126,00	126,00
	manutenção				
Fio de Nylon	Construção		2	7,20	14,40
Picareta	Construção		1	56,00	56,00
Pá	Construção	e	1	20,00	20,00
	manutenção				
Lona de polietileno – cor preta (10m X 400m)	Construção	e	1	410,00	410,00
	cura dos fornos				
Trena	Construção	e	1	19,80	19,80
	manutenção				
Serrote	Construção	e	1	27,85	27,85
	manutenção				
Facão	Construção	e	01	22,00	22,00
	manutenção				
Carrinho de mão para transporte de madeira	Operação		1	180,00	180,00
Extensão elétrica de 50 m	Construção	e	1	130,00	130,00
	manutenção				
Silicato	Construção	e	6	24,00	144,00
	manutenção				
Motosserra	Construção	e	1	690,00	690,00
	manutenção				
Medidor de temperatura infravermelho	Operação		1	210,00	210,00
Luvas de borracha	Construção	e	12	6,50	39,00
	manutenção				
Capacete	Construção	e	6	14,00	84,00
	manutenção				
Máscara de segurança	Construção	e	6	4,20	25,20
	manutenção				
Protetor auditivo	Construção	e	12	0,55	3,30
	manutenção				
Botina bico de aço	Construção	e	6	41,90	251,40
	manutenção				
Capa de chuva	Construção	e	3	22,90	68,70
	manutenção				
Luva de térmicas	Construção	e	3	20,30	60,90
	manutenção				
Luva vaqueta	Construção	e	6	16,80	100,80
	manutenção				
Óculos de proteção	Construção	e	12	5,49	32,94
	manutenção				
Mao de obra (pedreiro e ajudante)	Construção	e	4	155,00	620,00
	manutenção				
Fornista	Operação	-	-	-	2.600,00*

*Esse valor inclui todos os encargos trabalhistas e esse trabalhador fará as operações de carregamento e descarregamento dos foros e carbonização.

Tabela 3- Variáveis de referência.

Parâmetros	Forno-Fornalha	Rabo Quente
Fornista	1	1
Vida útil (anos)	6	2
Dias para carbonização (queima + resfriamento)	8	6
RGCV (%)	29,5	25
Densidade da madeira (kg/m ³)	500	500
Consumo de lenha anual (m ³)	1.411	1.209
Produção anual de carvão (mdc)	1.040,76	756
Taxa de Juros	9% a.a	9% a.a
Preço da lenha (m ³)	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Preço do carvão vegetal (mdc)	R\$ 180,00	R\$ 180,00

Análise de sensibilidade

Para obter um intervalo de confiança dos resultados realizou-se a análise de sensibilidade do projeto. As variáveis escolhidas para testar seus efeitos diante de sua variação foram o preço da lenha e o preço do carvão, para isso realizou-se uma variação de 20% em relação aos seus preços.

Resultados e discussão

Os fluxos de caixa apresentados na Tabela 4 foram calculados de acordo com os valores de custos e receitas para produção de carvão nos sistemas avaliados. As duas tecnologias de conversão apresentaram saldos positivos e apesar de o sistema forno-fornalha apresentar maiores custos, ele acarreta saldo maior ao produtor, um total de R\$1.069.011,98.

Tabela 4- Fluxo de caixa da produção de carvão vegetal.

Forno-Fornalha			Rabo-quente			
Ano	Custos	Receitas	R-C	Custos	Receitas	R-C
0	R\$108.907,09	R\$187.336,80	R\$78.429,71	R\$96.975,29	R\$136.080,00	R\$39.104,71

