

Projeto JOF-2832/2021 – Incentivo à ampliação ou instalação de tecnologias de produção de carvão vegetal de florestas plantadas com produção e recuperação de coprodutos no estado de Minas Gerais

Produto 3 – Relatório dos Resultados Alcançados

Revisão 00



Dezembro 2021

## Sumário

Lista de Figuras.....	3
Lista de tabelas.....	4
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>3. RESULTADOS ALCANÇADOS .....</b>	<b>6</b>
3.1 Resultados alcançados com a produção de coproduto: .....	7
3.2 Possibilidades de compra/venda do produto: .....	18
3.3 Comparação da linha de base das medições iniciais com os resultados alcançados com a produção e recuperação de coprodutos: .....	21
3.4 Análise da replicabilidade da tecnologia:.....	21
3.5 Registro de imagens: .....	25
<b>4. RELATO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS, LIÇÕES APRENDIDAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>31</b>

## Lista de Figuras

Figura 1- Pluviometria da estação de Conselheiro Lafaiete MIG - Fonte: <a href="https://mapas.inmet.gov.br/">https://mapas.inmet.gov.br/</a> .....	7
Figura 2 - Coleta do extrato pirolenhoso - Ciclo 1.....	8
Figura 3- Coleta do extrato pirolenhoso - Ciclo 2.....	8
Figura 4 - Montagem da infraestrutura para o sistema supervisório .....	9
Figura 5 - Tela do sistema supervisório de controle térmico.....	10
Figura 6 - Temperatura de carbonização-Ciclo 1 .....	11
Figura 7 - Temperatura das fumaças na entrada e saída do recuperador – ciclo 1.....	11
Figura 8 - Temperatura de carbonização - ciclo 2 .....	12
Figura 9 - Temperatura das fumaças e da água -ciclo 2.....	13
Figura 10 - Comportamento dos rendimentos em carvão vegetal e extrato pirolenhoso nos fornecedores da EPB (Extrato Pirolenhoso do Brasil) .....	16
<i>Figura 11 - Carta de intenção de compra da Extrato Pirolenhoso do Brasil .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 12 - Carta de intenção de compra da S&amp;D Madeiras.....</i>	<i>20</i>
Figura 13 - Augusto Valencia (BIOMTEC), Prof Angélica Cássia (LAPEM-UFV) e Fabiana Vilela (SEBRAE).....	22
Figura 14 – Alunos de doutorado do DEA-UFV .....	23
Figura 15 - Prof. Juarez avaliando o equipamento.....	24
Figura 16 - Estoque final do extrato pirolenhoso coletado nos dois ciclos.....	25
Figura 17 - Fadiga por temperatura ao final do processo.....	25
Figura 18 - Tubo de conexão de entrada no recuperador (aluminizado) e na saída (cinza).....	26
Figura 19 - Determinação da densidade .....	26
Figura 20 - Determinação do pH .....	27
Figura 21 - Treinamento equipe do LAPEM-UFV .....	27
Figura 22 - Acoplagem do recuperador ao forno e à fornalha.....	28
Figura 23 - Vista frontal do recuperador.....	29
Figura 24 - Vista interna da chaminé .....	30
Figura 25 - Instalação treinamento produtor de Brás Pires.....	30
Figura 26- Instalação treinamento produtor de Lamim.....	31



## Lista de tabelas

Tabela 1 - Determinação do pH das amostras coletadas - ciclo 1.....	14
Tabela 2 - Determinação do pH e densidade das amostras coletadas - ciclo 2.....	15
Tabela 3 - Rendimento gravimétrico dos ciclos de carbonização no LAPEM-UFV.....	17

## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório complementa as informações sobre o projeto de desenvolvimento, instalação e operação de um protótipo recuperador de extrato pirolenhoso, especificamente projetado para a acoplagem em fornos do sistema fornos-fornalha (LAPEM-UFV). Foram construídas três unidades, entregues ao LAPEM (Laboratório de Painéis e Energia da Madeira), da Universidade Federal de Viçosa e a dois produtores já contemplados anteriormente com a instalação de módulos do sistema fornos-fornalha, localizados nas cidades de Lamim e Brás Pires, ambas situadas na Zona da Mata do estado de Minas Gerais. Com base nos ciclos de carbonização realizados com o acoplamento do recuperador, pode-se também calcular a eficiência de recuperação, a relação entre essa eficiência e o rendimento da carbonização (rendimento gravimétrico) e as características qualitativas dos produtos gerados (pH e densidade). Também, foi avaliado o desempenho do equipamento em relação ao comportamento de seus componentes, frente às temperaturas e a eficiência do sistema de resfriamento do fluido de arrefecimento do condensador.

Além disso, apresenta informações complementares às constantes nos produtos anteriores (1 e 2), em relação ao mercado e às diversas aplicações do coproduto (extrato pirolenhoso), através de visitas que foram realizadas às instalações do LAPEM, de técnicos e profissionais de diversos setores. Essas visitas foram coordenadas pela consultoria, que observou que a oportunidade da realização dos testes dentro da UFV, propiciava um momento interessante para uma discussão ampla sobre o tema.

## 2. OBJETIVOS

- Descrever o comportamento dos testes realizados com o protótipo do recuperador de extrato pirolenhoso em relação à quantificação, qualificação e comportamento do equipamento.
- Apresentar informações complementares sobre o mercado, tendências de novos estudos e aplicações para o extrato pirolenhoso.
- Propor ações para melhorias no protótipo e no processo de produção de carvão vegetal, com recuperação de coprodutos.

