

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO

Projeto: BRA/14/G31 - Produção sustentável de carvão à base de biomassa para a indústria siderúrgica no Brasil.

JOF 2832

**PRODUTO 01**

Licitante: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG – ICA/UFMG

Montes Claros, 10/2021

## PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO

Projeto: BRA/14/G31 - Produção sustentável de carvão à base de biomassa para a indústria siderúrgica no Brasil.  
JOF 2832

### PRODUTO 01

Licitante: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG – ICA/UFMG

#### Equipe Técnica



Professor Edy Eime Pereira Baraúna



Professor Fernando Colen



Professora Talita Baldin

Montes Claros, 10/21

## Sumário

<b>RESUMO</b> .....	3
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	5
2.1 Geral.....	5
2.2 Específicos.....	5
<b>3. DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA</b> .....	6
3.1 Plano de trabalho e cronograma .....	6
3.2 Plano de Trabalho da Capacitação.....	6
3.3 Região de implementação do projeto .....	8
3.3.1 Localização geográfica .....	8
3.3.2 Construção do sistema fornos-fornalha.....	9
3.3.3 Ciclos de Carbonização da madeira realizados na Unidade Produtiva .....	11
3.4 Resultados da linha de base dos coprodutos já recuperados .....	13
3.5 Ganhos sociais, econômicos e ambientais com a implementação das referidas tecnologias.....	15
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	19
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	19

## **RESUMO**

Atualmente o ICA-UFMG conta com o sistema de fornos-fornalha para produção de carvão vegetal, o qual traz inúmeros benefícios ao queimar os gases provenientes da pirólise da madeira, como aumento no rendimento gravimétrico e um ambiente salubre de trabalho. Contudo, os gases neste sistema não são recuperados e a fração de finos ainda é tratada como rejeito. O produto 01 trata sobre a organização e planejamento de todas as etapas para instalação de um sistema de condensação dos gases da carbonização da madeira nos fornos-fornalha, das atividades de produção de pellets de finos de carvão vegetal, além do planejamento de todas as ações que serão executadas durante a vigência do projeto JOF 2832.

### **1. INTRODUÇÃO**

Minas Gerais, além de possuir a maior área de florestas plantadas, é também o maior produtor e consumidor de carvão vegetal do Brasil. Em um período de dez anos a produção no Estado subiu, respectivamente, de 2,9 para 4,2 milhões de toneladas, com 70 a 80% de participação em relação à produção nos demais estados do Brasil (IBGE, 2017). A região norte de Minas Gerais conta com uma elevada produção de carvão vegetal. De acordo com dados levantados pelo IBGE, em 2019 foram produzidas cerca de 6.204 toneladas, das quais 916 toneladas de carvão vegetal foram provenientes da região Norte do Estado.

Para fornecer um carvão vegetal de qualidade, e acima de tudo sustentável, é necessário que os produtores se atentem a utilização de madeira proveniente de florestas plantadas, adotem tecnologias de carbonização para aumento da produtividade, realizem a recuperação dos coprodutos gerados durante o processo, com o aproveitamento dos gases prejudiciais ao ambiente e os utilizem para geração de energia ou nos coprodutos, aliado ao comprometimento eficaz com as questões sociais e trabalhistas.

Infelizmente a produção de carvão vegetal ainda é atrelada à conjuntura tecnológica

de processos produtivos primitivos e com baixo controle operacional, que promovem a baixa eficiência energética aliada ao lançamento de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (TACCINI, 2010). Do ponto de vista socioambiental, equipamentos simples como uma fornalha de queima de gases acoplada aos fornos de alvenaria, somada ao monitoramento da temperatura por pirometria, podem contribuir significativamente em melhorias no desempenho do processo, aumento no rendimento gravimétrico, redução na emissão de gases prejudiciais ao ambiente e ao ser humano (CARDOSO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013).