1	R\$103.322,04	R\$187.336,80	R\$84.014,76	R\$93.278,44	R\$136.080,00	R\$42.801,56
2	R\$104.606,99	R\$187.336,80	R\$82.729,81	R\$96.975,29	R\$136.080,00	R\$39.104,71
3	R\$103.322,04	R\$187.336,80	R\$84.014,76	R\$93.278,44	R\$136.080,00	R\$42.801,56
4	R\$104.606,99	R\$187.336,80	R\$82.729,81	R\$96.975,29	R\$136.080,00	R\$39.104,71
5	R\$103.322,04	R\$187.336,80	R\$84.014,76	R\$93.278,44	R\$136.080,00	R\$42.801,56
6	R\$108.907,09	R\$187.336,80	R\$78.429,71	R\$96.975,29	R\$136.080,00	R\$39.104,71
7	R\$104.606,99	R\$187.336,80	R\$82.729,81	R\$93.278,44	R\$136.080,00	R\$42.801,56
8	R\$103.322,04	R\$187.336,80	R\$84.014,76	R\$96.975,29	R\$136.080,00	R\$39.104,71
9	R\$104.606,99	R\$187.336,80	R\$82.729,81	R\$93.278,44	R\$136.080,00	R\$42.801,56
10	R\$103.322,04	R\$187.336,80	R\$84.014,76	R\$96.975,29	R\$136.080,00	R\$39.104,71
11	R\$104.606,99	R\$187.336,80	R\$82.729,81	R\$93.278,44	R\$136.080,00	R\$42.801,56
12	R\$108.907,09	R\$187.336,80	R\$78.429,71	R\$96.975,29	R\$136.080,00	R\$39.104,71
Total	R\$1.366.366,42	R\$2.435.378,40	R\$1.069.011,98	R\$1.238.497,67	R\$1.769.040,00	R\$530.542,33

Observa-se que nos anos 0, 6 e 12 os custos do sistema forno-fornalha são maiores, nesses anos estão inclusos os custos de construção do sistema que tem uma duração máxima de 6 anos. Os maiores custos do sistema rabo-quente ocorrem a cada dois anos, visto que sua reforma deve ocorrer após esse intervalo de tempo. Nos outros anos foram considerados os custos de manutenção e operação dos fornos e os custos com a compra de lenha.

Na Tabela 5 é possível visualizar os resultados do Valor Presente Líquido (VPL), Benefício periódico equivalente (BPE) e a Lucratividade dos dois sistemas analisados. Para as duas formas de conversão de energia o VPL foi positivo, mostrando a viabilidade dos dois projetos. Entretanto, o sistema forno-fornalha apresentou o resultado para esse indicador duas vezes maior do que o sistema Rabo-quente.

Os dois projetos apresentam BPE positivo, ou seja, seus benefícios periódicos são maiores do que os custos periódicos. Entretanto, o resultado para o sistema forno-fornalha foi maior.

A lucratividade do sistema forno-fornalha foi de 43,90 ao ano, ou seja, para cada R\$100,00 de carvão comercializado, o produtor terá um lucro de R\$43,90. Já a lucratividade dos fornos Rabo-quente foi de 30 ao ano resultando em um lucro menor ao produtor.

Tabela 5- Indicadores econômicos e financeiros para a produção de carvão vegetal.

Indicadores	Forno-fornalha	Rabo-quente
VPL	R\$ 670.955,69	R\$ 332.928,83
BPE	R\$ 93.699,40	R\$ 46.493,73
Lucratividade (%)	43,90	30

A análise de sensibilidade mostrou que se o preço da lenha aumentar para R\$60,00 o VPL é de R\$ 556.393,17 e o BPE é de R\$ 77.700,67 e apesar de os valores serem inferiores, eles ainda são positivos e o projeto do sistema forno-fornalha continua viável. Se o preço do carvão reduzir para R\$144,00 os dois indicadores permanecem positivos, com VPL resultando em R\$ 365.780,17 e BPE em R\$ 51.081,44.

Conclusão

Através dos dados apresentados pode-se concluir que nas condições avaliadas os dois sistemas propostos são economicamente viáveis, entretanto, o sistema forno-fornalha é capaz de gerar mais lucros ao produtor.

Referências

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O. E.; MILAN, M. **Quality Function Deployment (QFD) in the Evaluation of Charcoal Quality Used for Food Cooking.** Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 22, n. 2, p. 262-270, 2015.

DONATO, D.B. et al. **Viabilidade econômica de diferentes sistemas de produção de carvão vegetal em escala industrial.** Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), v.8, n. 3p. 143-149, 2017.

DOSSA, D. **A decisão econômica num sistema agroflorestal.** Colombo: Embrapa Floresta, 2000. 24p. Circular Técnica, 39.

IBÁ- Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2019 ano base 2018**, Brasília, 2019, p. 1-80 ,2019. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em:04/04/2020

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 33, p. 1-8, 2018. Disponível em

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf>. Acesso em: 04/04/ 2020.

OLIVEIRA, Aylson Costa Oliveira. Sistema Forno-Fornalha para produção de carvão vegetal. 2012. Dissertação (Pós-graduação em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. 2012.