## 3. RESULTADOS ALCANÇADOS

O projeto foi desenvolvido atendendo a todos os requisitos listados no termo de referência para a elaboração do produto 3, de acordo com o proposto pela consultoria. Os resultados foram obtidos com base em dois ciclos de carbonização realizados no LAPEM (UFV). Para os outros dois produtores, apesar de ter sido realizada a entrega dos equipamentos e os treinamentos introdutórios, em relação ao uso do equipamento, não foi possível realizar testes devido às fortes chuvas que acometeram a região, no período programado para os mesmos. O gráfico abaixo ilustra a pluviometria referente a esse período (6 a 9/12/2021). Os valores acumulados para esse período são da ordem de 80 mm. Isso inviabilizou os testes que necessitam de um período de estiagem entre 2 a 3 dias, devido às condições de tráfego para transporte da madeira até a planta e até mesmo para a operação dos fornos.

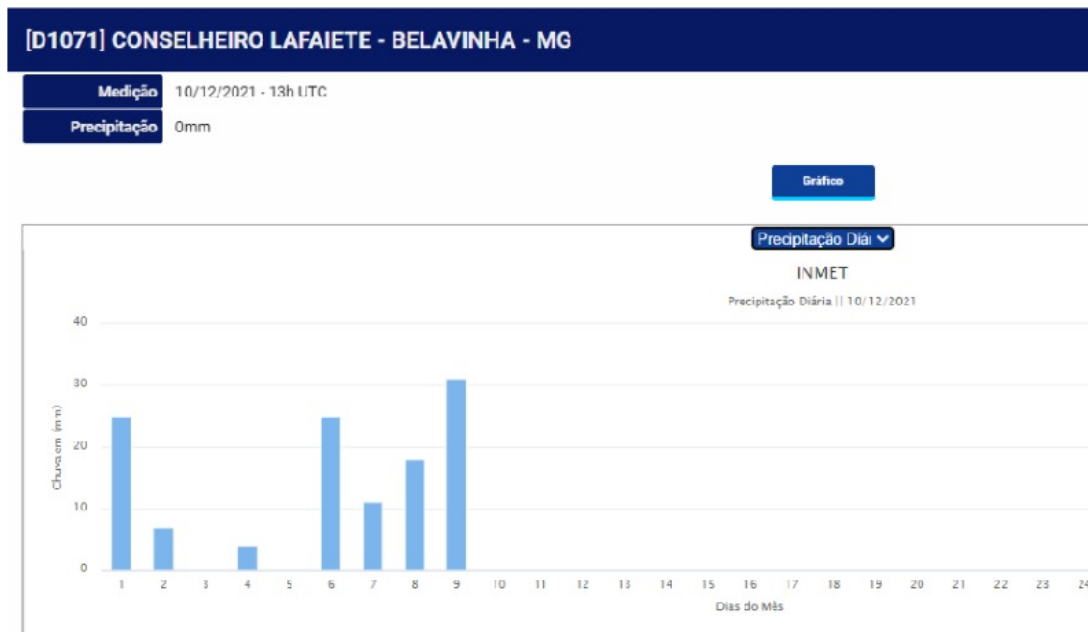


Figura 1- Pluviometria da estação de Conselheiro Lafaiete MIG - Fonte: <https://mapas.inmet.gov.br/>

### 3.1 Resultados alcançados com a produção de coproduto:

A fim de melhorar as análises dos resultados com os testes do protótipo, foram transcritas para este relatório os resultados já apresentados no Produto 2 (ciclo 1), complementados pelas informações do ciclo 2.

### Coleta de extrato pirolenhoso:

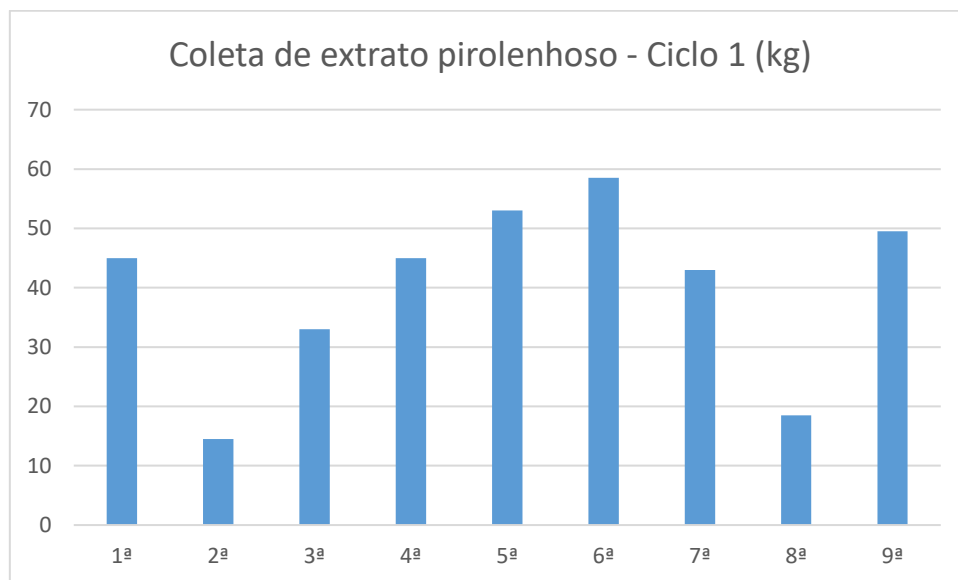


Figura 2 - Coleta do extrato pirolenhoso - Ciclo 1

Para o ciclo 1, foi coletado um total de 360 kg em todo o ciclo de carbonização. Isso corresponde a cerca de 91 kg por tonelada de madeira seca consumida no processo de produção de carvão vegetal.

