

## ANÁLISE DA MELHORIA DE PRODUÇÃO DO PROCESSO DO PROGRAMA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM CARVOARIA NO MUNICÍPIO DE CURVELO: um estudo de caso

Terezinha Parreiras dos Santos, Tálita Rodrigues de Oliveira, Joubert Paulo Ferreira

**Resumo:** Grande parte do carvão vegetal produzido no Brasil é destinado a indústria Siderúrgica de ferro-gusa. Entretanto, o carvão que atende esta indústria ainda é produzido através de fornos rudimentares (em sua maioria circulares), que agridem o meio ambiente em diversos aspectos, como maior emissão de gases, resíduos sólidos e consumo de madeira. Logo, o objetivo deste estudo foi mapear o processo produtivo do carvão vegetal, a partir do forno retangular, e discutir melhorias no processo em uma carvoaria no município de Curvelo/MG. Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa com o objetivo de estudar uma empresa do ramo florestal que produz carvão vegetal. A abordagem mista, quantitativa e qualitativa, foi escolhida pela necessidade de se apresentarem os resultados utilizando dados estatísticos (rendimento volumétrico, consumo de matérias-primas, controle de temperaturas), assim como uma análise, em profundidade e singularidade, dos dados referentes ao processo produtivo. Tais dados foram obtidos por meio do contato direto com funcionários da empresa pesquisada, gerando informações empíricas, úteis para analisar o processo de produção do carvão vegetal. Como resultados, verificou-se a maior qualidade da queima no forno do tipo retangular, com queimas mais limpas e sustentáveis, além disso, identificou-se através do controle de temperatura uma queima mais homogênea da madeira, resultando em um carvão vegetal de melhor qualidade, com maior rendimento volumétrico e menor tempo de resfriamento devido ao controle de temperaturas. Após as análises foram propostas melhorias no processo produtivo bem como a implantação de um queimador de gás para queimar os gases de efeito estufa oriundos da carbonização ou a implantação de uma pequena Usina Termoelétrica (UTE) que utilize os gases como matriz de combustível para geração de energia.

**Palavras-Chave:** Produção mais Limpas, Carvão vegetal, Sustentável, Engenharia de Produção, custos, rendimento volumétrico.

## ANALYSIS OF THE CLEANER CLEANER PRODUCTION PROGRAM PROCESS IN CURVELO: A stud of case.

**Abstract:** Charcoal produced in Brazil is still largely produced through rudimentary furnaces, with higher costs, less yield and high gas emissions. The aim of this study was to map the charcoal production process from the rectangular kiln and discuss process improvements in a charcoal plant in the municipality of Curvelo / MG. To this end, a case study was conducted with a coal-producing company through qualitative and quantitative research. The mixed approach was chosen because of the need to present the results using statistical data (volumetric yield, raw material consumption, temperature control), as well as an in-depth and uniqueness analysis of the production process data obtained through of direct contact with employees of the researched company. As a result, there was a higher quality of burning in rectangular type furnaces, with cleaner and more sustainable burns, however, the need of interventions in the process was identified, in order to optimize it, as the

demonstration of the ideal point of where the production cost per meter of coal reaches the maximum yield.

**Key-words:** Cleaner Production, Charcoal, sustainable, engineering production, costs, volumetric yield

## 1. Introdução

O objetivo deste é artigo mapear o processo de produção de carvão vegetal, a partir do forno retangular, propondo medidas de otimização para esta produção em uma empresa do ramo em Curvelo/MG. O carvão vegetal no Brasil é de grande importância econômica para o país, e quase toda a produção deste carvão é utilizada pela indústria de siderurgia. Assim, parte da produção de aço feita no país é renovável. De acordo com o IBÁ 2017, as empresas produtoras de aço no Brasil possuem uma área plantada para produção de carvão vegetal equivalente a 832,4 Mil hectares que são destinados a produção de aço. E 10% da produção deste aço derivado da redução do minério de ferro metálico provem da utilização do carvão vegetal. Em 2017 a produção de carvão vegetal chegou a 5,2 milhões de toneladas, representando 8% de toda matriz energética do país (Balanço Energético Nacional, 2019).

O carvão vegetal é fundamental para fornecer carbono ao ferro-gusa. A questão preocupante é que parte da produção, ainda é realizada em fornos rudimentares, denominados de circulares. Este processo representa baixo rendimento, a falta de controle dos gases gerados na carbonização, causando grandes impactos ambientais negativos, tais como, emissão de gases poluentes para a atmosfera.