10. CURSO PRÁTICO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA

A terceira atividade de extensão e capacitação realizada pela Equipe Técnica do Projeto Siderurgia Sustentável BRA/14/G31 foi o Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha (Figura 11), que ocorreu nos dias 11, 12 e 13 de março de 2020 no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, em Montes Claros – MG e foi ministrado pela equipe técnica da Universidade Federal de Viçosa – UFV, por Humberto Fauller e Sálvio Teixeira Rodrigues.

CONVITE
Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha

A Equipe Técnica do Projeto Siderurgia Sustentável BRA/14/G31, gostaria de convidá-lo para participar do Curso Prático de Operação do Sistema Fornos-fornalha em parceria com o Senar e Emater e a Universidade Federal de Viçosa. O Projeto Siderurgia Sustentável tem fomentado a mobilização e a parceria entre setores público, privado e academia com o objetivo de promover a adoção de tecnologias mais eficientes de conversão de carvão vegetal pela indústria de ferro-gusa, aço e ferroligas a partir de pilotos em pequena escala e também da demonstração bem-sucedida de instalações avançadas de produção comercial.

Público alvo: Docentes, discentes e técnicos do ICA/UFMG; e produtores e fornecedores da mesorregião norte de Minas Gerais.
Local: Laboratório de Serraria, Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, Av. Universitária, nº 1000, bairro Universitário / Montes Claros, MG.
Data: 11, 12 e 13 de março de 2020.
Horário: 8h

Programação

Horário	Conteúdo	Instrutor
Dia 11 de Março		
08:00	Boas-vindas aos participantes: Apresentação do Projeto Siderurgia Sustentável e do sistema fornos-fornalha	Profª Edy, Prof Talita e Humberto
9:00	Propriedades da madeira para produção de carvão vegetal	Humberto
10:00	Coffee Break	
10:30	Secagem da madeira para produção de carvão vegetal:	Humberto
12:00	Almoço	
13:30	Técnicas de carregamento do forno para produção de carvão vegetal	Sálvio e Humberto
15:30	Coffee Break	
16:00	Fechamento de porta e ignição dos Fornos	Sálvio e Humberto
Dia 12 de Março		
08:00	Teoria da carbonização: Curvas de temperatura	Humberto e Sálvio
09:30	Coffee Break	
10:00	Carbonização controlada por pirometria:	Humberto
12:00	Almoço	
14:00	Teoria da queima de gases da carbonização da madeira; Deliberação Normativa 227	Humberto
15:30	Coffee Break	
16:00	Continuação: Carbonização da madeira e controle do forno por pirometria: Ciclo de carbonização	Sálvio e Humberto
Dia 13 de Março		
08:00	Construção do sistema fornos-fornalha: condução da carbonização da madeira no Sistema fornos-fornalha	Humberto e Sálvio
10:00	Coffee break	
10:30	Resfriamento de fornos de alvenaria e Qualidade do carvão vegetal	Humberto
12:00	Almoço	
14:00	Fechamento e vedação do forno de carbonização.	Humberto e Sálvio
15:30	Coffee break	
16:00	Encerramento	Profª Edy e Profª Talita

*Programação sujeita a alteração de acordo com a dinâmica do curso

Figura 11. Convite e programação do Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha oferecido pela Equipe Técnica do Projeto Siderurgia Sustentável.

O curso teve como objetivo demonstrar e treinar os interessados sobre as principais operações realizadas no sistema fornos-fornalha, principalmente relacionadas com os controles de temperatura e as etapas da carbonização. Além de abordar a

importância da fornalha para a queima dos gases, contribuindo assim para a sustentabilidade e rentabilidade da produção de carvão vegetal.

Desta forma, o curso de operação do sistema fornos-fornalha dividiu-se entre teórico e prático. No primeiro dia houve a abertura com a apresentação do Projeto Siderurgia Sustentável e do sistema fornos-fornalha; abordagem sobre a secagem da madeira e suas propriedades tecnológicas; as técnicas de carregamento do forno para produção de carvão vegetal; e a ignição de um dos fornos (Figura 12).



Figura 12. Primeiro dia do Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha do projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável.

No segundo dia houve apresentação sobre a teoria da carbonização; curvas de temperatura; carbonização controlada por pirometria; teoria da queima de gases da carbonização da madeira; Deliberação Normativa 227; e o ciclo de carbonização da madeira e controle do forno por pirometria (Figura 13).



Figura 13. Segundo dia do Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha do projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável.