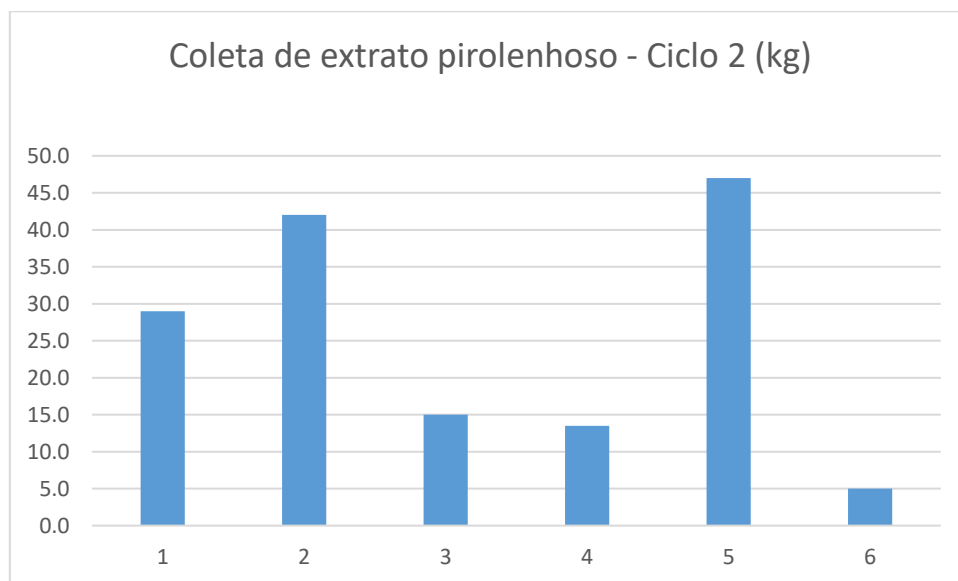


Figura 3- Coleta do extrato pirolenhoso - Ciclo 2



Já para o ciclo 2, foi coletado cerca de 151 kg, em seis coletas, representando uma redução da ordem de 42% em relação ao primeiro ciclo. Esse fato se justifica, pois, com novas informações sobre as faixas ótimas de coleta, situadas entre 70 e 130° C, espera-se obter um produto com melhor qualidade. Para o ciclo 2, o índice de recuperação foi de 44 kg por tonelada de madeira seca.

#### Monitoramento de temperaturas:

Conforme relatado no Produto 2, foi desenvolvido e instalado um sistema de supervisório de monitoramento da temperatura em vários pontos do forno. Esse sistema é apresentado nas figuras que seguem, indicando as suas funcionalidades.



Figura 4 - Montagem da infraestrutura para o sistema supervisório

O sistema é composto uma rede de coleta de temperaturas através de termopares, conectados ao módulo de aquisição dos sinais e envio ao supervisório via *wi-fi*.

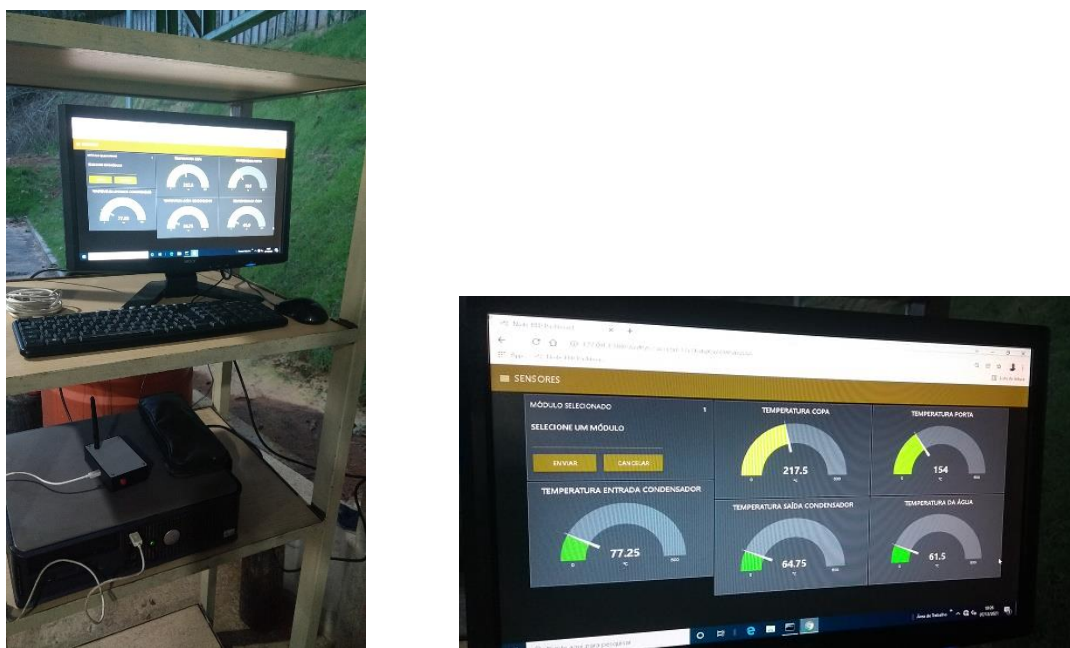


Figura 5 - Tela do sistema supervisor de controle térmico

O computador recebe os sinais do módulo e transforma o sistema em uma interface de observação instantânea da evolução de temperatura nos pontos determinados, aquisitando os dados. Os dados são gravados em extensão txt para posterior geração dos gráficos de processo.