O balanço de massa da pirólise da madeira fornece, além de carvão vegetal (30%) cerca de 70% em coprodutos, dos quais em média, 40% são gases condensáveis (bio-óleo ou licor pirolenhoso) e 30% não condensáveis ou GEE, como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>n</sub> (ROY e DIAS, 2017). Parte dos gases da carbonização podem ser destinados à geração de energia (CARNEIRO e OLIVEIRA, 2013; PEREIRA, 2017; SIQUEIRA, 2021) ou na condensação em licor pirolenhoso para aplicações na agricultura, indústria farmacêutica e alimentícia (ALMEIDA, 2012; MENEGALE, 2013; SCHNITZER et al., 2015; MOREIRA, 2018) e os finos resultante da separação das frações de carvão vegetal podem ser injetados nas ventaneiras dos altos fornos ou ser transformados em produtos energéticos como briquetes e pellets (MARTINS et al., 2016; CAMARGO, 2019; DIAS JÚNIOR et al., 2020; BERNARDINI et al., 2020).

Desta forma, testar e difundir tecnologias de aproveitamento de coprodutos da carbonização para as condições do Norte de Minas Gerais, onde a produção de carvão vegetal tem crescido nos últimos anos, é primordial. A implementação de um aparato responsável pela condensação dos gases da carbonização em um sistema fornos-fornalha, aliada à produção de pellets com finos de carvão vegetal são atividades que merecem planejamento e organização, objetivo principal do presente relatório.

## **2. OBJETIVOS**

### 2.1 Geral

O objetivo geral do Produto 01 é a organização e planejamento de todas as etapas para instalação de um sistema de condensação dos gases da carbonização da madeira em um sistema fornos-fornalha, das atividades de produção de pellets de finos de carvão vegetal, além do planejamento de todas as atividades que serão executadas durante a vigência de todo o projeto.

### 2.2 Específicos

- Atualizar o plano de trabalho e o cronograma, com a programação das construções, registro das aquisições se houver, pagamentos a serem efetuados e cronograma atualizado;
- Registrar por meio de imagens o local antes da intervenção do projeto e das tecnologias que serão utilizadas;
- Apresentar os resultados da linha de base dos coprodutos já recuperados, ressaltando os principais pontos sociais, econômicos e ambientais que serão aprimorados com a implementação das referidas tecnologias.

### 3. DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

#### 3.1 Plano de trabalho e cronograma

Atividades	Meses		
	outubro	novembro	dezembro
Relatório descritivo, caracterizando o perfil da região, da produção e da tecnologia proposta <b>(Produto 01)</b>	X		
Realização de aquisições e obtenção de matéria-prima	X		
Construção do sistema de recuperação de coprodutos	X		
Construção, instalação e operação do sistema de recuperação de coprodutos	X	X	
Operação do sistema de recuperação de coprodutos		X	
Capacitação		X	
Pagamento de materiais de consumo, serviço de terceiros pessoa jurídica e demais necessidades do projeto	X	X	X
Relatório de instalação e operação <b>(Produto 02)</b>			X
Validação da operação do sistema fornos-fornalhas com e sem aproveitamento dos coprodutos.			X
Relatório dos resultados alcançados <b>( Produto 03 )</b>			X
Realização de pesquisas e confecção de artigos sobre o projeto			X

#### 3.2 Plano de Trabalho da Capacitação

Será organizado e ministrado um treinamento/capacitação no formato online para o seguinte público-alvo: produtores rurais e/ou prestadores de serviços (mestre de obras e pedreiros, por exemplo) e/ou extensionistas/multiplicadores e/ou estudantes da área, dentre outros interessados. A princípio o treinamento/capacitação terá a seguinte programação:

Treinamento / Capacitação	Conteúdo mínimo	Carga horária mínima
Construção/ instalação e operação do sistema de recuperação de coprodutos	<p><b>Aspectos Teóricos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiais necessários para a construção/instalação do sistema de recuperação no forno escolhido;</li> <li>- Como construir/installar o sistema de recuperação no forno escolhido;</li> <li>- Custos;</li> <li>- Comparativo técnico-financeiro do sistema instalado (análise técnico-econômica do sistema de recuperação versus sem o sistema);</li> <li>- Potencial de mercado;</li> <li>- Propriedades e índices de qualidade de madeira que afetam o rendimento e a qualidade do coproduto;</li> <li>- Atendimento a DN 227.</li> </ul>	<p>8 horas  (1 dia)</p>
	<p><b>Aspectos Práticos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construção/instalação do sistema de recuperação de coprodutos no forno escolhido;</li> <li>- Como coletar o insumo adequadamente;</li> <li>- Controle do forno por pirometria para recuperar o coproduto;</li> <li>- Funcionamento do sistema como um todo;</li> <li>- Utilização do coproduto.</li> </ul>	

O material didático a ser utilizado durante o treinamento/capacitação será fornecido aos participantes no formato digital. Será realizado um relatório do treinamento/capacitação ministrado, com data, hora, local, tema e relato das atividades executadas, com lista de presença (anexadas ao Produto 02) e identificação de gênero (identificação obrigatória). Será solicitado a cada participante o preenchimento de um formulário (anexado ao Produto 2) de avaliação a ser respondido por meio de uma plataforma digital/formulário online de treinamento/capacitação.

### **3.3 Região de implementação do projeto**

#### **3.3.1 Localização geográfica**

A área selecionada para implantação conta com um total de aproximadamente 5000 m<sup>2</sup>, e está alocada próximo aos Laboratórios do Curso de Engenharia Florestal, especificamente, na produção de energia (16º 41' S e 43º 50' W). O Instituto de Ciências Agrárias está localizado na área urbana do município de Montes Claros, então existem alguns bairros residenciais próximos da área onde o projeto será realizado, como ilustra a Figura 1.



Figura 1. Área em que os fornos foram implantados.  
(Fonte: Google Earth, 2021).

### 3.3.2 Construção do sistema fornos-fornalha

A instalação da unidade demonstrativa de produção sustentável de carvão vegetal, ocorreu no período de 16 a 21 de dezembro de 2019 pela empresa CLA Empreendimentos Florestais e Equipe Técnica da UFV, formada por Sálvio Teixeira Rodrigues, Humberto Fauller de Siqueira e Artur Queiroz Lana (Figura 2). Foram construídos 4 fornos circulares de superfície com diâmetro de 3 m, interligados a uma fornalha central. O sistema tem capacidade de produção anual de até 1.040,76 mdc de carvão a partir de um ciclo de 144 carbonizações anuais.

Além dos fornos, a área conta com galpão de apoio aos trabalhadores, pesquisadores e participantes de atividades de capacitação. A estrutura dispõe de local abrigado do sol e da chuva (sala, com porta e tranca para armazenamento de material e equipamentos necessários à operação do sistema fornos-fornalha); banheiro completo com sanitário e chuveiro; pia para lavagem de louça; mesas e cadeiras para refeições, reuniões

e descanso; sistema de esgotamento e tratamento de resíduos gerados.

Todas as atividades realizadas nas diferentes etapas da instalação foram acompanhadas pela equipe do projeto BRA/14/G31/Siderurgia Sustentável, por docentes, discentes, técnicos do ICA/UFMG e representantes da Emater. A exemplo do curso Prático de Construção do Sistema Fornos-fornalha, ministrado pela equipe técnica da UFV, que teve como finalidade demonstrar e treinar aos interessados como o sistema fornos-fornalha pode ser construído facilmente, e por um preço justo, nas pequenas e médias propriedades rurais, além de contribuir para a sustentabilidade na produção de carvão vegetal.