No terceiro dia houve a abordagem sobre Construção do sistema fornos-fornalha; condução da carbonização da madeira no sistema fornos-fornalha; resfriamento de fornos de alvenaria e qualidade do carvão vegetal; fechamento e vedação do forno de carbonização e encerramento do curso (Figura 14).



Figura 14. Terceiro dia do Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha do projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável.

O curso contou com 30 participantes (Figura 15), sendo estes, discentes e técnicos do ICA/UFMG; Engenheiros e Consultores Florestais; e produtores e forneiros da mesorregião norte de Minas Gerais. Ao final, todos os participantes responderam uma ficha de avaliação referente ao curso (Figura 16).

Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha					
Dia 11 de março					
	Nome	CPF/RG	Profissão	Matricula	Assinatura
1	Alfredo Afonso Sales	MG-19.056.279	Empreiteiro	-	Alfredo Afonso Sales
2	Ana Carolina Pereira Ruas	131.897.826-28	Estudante - ICA/UFMG	2013031321	Ana Carolina P. Ruas
3	Ana Paula de Melo Rocha	137.002.556-40	Estudante - ICA/UFMG	2016106055	Ana Paula de Melo Rocha
4	Antonio Cezar Da Cruz		Engenheiro Florestal	-	
5	Apolo Soares Correia	116.511.906-40	Engenheiro Florestal	-	Apolo Soares Correia
6	Ariane da Silva Nogueira	428.259.078-55	Estudante - ICA/UFMG	2017098323	Ariane da Silva Nogueira
7	Bianca Soares Andrade Gomes	022.717.466-63	Estudante - ICA/UFMG	2017098331	
8	Breno Rafael Batista Silva	132.609.066-65	Estudante - ICA/UFMG	2018072620	Breno Rafael Batista Silva
9	Bruno Dias Semensato	116.077.016-69	Estudante - ICA/UFMG	2016027724	Bruno Dias Semensato
10	Camila Najla Aguiar e Silva	135.715.746-05	Estudante - ICA/UFMG	2017098340	Camila Najla Aguiar e Silva
11	Celso Marcelo Oliveira	048.306.396-79	Encarregado de operações florestais	-	Celso Marcelo Oliveira
12	Clécio Vinicius de Oliveira	045.182.866-69	Engenheiro Ambiental e Civil	-	Clécio Vinicius de Oliveira
13	Daiara Almeida Albuquerque	050.659.596-09	Engenheiro Florestal	-	
14	Débora Jéssica Xavier Gouvea	110.407.446-05	Engenheira Florestal	-	Débora Jéssica Xavier Gouvea
15	Emanuelly Ap. Amaral dos Santos	142.914.166-28	Estudante - ICA/UFMG	2017027680	Emanuelly Ap. Amaral dos Santos
16	Evandro Pereira Da Silva	172.465.028-90	Engenheiro Florestal	-	
17	Everson de Souza Silva	726.151.766-68	Técnico de laboratório	-	
18	Fabriciane Pereira Oliveira	104.216.816-40	Engenheira Florestal	-	
19	Frederico Machado Guerra	MG-8628267	Empresário	-	
20	Helder Erval Ferreira Santos	016.460.146-50	Engenheiro Ambiental	-	Helder Erval F. Santos
21	Ívina Damiano Rosa	132.590.176-82	Estudante - ICA/UFMG	2017098390	Ívina Damiano Rosa
22	João Adrieli Costa	113.012.626-92	Técnico Agrícola	-	João Adrieli Costa
23	Lin Araujo Ribeiro	132.434.856-90	Estudante - ICA/UFMG	2019028438	
24	Lucas Verciane Oliveira	139.931.366-59	Estudante - ICA/UFMG	2017104242	Lucas Verciane Oliveira Almeida
25	Marcus Vinicius Lima Cordeiro	121.260.926-31	Estudante - ICA/UFMG	2015065681	
26	Maria Eduarda Rodrigues	137.080.806-29	Estudante - ICA/UFMG	2017074726	
27	Maria Fernanda Vieira Fonseca	102.003.326-60	Estudante - ICA/UFMG	2017098447	Maria Fernanda Vieira Fonseca
28	Maria Rita Ramos Magalhães	137.608.026-56	Estudante - ICA/UFMG	2017074742	Maria Rita Ramos Magalhães
29	Mayra Souza Costa	118.300.096-05	Estudante - ICA/UFMG	2016086429	
30	Mércio Alves Rocha	091.021.996-61	Estudante - ICA/UFMG	2017027418	
31	Moreno Aguilan Xavier	093.983.276-35	Mestrando - ICA/UFMG	2019704069	Moreno Aguilan Xavier
32	Nadine Luíza Aquino Costa	139.495.186-81	Estudante - ICA/UFMG	2017098455	
33	Naila Thaiane Rodrigues Leão	134.049.426-47	Estudante - ICA/UFMG	2017027698	Naila Thaiane Rodrigues Leão
34	Nathália Sales Maia Rabelo	MG-15.439.098	Empresária	-	Nathália Sales Maia Rabelo
35	Nicole Vieira Jorge	130.207.296-02	Estudante - ICA/UFMG	2019028543	Nicole Vieira Jorge
36	Patricia Leonidia dos Santos	147.381.926-12	Estudante - ICA/UFMG	2017089278	
37	Patrick da Cruz Silva	036.862.162-64	Estudante - ICA/UFMG	2019028551	Patrick da Cruz Silva
38	Ramon Diego Lima Paiva	083.323.916-36	Estudante - ICA/UFMG	2017089286	Ramon Diego Lima Paiva
39	Roberto Antonio Barbosa	092.410.546-11	Estudante - ICA/UFMG	2019431801	Roberto Antonio Barbosa
40	Rodrigo Magalhães Nunes	090.260.036-25	Estudante - ICA/UFMG	2017027361	Rodrigo Magalhães Nunes
41	Silvia Tereza Alves Evaristo	148.084.926-01	Estudante - ICA/UFMG	2019070345	Silvia Tereza Alves Evaristo
42	Tayna Ribeiro de Brito	156.034.676-06	Estudante - ICA/UFMG	2018093350	Tayna Ribeiro de Brito
43	Valdomiro da Cruz Moreira	367.524.446-68	Operador de máquinas	-	Valdomiro da Cruz Moreira
44	Vaniele Bento dos Santos	062.442.025-62	Mestranda - ICA/UFMG	2019725600	Vaniele Bento dos Santos
45	Produção				
46	AUGUSTO VALENÇA	31.987.13252	CONSULTOR - BIONTEC	-	Augusto Valença
47	João Francisco da Silva Filho	136.992.026055	Estudante - BIONTEC	-	João Francisco da Silva Filho
48	Maria Jéssica Mendes Soares	138.939.428701	Estudante - ICA/UFMG	2019084613	Maria Jéssica Mendes Soares
49	Thonathan Robile Aguiar Borat	131.886.356.21	Estudante - ICA/UFMG	2019.028.204	Thonathan Robile A.B.
50	Brielly Gonçalves Miranda	120.317.400.26	Estudante - ICA/UFMG	2019.028.204	Brielly Gonçalves Miranda