A partir do desenvolvimento do sistema supervisorio, foram alterados os pontos de medição, que seriam mais adequados tanto para o controle do processo de carbonização, quanto para o processo de recuperação do extrato pirolenhoso. Os gráficos são apresentados a seguir:

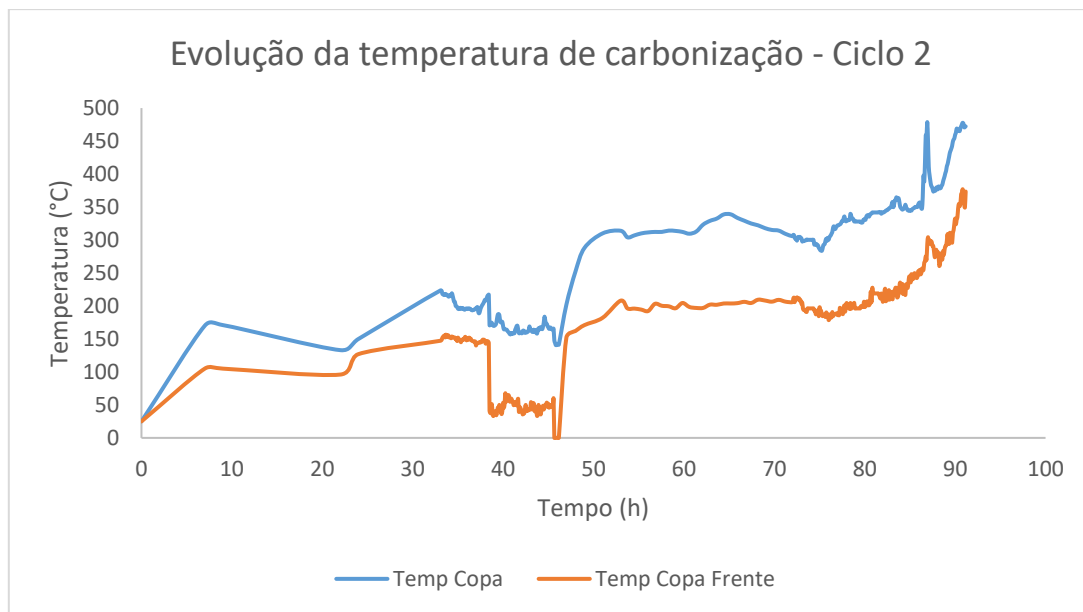


Figura 8 - Temperatura de carbonização - ciclo 2

Observa-se que, para as temperaturas na região da porta, para o ciclo 2, foram obtidas temperaturas próximas aos valores encontrados para o ciclo 1. Uma nova posição de coleta de temperatura na região do entro da copa do forno é uma das vantagens da utilização do sistema supervisorio remoto, devido à dificuldade de acesso para a leitura com os tradicionais pirômetros infravermelhos. Destaca-se no gráfico do ciclo 2, a perda de sinal no período entre 40 e 50 horas, alertando para a correção das falhas de comunicação do sistema. Porém, essa falha não afetou a condução do processo.