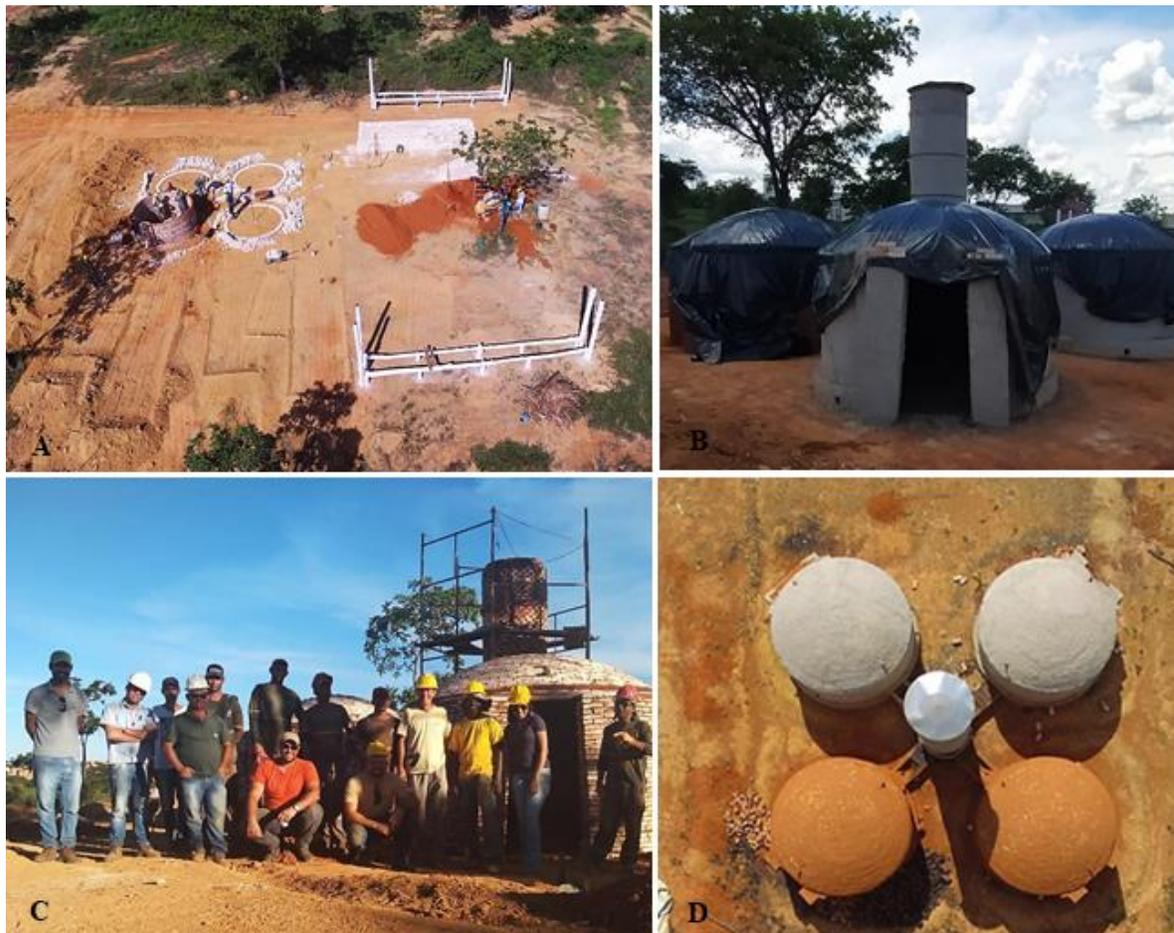


Figura 2. A) Preparação da área e início da construção dos fornos; B) Fornos e fornalha; C) Curso prático de construção do sistema fornos-fornalha no campus de Montes Claros da UFMG; D) Vista superior da Unidade Demonstrativa

### 3.3.3 Ciclos de Carbonização da madeira realizados na Unidade Produtiva

Para a validação estrutural da Unidade Produtiva instalada no ICA por meio do projeto BRA/14/G31/Siderurgia Sustentável, foi realizado em março de 2020 um ciclo completo de carbonização da madeira (Figuras 3, 4 e 5). Todas as atividades fizeram parte do curso prático de operação do sistema fornos-fornalha, ministrado pela equipe da Universidade Federal de Viçosa/UFV, por Humberto Fauller e Sálvio Teixeira Rodrigues (Figura 6).



Figura 3. A) Explicação sobre enchimento dos fornos conforme a metodologia descrita pelo projeto Siderurgia Sustentável; B) Toras de eucalipto dentro do forno.



Figura 4. A) Fechamento dos fornos; B) Abastecimento da fornalha para ignição.