Figura 15. Lista de participantes do curso prático de operação do sistema fornos-fornalha.

FICHA DE AVALIAÇÃO REFERENTE AO CURSO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA FORNO-FORNALHA.

Nome: *Ana Paula de Melo Rocha*

Cidade: *Montes Claros / Taboas (MG)*

Telefone para contato: *(38) 999573714*

E-mail: *anapaulamelo2798@gmail.com*

Período 11/3 a 13/3/20		Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Avenida Universitária, 1.000, Universitário, CEP: 39404-547, Montes Claros, MG.		
Itens	Questões	Respostas		
		Sim	Parcial	Não
1	A programação estabelecida foi desenvolvida como planejado e anunciado?	X		
2	A carga horária foi bem distribuída durante as realizações das atividades durante o dia?		X	
3	As instalações e recursos foram adequados à aprendizagem durante o dia?	X		
4	O material didático foi satisfatório para entendimento do tema proposto?	X		
5	Você diria que seu aproveitamento nos dias de treinamento foi satisfatório?	X		
6	Consegui entender e absorver sobre a importância de se avaliar as características qualitativas da madeira, como: da umidade, da avaliação do tempo de secagem, da presença de resíduos nas toras de madeira, da organização diamétrica, dentre outros. Tudo isto, pensando na obtenção do carvão vegetal de alta qualidade?	X		
7	Possui dúvidas referente aos testes de qualidade da madeira como matéria prima do carvão vegetal, a fim de obter um carvão de alta qualidade?		X	
8	Compreendeu sobre importância da organização das toras de madeira dentro dos fornos, e da sua relação diamétrica para origem do carvão vegetal, bem como o modo correto de realizar tais operações dentro dos fornos?	X		
9	Sabe de fato o que se refere uma produção sustentável de carvão vegetal, e a influência que tem no mercado consumidor, bem como o impacto ambiental?	X		
10	Compreendeu todas as etapas de funcionamento e produção pelo sistema forno-fornalha?	X		
11	Possui dúvidas referente a como operar e produzir com sustentabilidade o carvão vegetal no sistema forno-fornalha?			X