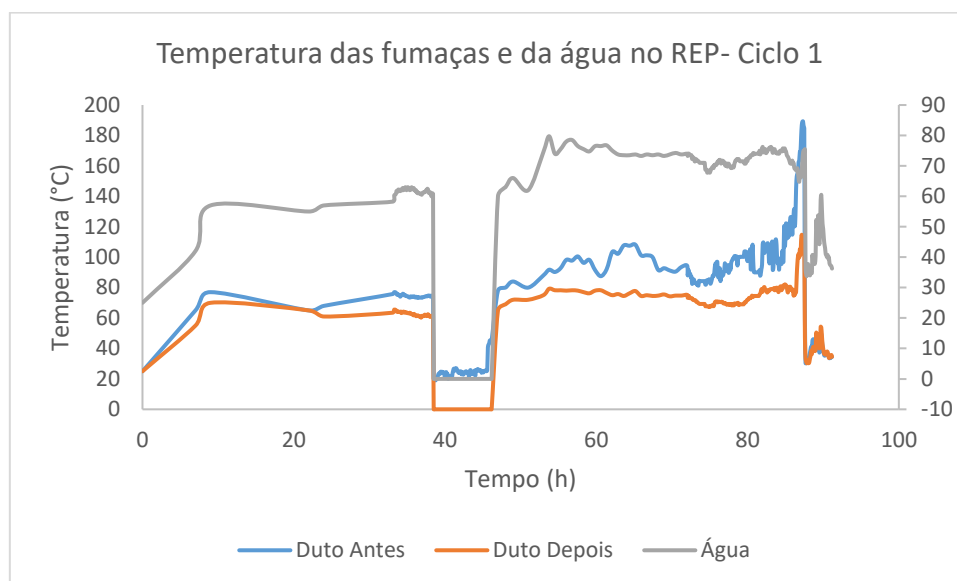


Figura 9 - Temperatura das fumaças e da água -ciclo 2

Em relação às temperaturas das fumaças, na entrada e saída do recuperador, mostram claramente um maior patamar para o ciclo 2 em relação ao ciclo 1. Neste, as temperaturas médias foram da ordem de 70 °C, enquanto para o ciclo 2, da ordem de 90 °C. Esse fato pode explicar também uma menor capacidade do sistema de condensação, uma vez que, um dos pontos de maior relevância trata-se do sistema de resfriamento do fluido de refrigeração (água). Nesse sentido, foi incorporado o monitoramento dessa temperatura, observando-se que a mesma se manteve em níveis elevados, em média em 70 °C, que deve ser reduzida com a revisão do projeto desse item específico. Essa revisão deve contemplar processos mais eficientes de troca de calor, considerando, além dos custos a demanda ou não de energia elétrica nas unidades de produção. Um ponto importante a destacar são os maiores ciclos de carbonização observados. Ambos, acima de 90 horas de carbonização, quando o valor já consolidado para a qualidade da madeira utilizadas (umidade abaixo de 30%), seria da ordem de 72 horas de ciclo.

### Determinação do pH e densidade:

A tabela a seguir, apresenta os resultados da determinação de pH para as amostras do ciclo 1:

Coleta	Horas pós Ignição	Quantidade (kg)	pH
1	0	16	4,42
2	12	41	3,35
3	24	33	3,40
4	36	45	3,59
Total		135	3,69

Tabela 1 - Determinação do pH das amostras coletadas - ciclo 1

Como relatado, a média das coletas ficou dentro da faixa estabelecida na circular técnica 178 da EMBRAPA que situa os valores entre 2 e 3,7. Observa-se porém, que o valor médio está muito próximo ao valor limite superior de especificação. É um parâmetro importante para o mercado e deve ser continuamente monitorado.

A tabela a seguir apresenta os resultados para o ciclo2, incluindo a determinação também da densidade do extrato pirolenhoso:

Coleta	Horas pós Ignição	Quantidade (kg)	pH <sup>1</sup>	DENSIDADE <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )
1	30	29,0	4,51	0,983
2	48	42,0	3,09	0,974
3	51	15,0	3,00	0,994
4	65	13,5	3,40	0,989
5	70	47,0	3,7	0,984
6	76	5,0	4,03	1,017
Total		151,5	3,61	0,990
<sup>1</sup> - A 25°C				

Tabela 2 - Determinação do pH e densidade das amostras coletadas - ciclo 2

De fato, os valores para a densidade continuaram dentro da faixa especificada. Porém, o novo parâmetro avaliado (densidade), ficou abaixo da faixa, que a circular reporta como sendo maior que 1,005 g/cm<sup>3</sup>.

Ainda não foram totalmente definidas, as relações entre a qualidade exigida para o extrato pirolenhoso e as recomendações para os produtores ajustarem seus processos de produção para atingirem os melhores resultados e volume de produção, rendimento e qualidade. Além das recomendações da EMBRAPA e dos comercializadores atuantes no mercado, que já adquirem produto de pequenos produtores, a partir do sistema tradicional de coleta com tubos aéreos, o novo sistema de recuperação aqui proposto, deverá também se adequar para obter os melhores resultados.

### Determinação dos rendimentos:

Foi determinado também o rendimento gravimétrico (RG) dos ciclos de produção. Esse é um dos parâmetros de maior relevância para a produção de carvão vegetal, pois afeta diretamente os custos de produção, pela significativa participação do custo da madeira no resultado final do negócio. Um levantamento recente da EPB (Extrato Pirolenhoso do Brasil), apresentou um comparativo entre o RG da produção do carvão vegetal (relação de consumo de madeira e a produção do insumo) e o RG do extrato pirolenhoso. Essas informações são relativas aos produtores que fornecem a “fumaça líquida”, ou seja, o extrato pirolenhoso antes do beneficiamento. Os dados são apresentados no gráfico a seguir:

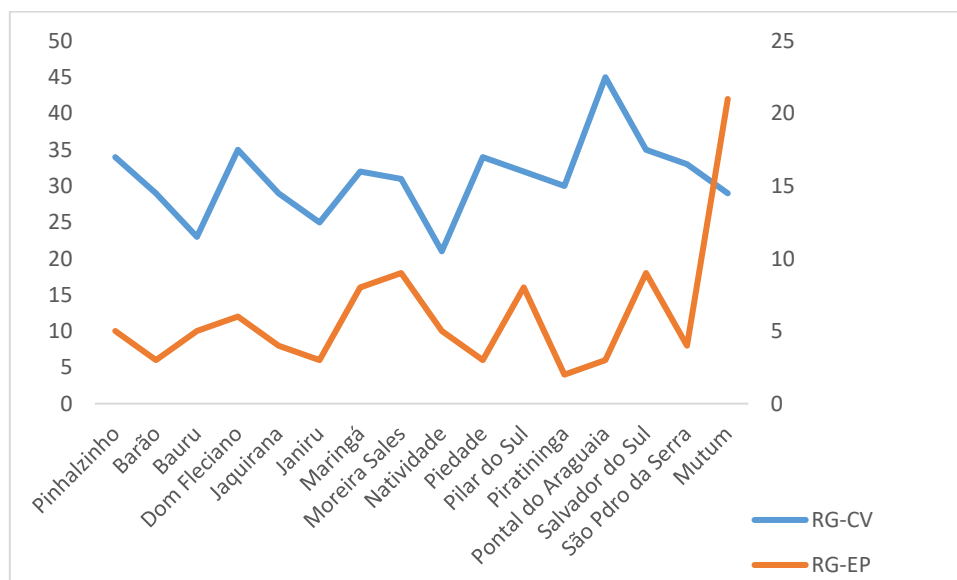


Figura 10 - Comportamento dos rendimentos em carvão vegetal e extrato pirolenhoso nos fornecedores da EPB (Extrato Pirolenhoso do Brasil)