Figura 5. A) Ignição dos fornos; B) Monitoramento de temperatura com pirômetro.



Figura 6. Imagens do Curso prático de operação do sistema fornos-fornalha do projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável.

### 3.4 Resultados da linha de base dos coprodutos já recuperados

Para atender à demanda do projeto BRA/14/G31/Siderurgia Sustentável foi realizada a carbonização da madeira no sistema fornos-fornalha. Todo o processo foi monitorado por pirometria, com abertura e fechamento dos dutos para queima dos GEE na fornalha. O processo durou cerca de 66 horas até o resfriamento total, o forno foi então aberto, e o material classificado e mensurado nas frações de atíços (139,3 Kg), carvão vegetal (1106,00 Kg) e finos (130,9 Kg) (Figura 7). O rendimento gravimétrico em carvão vegetal de 29,6% é considerado satisfatório, uma vez que a média nacional é de 26% de acordo com os dados do CGEE (2015). Foram também mensurados na carbonização o rendimento em atíços (3,7%) e em finos (3,5%), que apresentaram valores semelhantes à literatura.



Figura 7: Abertura do forno após carbonização (A), Vista interior do forno (B), pesagem do carvão vegetal (C).

Na oportunidade também foram avaliadas as características da madeira de *Eucalyptus sp* e do carvão vegetal produzido, em que a densidade básica da madeira foi de  $0,50 \text{ g/cm}^3$ ; umidade de 21,7%; teor de cinzas de 0,37% e o poder calorífico superior de 4085,17 kcal/kg. A umidade do carvão vegetal foi de 2,86%, densidade a granel de  $168,10 \text{ kg/m}^3$  e poder calorífico superior de 7468 kcal/kg. Quimicamente sua composição foi de 8,51% de cinzas, 36,62% de materiais voláteis e 52,01% o teor de carbono fixo.

Os resultados supracitados confirmam a eficiência do sistema fornos-fornalha na mitigação dos gases de efeito estufa, bem como a colaboração com o aumento do rendimento gravimétrico do carvão produzido, obtido por meio de técnicas de controle da carbonização e a melhoria na qualidade do carvão vegetal. Além da contribuição social e ambiental, propiciando um ambiente de trabalho mais limpo e sem a presença de fumaça. Os cursos ministrados atingiram um público diversificado de professores, alunos, pesquisadores, extensionistas e, especialmente, produtores de carvão da região Norte de MG.

Ainda cabe destacar que o projeto de carbonização da madeira contribuiu com a formação de recursos humanos, por meio de bolsas de pesquisas e extensão, e a melhoria contínua do grupo de pesquisa em tecnologia da madeira da UFMG, a partir da reforma e compra de equipamentos para os laboratórios.

### **3.5 Ganhos sociais, econômicos e ambientais com a implementação das referidas tecnologias.**

A produção de carvão no ICA-UFMG utiliza a tecnologia do sistema fornos-fornalha, fruto de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa (UFV) com o objetivo de tornar a produção de carvão vegetal mais eficiente e sustentável. Essa tecnologia é oferecida aos pequenos e médios produtores rurais por meio do Projeto Siderurgia Sustentável e traz ganhos de rendimento, além de produzir um carvão vegetal de maior qualidade, sem prejudicar a saúde de quem opera os fornos e sem poluir o meio ambiente. Todavia, atualmente o sistema produtivo não possui processo de recuperação dos gases condensáveis e dos finos da carbonização.

A inovação incremental proposta adequa o sistema produtivo com tecnologia para recuperação dos gases condensáveis e aproveitamento dos finos, eliminando os aspectos ambientalmente negativos do processo produtivo do carvão vegetal e aumentando sua eficiência. Esses coprodutos podem ser recuperados por meios físicos e/ou processamento químico a partir do líquido pirolenhoso, e pode ser submetido a processo catalítico para melhorar a qualidade do produto, o rendimento ou derivar produtos químicos de valores mais elevados; alavancando os ganhos de produtividade das florestas plantadas, e melhorando a eficiência na carbonização.