12	Tem conhecimento sobre as faixas de temperaturas a serem avaliadas, bem como, suas relações com o tipo de material carbonizado, umidade, diâmetro, que virá a interferir no tempo de carbonização adotado?		X	
13	Compreendeu sobre a metodologia correta referente ao controle da temperatura de acordo com o exigido em cada fase da carbonização para o sistema forno-fornalha?	X		
14	Aprendeu sobre todos os cuidados a serem adotados durante a operação da fornalha, considerada o motor da carbonização?	X		
15	Recomendaria nossos eventos para amigos, colaboradores e dinamizadores das tecnologias de carvão vegetal?	X		
16	Teve a oportunidade de fazer perguntas durante o curso?	X		
17	Tinha conhecimento da instituição UFMG?	X		
18	Existe probabilidade de participar em novos eventos ministrados pela UFMG, e demais instituições associadas?	X		

1) Como classificaria seu nível de satisfação com o curso de operação do sistema fornos-fornalha?

1 - Muito satisfeito; (X)
 2 - Satisfeito; ()
 3 - Neutro; ()
 4 - Insatisfeito; ()
 5 - Muito insatisfeito; ()

2) Quão difícil foi entender a linguagem ou os termos usados pelos apresentadores e demais equipe organizadora durante o curso oferecido e os dias de treinamentos?

() Muito fácil
 (X) Moderadamente fácil
 () Nem fácil nem difícil
 () Moderadamente difícil
 () Muito difícil

3) Do que você mais gostou no curso (Opcional)?
A oportunidade de conhecer o sistema sendo operado, o material (livros) que são bastante explicativos, e a participação de empresários do ramo e operadores.

4) Do que você menos gostou no curso (Opcional)?

OBRIGADO PELA PRESENÇA!

Figura 16. Ficha de avaliação respondida pelos participantes do curso prático de operação do sistema fornos-fornalha.

O site do Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFMG publicou uma matéria (Figura 17) sobre o curso prático de operação do sistema fornos-fornalha, demonstrando assim a importância e mobilização do presente projeto entre setores público, privado e academia, como objetivo de promover a adoção de tecnologias mais eficiente e sustentável para a produção de carvão vegetal.

Curso, realizado na última semana pelo ICA, propõe alternativa sustentável para produção de carvão vegetal

O Sistema, desenvolvido pela UFV, foi implantado em dezembro no ICA, primeira instituição do Norte de Minas a receber a tecnologia e promover a difusão de conhecimentos na região



Durante o curso, os participantes aprenderam sobre a operação do sistema. Foto: Amanda Leles/UFMG

Na última semana, o Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFMG promoveu o curso prático de operação do sistema fornos-fornalha. Cerca de 40 pessoas participaram da atividade, realizada entre 11 e 13 de março, entre estudantes, produtores rurais e representantes da iniciativa privada.

Este foi o primeiro curso realizado pelo projeto e há a previsão de oferta de uma nova turma nos próximos meses. A professora do ICA, Talita Baldin, explica que o Sistema se configura como uma alternativa viável financeiramente para implantação pelos produtores de carvão. "A UFMG está como intermediária para difusão desta tecnologia, desenvolvida pela UFV, na região Norte do Estado. A legislação vigente exige que todo produtor de carvão realize a queima de forma sustentável e apresente o relatório de emissão de gases. Essa é uma tecnologia viável inclusive para o pequeno produtor", comentou Talita.

O curso foi realizado em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater). A iniciativa é vinculada ao Projeto Siderurgia Sustentável, que visa a mobilização e a parceria entre setores público, privado e academia com o objetivo de promover a adoção de tecnologias mais eficientes de conversão de carvão vegetal.

Humberto Fauller Siqueira, consultor técnico do projeto e representante da UFV, destaca que o sistema propõe oferecer sustentabilidade econômica, ambiental e social e está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Conforme explicou Humberto, esta tecnologia de queima de carvão vegetal promove a diminuição da fumaça, contribuindo para a melhoria das condições de trabalho, apresenta ganhos em rendimento e reduz as emissões de gases de efeito estufa.