O RG para a produção de carvão vegetal apresenta uma média de 31,1 %, enquanto que para a produção de extrato pirolenhoso 6,1 %. Observa-se um valor pontual ao final da curva, que diz respeito a implantação de



melhorias e um produtor específico, elevando consideravelmente o RG do extrato pirolenhoso (RG-EP. A princípio, parece não haver uma relação direta entre os dois parâmetros, ou seja, produzir mais ou menos extrato pirolenhoso, não afeta a produção de carvão vegetal. O cálculo para o RG-EP refere-se à eficiência atingida na recuperação, com base no rendimento teórico de 30% de EP/tonelada de madeira seca.

Avaliando-se então os resultados atingidos nos dois ciclos de produção com o recuperador proposto para este projeto, observam-se os valores obtidos para o rendimento gravimétrico na produção de carvão vegetal:

PRODUTOR	FORNO	LENHA NO BOX (m)				LENHA ENFORNADA (st)	PESO LENHA (kg/st)	UMIDADE LENHA (% b.s)	LENHA SECA (kg)	CARVÃO (mdc)	PESO CARVÃO (kg/mdc)	UMIDADE CARVÃO (% b.s)	CARVÃO SECO (kg)	R (L/c) - st/mdc	RG (% b.s)
		C	H	L	VOL (st)										
Ciclo 1-LAPEM	F-F-1	4,30	1,50	1,50	9,68	9,68	523	28,30	3946,042	4,7	256	6,00	1135,094	2,1	28,8
Ciclo 2-LAPEM	F-F-1	3,77	1,50	1,50	8,48	8,48	523	28,30	3459,669	4,0	256	6,00	966,0377	2,1	27,9

Tabela 3 - Rendimento gravimétrico dos ciclos de carbonização no LAPEM-UFV

Observam-se valores abaixo dos 32% médios alcançados com o sistema forno-fornalha, já amplamente difundidos no setor. Esse fato pode estar então ligado à produção do extrato pirolenhoso com o novo sistema, principalmente em decorrência do alongamento dos ciclos de carbonização observados (acima de 90 horas), o que pode ter penalizado esse indicador. Em relação ao RG-EP para os dois ciclos, em função dos volumes coletados (360 e 151 kg), para o mesmo parâmetro utilizado pela EPB, os valores foram de 30,4 e 14,6 %, respectivamente. As variações entre rendimentos observados para a obtenção dos dois produtos são reportadas em plantas que otimizam a produção de alcatrão vegetal. Esse coproduto obtém-se no processo de carbonização em maiores temperaturas (acima de 150 °C). Quando sua produção é priorizada, ocorre uma redução significativa do RG-~carvão, em função do maior patamar térmico ao final do processo. Um

equilíbrio técnico-econômico deverá ser observado ao adotar a prática e recuperação do extrato pirolenhoso.

### 3.2 Possibilidades de compra/venda do produto:

Durante as entrevistas prospectivas para o levantamento de informações de mercado, dois dos comercializadores do extrato pirolenhoso demonstraram interesse em adquirir produtos junto à pequenos produtores de carvão vegetal. Foram obtidas duas cartas de intenção, apresentadas nas figuras a seguir:

À

BIOMTEC – BIOMASSAS E TECNOLOGIA LTDA

Att. Sr. Augusto Valencia Rodriguez

Prezado Senhor:

Após tomarmos conhecimento do projeto coordenado por vossa empresa intitulado *"Incentivo à ampliação ou instalação de tecnologias de produção de carvão vegetal de florestas plantadas com produção e recuperação de coprodutos no estado de Minas Gerais JOF-2832/2021"*, no âmbito do Projeto Siderurgia Sustentável, que busca atender ao objetivo de incentivar a criação de Unidades Demonstrativas de produção e recuperação de coprodutos, nossa empresa vem ratificar o possível interesse em adquirir os produtos gerados pelos produtores apoiados. Essa aquisição se dará após uma avaliação criteriosa dos processos de produção empregados para a produção de carvão vegetal e respectivos coprodutos, incluindo o atendimento à parâmetros mínimos de qualidade, exigidos pelo mercado. A relação de comercialização entre os produtores e a EPB, se dará por meio de adjudicação de contratos específicos, contemplando volumes, prazos, valores e demais aspectos relacionados à tratativa comercial necessária.

Esta intenção não obriga a EPB a estabelecer nenhum tipo de relação comercial ou de qualquer outra natureza com os produtores candidatos ou com a BIOMTEC.

Certos que o setor se beneficiará de novos entrantes no mercado, permanecemos à disposição para avaliar as situações que venham a ser apresentadas.