Atualmente o rendimento gravimétrico de linha de base no sistema fornos-fornalha do ICA-UFMG aponta resultados na faixa de 29,5% (Figura 8), porém a literatura indica que com a implantação de novas tecnologias de produção, como destacadas no presente estudo, pode-se obter uma mudança no patamar de emissões de metano de 78 kg CH<sub>4</sub> / t carvão para 30 kg CH<sub>4</sub> / t carvão, como uma redução de 48 kg CH<sub>4</sub> / t Carvão (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, 2015).

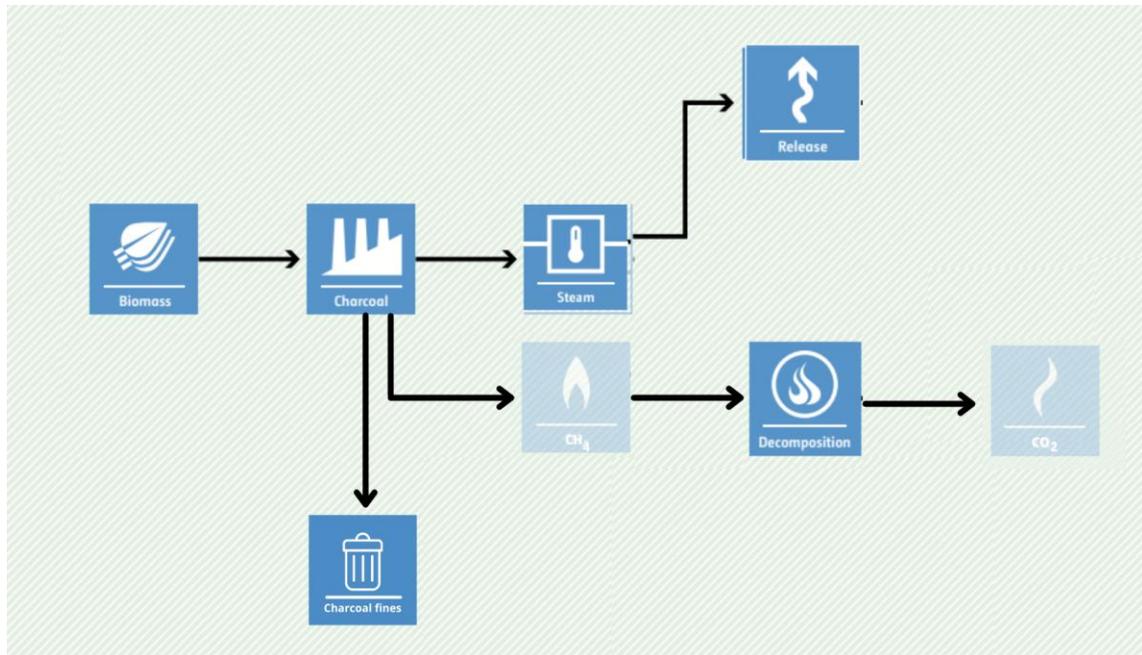


Figura 8. Linha de base atual sem a instalação de tecnologia de recuperação de coprodutos da produção de carvão vegetal

Fonte: Adaptado. United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC, 2020.

No caso da substituição dos sistemas convencionais de produção de carvão vegetal por novas tecnologias que permitam a combustão dos gases não condensáveis e aproveitamento dos gases condensáveis, o potencial passará a ser de 11,3 milhões de CO<sub>2</sub> equivalentes (Figura 9). Porém, segundo a mesma fonte da linha de base atual, a obtenção dessa meta de redução de emissões em larga escala encontra barreiras em curto prazo, uma vez que as tecnologias disponíveis ainda estão em processo de desenvolvimento.