Cerca de 40 pessoas participaram do curso, que teve três dias de duração. Foto: Amanda Leles/UFMG

De acordo com a professora da UFMG, esta é uma oportunidade de compartilhamento do conhecimento científico produzido nas instituições públicas de ensino com a população. A popularização da ciência, neste caso, pode trazer benefícios sociais e econômicos à região em que o campus se insere. "Temos na Universidade o propósito de levar nossas pesquisas para o público externo. Além de ter a participação dos nossos alunos que serão os difusores dessa tecnologia no futuro, abrimos as portas da Universidade para a população. É uma oportunidade de sermos vistos como fonte de conversa, fonte de informação", reforçou a professora.

Peter Althoff foi um dos participantes do curso. Peter atua como consultor, orientando os produtores sobre a produção de carvão vegetal. "Achei a tecnologia um avanço, principalmente com essa proposta de queima dos gases. Ano após ano, quem produz carvão vegetal vem sofrendo uma pressão para que possa ter um sistema ambientalmente mais sustentável. O que eles trazem é uma solução para isso, tem um viés importante pro pequeno produtor", comentou Peter.

Rodrigo Magalhães é estudante do 7º período de Engenharia Florestal no ICA e também participou do curso. "É um conhecimento técnico disponível que a gente consegue aplicar, agrega muito principalmente na nossa região que tem prática nesse setor de produção de carvão", contou.

Por meio do projeto Siderurgia Sustentável, outras iniciativas estão em andamento. Entre elas, a implantação da tecnologia em outras regiões do estado. Augusto Valencia, que também participou do curso, comentou sobre a proposta. "Esse projeto é efetivo em termos de multiplicação dessa tecnologia para os pequenos produtores. Pretendemos implantar o sistema para pequenos produtores para comparar com o sistema usado tradicionalmente dentro das três vertentes, social, ambiental e econômica", disse.

O Projeto Siderurgia Sustentável conta com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente e é implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com coordenação técnica do Ministério do Meio Ambiente, executado em conjunto com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o Governo de Minas Gerais.

Figura 17. Matéria publicada no site do ICA/UFMG sobre o curso prático de operação do sistema fornos-fornalha do projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável.

Fonte: <https://www.ica.ufmg.br/?noticias=ica-promove-curso-sobre-sistema-de-fornos-fornalha-para-producao-sustentavel-de-carvao-vegetal>

O dia de campo referente à abertura dos fornos e demonstração da qualidade e armazenamento do carvão vegetal será descrito no produto 07, juntamente com os resultados das análises das propriedades e qualidade da matéria-prima e do carvão vegetal produzido.

11. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6922**: Carvão vegetal: Ensaio físicos - determinação da massa específica (densidade a granel). Rio de Janeiro, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 8633**: Carvão vegetal: Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 8112**: Carvão vegetal - Análise imediata. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 11941**: Madeira: Determinação da densidade básica da madeira. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 14929**: Madeira: Determinação da umidade da madeira. Rio de Janeiro, 2003.

BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B. Processo nítrico-acético para maceração de madeira. **Silvicultura**, São Paulo, 1983.

CARDOSO, M. T. **Desempenho de um sistema de forno-fornalha para combustão de gases na carbonização da madeira**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, et al. **Produção Sustentável de carvão vegetal: manual de operação de sistema fornos-fornalha**. Brasília, DF, MMA, 2019.

OLIVEIRA, L. H.; BARBOSA, P. V. G.; LIMA, P. A. F.; YAMAJI, F. M.; SETTE JÚNIOR, C. R. Aproveitamento de resíduos madeireiros de Pinus sp. com diferentes granulometrias para a produção de briquetes. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 3, p. 683-691, set. 2017.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI – T 204 cm-97**: Solvent extractives of wood and pulp: Standards Regulations and Style Guidelines. Atlanta: TAPPI Press, 1997a.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI – T 211 om-93**: Ash in Wood, Pulp, Paper and Paperboard: Combustion at 525°C. Atlanta: TAPPI Press, 1997b.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI – T 222om-98**: Acid Insoluble Lignin in Wood and Pulp. Atlanta: TAPPI Press, 1997c.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI – T 264om-88**: Preparation of Wood for Chemical Analysis. Atlanta: TAPPI Press, 1997d.