Atenciosamente

Local

Belo Horizonte, 01 de Dezembro de 2021



Adriana de Oliveira Vilela

(Diretora Técnica da EPB - Brazil Ecoplyrolysis Products LTDA)

Figura 11 - Carta de intenção de compra da Extrato Pirolenhoso do Brasil



À

BIOMTEC – BIOMASSAS E TECNOLOGIA LTDA

Att. Sr. Augusto Valencia Rodriguez

Prezado Senhor:

Após tomarmos conhecimento do projeto coordenado por vossa empresa intitulado "Incentivo à ampliação ou instalação de tecnologias de produção de carvão vegetal de florestas plantadas com produção e recuperação de coprodutos no estado de Minas Gerais /OF-2832/2021", no âmbito do Projeto Siderurgia Sustentável, que busca atender ao objetivo de incentivar a criação de Unidades Demonstrativas de produção e recuperação de coprodutos, nossa empresa vem ratificar o possível interesse em adquirir os produtos gerados pelos produtores apoiados. Essa aquisição se dará após uma avaliação criteriosa dos processos de produção empregados para a produção de carvão vegetal e respectivos coprodutos, incluindo o atendimento à parâmetros mínimos de qualidade, exigidos pelo mercado. A relação de comercialização entre os produtores e a S&D Madeiras, se dará por meio de adjudicação de contratos específicos, contemplando volumes, prazos, valores e demais aspectos relacionados à tratativa comercial necessária.

Esta intenção não obriga à S&D Madeiras a estabelecer nenhum tipo de relação comercial ou de qualquer outra natureza com os produtores candidatos ou com a BIOMTEC.

Certos que o setor se beneficiará de novos entrantes no mercado, permanecemos à disposição para avaliar as situações que venham a ser apresentadas.

Atenciosamente

Martinho Campos data: 03/12/2021

S&D Madeiras – Responsável:



Leonardo Lima - Gestor de Negócios Florestais

Figura 12 - Carta de intenção de compra da S&D Madeiras

3.3 Comparação da linha de base das medições iniciais com os resultados alcançados com a produção e recuperação de coprodutos: Nenhum dos produtores contemplados realizava a recuperação de coprodutos, portanto não foi possível estabelecer uma linha de base inicial, conforme descrito no Termo de Referência:

*“Relatório analítico dos resultados da linha de base dos coprodutos já recuperados (caso haja alguma recuperação).....”*

3.4 Análise da replicabilidade da tecnologia:

Para a análise de replicabilidade da tecnologia, além dos estudos de mercado e das análises de viabilidade efetuadas com base nos parâmetros coletados junto aos produtores em atividade, reportados no produto 2, foram feitas prospecções diretas com pessoas que poderão auxiliar na alavancagem da tecnologia. Algumas dessas coletas de impressões sobre potencialidade da produção e uso do extrato pirolenhoso puderam ser diretamente colhidas durante a etapa de testes no LAPEM-UFV e são a seguir reportadas.

A – Fabiana Vilela – Especialista em Agronegócio SEBRAE-MG

A Sr<sup>a</sup>. Fabiana

Vem atuando muitos anos na cadeia produtiva de floresta plantadas e carvão vegetal. Possui inúmeros estudos de mercado, modelos de negócio relacionados e de construção de indicadores de atratividade para o setor florestal de Minas Gerais. Na oportunidade de visita ao LAPEM pode conhecer o projeto e avaliou como positiva a iniciativa de replicar a tecnologia para os pequenos e médios produtores do estado. E propôs a avaliar, no âmbito do SEBRAE, quais as alternativas para fomentar a prática.

B – Prof<sup>a</sup> Angélica Cássia – Coordenadora do LAPEM

Já atuante na coordenação de diversos estudos ligados à recuperação de coprodutos, ratificou o apoio do LAPEM na continuidade dos estudos após a implantação do projeto, dando sequência a outros estudos e melhorias de processo, inclusive com suporte da estrutura laboratorial, que está incrementando análises específicas para esses coprodutos (ex. aquisição de colorímetro para identificação das cores do extrato pirolenhoso).



Figura 13 - Augusto Valencia (BIOMTEC), Prof Angélica Cássia (LAPEM-UFV) e Fabiana Vilela (SEBRAE)

C – Srs. Gustavo Henrique da Silva, Rodrigo Dalssaso Lourenço e Igor Bonisenha - Eng. Agrônomos e atuais doutorandos em Engenharia Agrícola - UFV na área de Recursos Hídricos e Ambientais, linha de pesquisa “Manejo de Água/Planta na Agricultura Irrigada”. A ideia seria utilizar o extrato pirolenhoso via fertirrigação para verificação a ação em pragas e doenças de solo e na planta. O Sr. Gustavo já tem experiência pessoal com o uso de um dos produtos de mercado, na irrigação de banana, no norte de Minas



Gerais. Ficaram de estudar e propor um escopo de testes para o extrato pirolenhoso.



Figura 14 – Alunos de doutorado do DEA-UFV

D – Prof. Juarez Souza e Silva – Especialista em energia na agricultura e sistemas térmicos ligados a produção de biomassas e biocombustíveis.

O Prof. Juarez sugeriu avaliar a arquitetura do sistema de serpentina, talvez se optando por adotar um sistema de tubos retos interligados, afim de facilitar a limpeza. Sobre a questão do sistema de refrigeração sugeriu avaliar a utilização de pequenos poços artesianos, para a formação de lagoas de abastecimento de água para o processo. Ficou de avaliar um escopo mais amplo de estudos e testes em campo. Também é produtor de

carvão vegetal e poderá adotar a prática em sua propriedade, incrementando dessa forma os estudos.