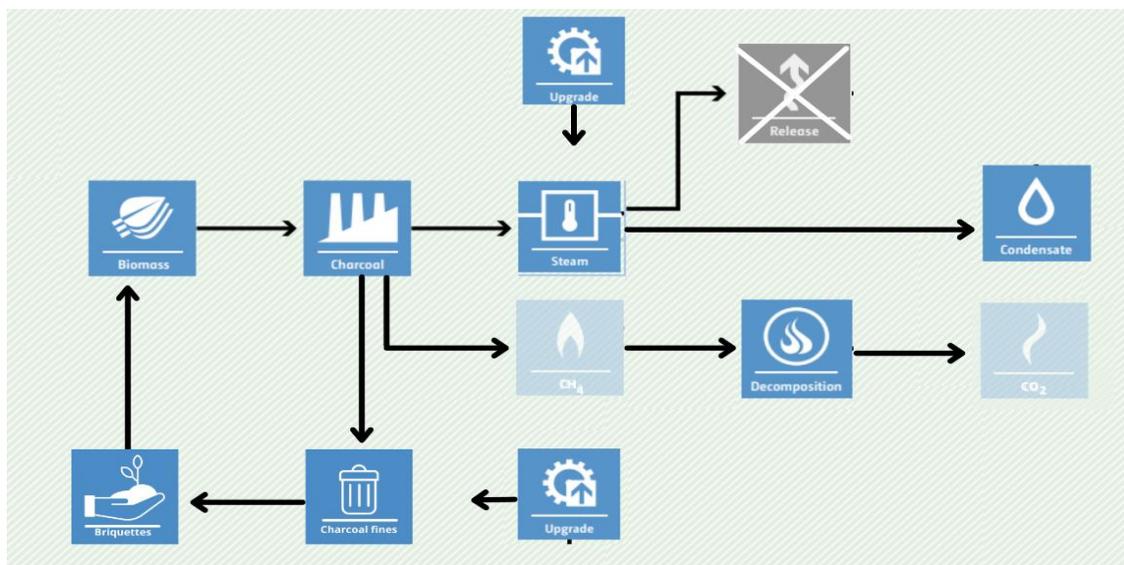


Figura 9. Linha de base atual esperada com o novo arranjo e recuperação de coprodutos da produção de carvão vegetal

Fonte: Adaptado. United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC, 2020.

Conforme a literatura a carbonização convencional gera uma proporção de 200 kg/t de carvão vegetal para 1.750 toneladas de alcatrão/ano. Considerando a densidade do alcatrão igual a um, a produção seria de 1.750 milhões de litros, ou seja, cerca de 11 milhões de barris de alcatrão/ano. Sendo que a energia contida no alcatrão, 65% daquela apresentada pelo petróleo, poderia ser obtida em uma quantidade de energia equivalente a 7,15 milhões de barris de petróleo, os quais gerariam uma receita de 858 milhões de dólares/ano (CARAZZA, 2008).

Assim, a implementação do sistema de recuperação dos gases condensáveis ) da carbonização (Figura 10) trará benefícios econômicos, com aumento dos lucros do produtor e redução dos gargalos da carbonização, redução de gases do efeito estufa e consequentemente da poluição ambiental e melhoria social e da salubridade aos trabalhadores e à comunidade envolvida.



Figura 10. A) Vedação minuciosa dos dutos para evitar a saída dos gases; B) Arranjo atual dos dutos que ligam o forno à fornalha; C) Novo arranjo após intervenção dos dutos com o condensador de gases

A utilização dos finos gerados durante o processo de carbonização da madeira e sua aglutinação em pellets têm potencial para ser utilizados no crescimento, desenvolvimento

e qualidade das mudas. Assim o emprego destes finos pode agregar valor econômico à unidade produtora de carvão vegetal, contribuindo para o aproveitamento deste resíduo do processo de carbonização.

#### 4. CONCLUSÃO

No presente relatório foi possível planejar as ações e o cronograma para instalação de um sistema de condensação de gases que será acoplado aos fornos-fornalha no ICA-UFMG. Além das etapas previstas após a carbonização da madeira que visam a separação, aglutinação e produção de pellets de carvão vegetal, futuramente testados como biochar na adubação de mudas florestais. Foi relatado também como se encontra a atual unidade de carbonização, sua linha de base e as mudanças previstas com a implantação do projeto, considerando ganhos econômicos, sociais e ambientais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. S. R. **Potencial do extrato pirolenhoso da madeira de eucalipto como agente conservante de cosméticos e saneantes**. 2012. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2012.