Figura 15 - Prof. Juarez avaliando o equipamento

Além disso, o projeto está sendo revisto e atualizado e novos orçamentos e fornecedores estão sendo chamados a avaliar o equipamento e os resultados preliminares alcançados. Com isso, espera-se também, reduzir os custos de investimento e atrair mais produtores para a produção de extrato pirolenhoso e/ou alcatrão vegetal também.



### 3.5 Registro de imagens:



Figura 16 - Estoque final do extrato pirolenhoso coletado nos dois ciclos



Figura 17 - Fadiga por temperatura ao final do processo



Figura 18 - Tubo de conexão de entrada no recuperador (aluminizado) e na saída (cinza)



Figura 19 - Determinação da densidade





Figura 20 - Determinação do pH



Figura 21 - Treinamento equipe do LAPEM-UFV



Figura 22 - Acoplagem do recuperador ao forno e à fornalha





Figura 23 - Vista frontal do recuperador





Figura 24 - Vista interna da chaminé



Figura 25 - Instalação treinamento produtor de Brás Pires





Figura 26- Instalação treinamento produtor de Lamim

#### **4. RELATO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS, LIÇÕES APRENDIDAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os aspectos observados e relatados no produto 2, foram validados pelos testes no segundo ciclo. Optou-se por repeti-los neste produto e complementá-los com as novas observações, como forma de consolidar os registros.

- Apesar de não ser praticada em nenhum dos dois ciclos, pelo fato destes só terem ocorrido em um forno do LAPEM, o tema sobre sincronia dos fornos ainda é objeto de discussão. Ajustar a sincronia dos fornos ao melhor arranjo entre os ciclos de carbonização e de

condensação, em função de aspectos da qualidade da matéria prima, tais como, umidade, diâmetro e densidade. Recomenda-se o estudo do documento *“Sincronia de fornos-fornalha e otimização da MO e queima.pdf”*<sup>1</sup>

- Controle da tiragem, marcha dos fornos e coleta do EP: deve-se entender a influência de cada um desses parâmetros para que se possa conseguir o melhor desempenho tanto da produção de carvão vegetal, quanto da recuperação do extrato do pirolenhoso. No ciclo 2 ficou clara a influência do recuperador na marcha do forno. No início o sistema reduziu muito a tiragem, comprometendo a evolução da temperatura e provocando um alongamento do ciclo total de carbonização.
- Testes no LAPEM com o conjunto fornos-fornalha com menor capacidade: um dos equipamentos adquiridos foi dimensionado para atender à montagem específica no conjunto de ensaios presentes para testes em escala piloto. O mesmo também deve ser cuidadosamente calibrado para esse caso. O equipamento já se encontra no local. Estão sendo efetuados estudos sobre secagem da madeira com o aproveitamento dos gases combustos da carbonização. O recuperador será acoplado a esse estudo nos próximos ensaios.
- O sistema supervisor de monitoramento das temperaturas deverá ser aprimorado para evitar a perda de comunicação e registro de

---

<sup>1</sup> O documento pode ser solicitado diretamente ao autor: Augusto Valencia – BIOMTEC através de: [augusto.biomtec@gmail.com](mailto:augusto.biomtec@gmail.com)



dados, tornando-o mais robusto e confiável. Outras funcionalidades serão agregadas, tais como, a exportação automática dos dados para a construção das curvas de processo, o registro de ocorrências durante a operação e a introdução de alarmes específicos para controle dos processos (carbonização e recuperação).

- Melhorias e ajustes no sistema de resfriamento (alternativas), com e sem energia elétrica. O sistema de arrefecimento da água deve ser uma procura constante de aprimoramento, pois nele reside o ponto principal para se obter as melhores taxas de condensação das fumaças e recuperação do extrato pirolenhoso. Serão avaliados sistemas eólicos e solares de propulsão das bombas de circulação.
- Armazenamento do extrato: sugerir aos produtores que já adquiram containers de 1.000 litros, devido ao expressivo volume observado nas coletas iniciais (500 litros). E para possibilitar a decantação inicial preconizada.
- Acompanhamento do comportamento dos materiais de fabricação de todos os componentes do recuperador em relação à resistência à temperatura, ácidos presentes nos condensados (EP e alcatrão vegetal), abrasão, sempre buscando alternativas, com melhor relação custo benefício. Durante o ciclo 2 observou-se que o mangote de retorno da fumaça para a fornalha não suportou temperaturas acima de 100 °C. O mesmo deverá ser trocado por outros material.
- Estudos de engenharia do conjunto devem ser continuados, para definir melhor o projeto, tais como as pressões na tiragem, nas perdas de carga do circuito, pontos de condensação, que permitam calcular adequadamente os diâmetros e as alturas de tiragem, por

exemplo. Está sendo providenciada uma bancada de testes para este objetivo: exaustores, tubos de Pitot, manômetros, entre outros.

- Serão iniciados os contatos com as duas empresas que se interessaram na aquisição do extrato pirolenhoso, a partir do envio de amostras e definição dos critérios para controle de qualidade. Também serão informados aos produtores de Lamim e Brás Pires sobre os critérios de qualidade.
- No período de 13 a 17/12/2021 serão efetivamente implantados os equipamentos nos produtores de Lamim e Brás Pires, com a entrega de todos os acessórios e acompanhamento técnico necessário.

Viçosa, 10 de dezembro de 2021.