BERNARDINI, L. P.; MELO, A. R.; CAMPOS, D. P.; NEVES, J. R. S.; COELHO, J. L.; FARACO, M. N. S. Valorização dos finos de carvão vegetal no desenvolvimento de frita cerâmica para formulação de engobe. **Cerâmica Industrial**, 25 (1) Janeiro/Março, 2020 | <https://doi.org/10.4322/cerind.2019.024>

CAMARGO, B. S. **Desenvolvimento de pellets provenientes de madeira e finos de carvão vegetal**. 77 f. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 77f.

CARAZZA, F. **As riquezas das fumaças do carvão vegetal**. Opiniões sobre as florestas energéticas. Jun. 2008. Pág. 52. Disponível em: <https://issuu.com/opinioesbr/docs/opcp12-issuu?fr=sYTg0ODE1NDIwNjJCRAZZ>

CARDOSO, M. T.; DAMÁSIO, R. A. P.; CARNEIRO, A. C. O.; JACOVINE, L. A. G.; VITAL, B. R.; BARCELLOS, D. C. Construção de um sistema de queima de gases da carbonização para redução da emissão de poluentes. **Cerne**, Lavras, MG, v. 16, p.115-124, Jan. 2010.

CARNEIRO, A. C. O.; OLIVEIRA, A. C. **Produção Sustentável de Carvão Vegetal**. 1 ed. Viçosa: Sociedade de Investigação Florestal, Viçosa, MG, v.1. 39 p. 2013.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE, **“Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil: subsídios para revisão do Plano Siderurgia”**. Brasília, 2015.

DIAS JUNIOR, A. F.; ESTEVES, R. P.; SILVA, Á. M.; SOUSA JÚNIOR, A. D.; OLIVEIRA, M. P.; BRITO, J. O.; NAPOLI, A.; BRAGA, B. M. Investigating the pyrolysis temperature to define the use of charcoal. **European Journal Of Wood And Wood Products**, v. 78, n. 1, p. 193-204, jan. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**., Rio de Janeiro, v. 32, p. 1-8, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro, v. 34, p. 1-8, ano base-2019, 2020.

MARTINS, M. P.; BENÍCIO, E. L.; DIAS JÚNIOR, A. F.; ALMEIDA, R. B.; CARVALHO, A. M.; YAMAJI, F. M. Produção e avaliação de briquetes de finos de carvão vegetal compactados com resíduo celulósico proveniente da indústria de papel e celulose. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 173-180, fev. 2016

MENAGALE, V. L. C. **Estudo do potencial do licor pirolenhoso como aditivo em condicionador de solo e no crescimento inicial de eucalipto**. 2013. 100 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Bocatú. 2013.

MOREIRA, T. S. **Efeito do extrato pirolenhoso no cultivo de *Penaeus vannamei***. 68 f. (Mestrado em Engenharia de Pesca), Universidade Federal do Ceará, Ceará. 68 f.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C.; VITAL, B. R.; CARVALHO, A. M. L.; TRUGILHO, P. F.; DAMÁSIO, R. A. P. (2013). Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle de temperaturas de carbonização. **Revista Árvore**, Viçosa - MG.

PEREIRA, E. G. **Análise energética dos coprodutos da produção de carvão vegetal para a geração de energia elétrica e secagem de madeira**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Viçosa. 2017.

SIQUEIRA, H. F. **Aproveitamento dos gases da carbonização para secagem da madeira e produção de carvão vegetal**. 2021. 116 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021.

SCHNITZER, J. A.; SU, M. J.; VENTURA, M. U.; FARIA, R.T. **Doses de extrato pirolenhoso no cultivo de orquídea**. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 62, n.1, p. 101-106, 2015.

**TACCINI, M. M. Estudo de metodologias da convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, referentes à avaliação de emissões de gases de efeito estufa na produção de carvão vegetal.**2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.