Diante da necessidade da utilização de fontes de energias alternativas e renováveis, constantemente são criadas ferramentas para auxiliar na gestão ambiental. Dentre esses mecanismos, se destaca o programa de Produção mais Limpa (PmaisL), expressão criada em 1990, proposta pelo programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização pelo Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO), com o objetivo principal de eliminar ou reduzir as poluições durante todas as etapas do processo produtivo e não somente no final deste, por meio, por exemplo, de medidas que priorizam o uso de matéria-prima sustentável, para gerar o mínimo de emissões de resíduos sólido que causem danos ao meio ambiente.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1 Desenvolvimento Sustentável

Dias (2017) menciona que o conceito “sustentabilidade” surgiu após o debate de desenvolvimento sustentável que iniciou, em 1972, na primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o ambiente humano, realizada em Estocolmo, que resultou no Relatório da Comissão Brundtland (Nosso Futuro Comum), que é definida como:

[...] uma relação harmônica do homem com a natureza, como centro de um processo de desenvolvimento que deve satisfazer às necessidades e às aspirações humanas. Enfatiza que a pobreza é incompatível com o desenvolvimento sustentável e indica a necessidade de que a política ambiental deve ser parte integrante do processo de desenvolvimento e não mais uma responsabilidade setorial fragmentada. (DIAS, 2017, p.35).

Para Leff (2003), a humanidade está diretamente relacionada com as questões ambientais e de sustentabilidade, sendo uma relação de grande relevância, principalmente pela influência sobre a sociedade, governos e empresa, levando-os a grandes reflexões, de maneira a gerar

constantes mudanças, através de estratégias e métodos afim de solucionar problemas ambientais atuais, abrindo novos caminhos para um futuro mais sustentável.

De acordo com Barbosa (2007), existem três pilares da sustentabilidade, são eles: crescimento econômico, proteção ao meio ambiente e igualdade social. Sendo estes fundamentos chave para as mudanças comportamentais das empresas, que deixam de ter como foco principal o lucro, dando origem ao *Triple Bottom Line* da sustentabilidade, com foco no desenvolvimento sustentável.

De acordo com Mikhailova (2004), com a necessidade de preservar os recursos naturais, surge o conceito de desenvolvimento sustentável. Os recursos naturais são bens primários que estão inseridos em toda a cadeia produtiva da indústria, e estes são tradicionalmente classificados em renováveis (energia solar, água, plantas, dentre outras.) e não renováveis (areia, minérios, carvão mineral, petróleo, dentre outras.) (BARBIERI, 2007).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (1972), a Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, foi a primeira atitude mundial em que se discutiu o pensamento de melhorias da relação ao homem e o meio ambiente, dando início a diversas conferências e envolvimento de diversos países. Ainda de acordo com a ONU (1987), a Comissão Mundial sobre o Meio ambiente e Desenvolvimento, órgão criado pela própria ONU em 1983, publicou o Relatório “Nosso Futuro Comum” produzido pela Comissão Brundtland, onde ficou definido o conceito de Desenvolvimento Sustentável que destaca a incompatibilidade entre meio ambiente e os padrões de produção e consumos vigentes.

## 2.2 Produção Mais Limpa (PmaisL)

Segundo Lemos e Nascimento (1999), o conceito de PmaisL teve início com a finalidade de proteger o meio ambiente e, ao mesmo tempo, combater o desperdício de matérias-primas e de energia, que ocorrem, no processo produtivo, onde são gerados resíduos sólidos e emissões de gases e, a cada mudança no processo resulta em benefícios econômicos e ambientais.

Já para Giannetti; Almeida (2006), a PmaisL não é apenas um modelo de melhoria produtiva, mas trata-se de uma filosofia proativa, a qual busca antecipar, minimizar e ou extinguir possíveis impactos ambientais. O modelo PmaisL pode ser aplicado ao longo de toda a cadeia produtiva e permanecer em toda sua vida útil. O conceito demonstra a necessidade de desenvolver mais os processos de produção, com a análise contínua do processo, melhorando o antigo e ou implantando um modelo totalmente novo. Ainda segundo Giannetti; Almeida (2006), essa abordagem permite a criação de quatro propostas, a saber:

- a) Substituir a matéria prima não renovável;
- b) Observar a necessidade de melhorar o processo de manufatura, com análise dos insumos utilizados e viabilidade de reutilização subprodutos;
- c) Implicações ambientais de embalagens e distribuição de produtos;
- d) O produto não deve ser considerado como produto final, mas sim como intermediário, pois pode ser utilizado ou reciclado no final de sua vida útil.

Dias (2017), cita que o PmaisL tem como foco principal a prevenção de geração de resíduos sólidos através do máximo aproveitamento das matérias-primas no meio produtivo. Ainda de acordo com Dias (2017), o conceito PmaisL diverge do termo “fim do tubo”, onde o controle e o tratamento dos resíduos ocorrem apenas no final do processo produtivo.

De acordo com a CNTL (2003), a produção mais limpa visa eliminar ou minimizar a geração de resíduos sólidos por meio do aproveitamento máximo das matérias-primas utilizadas no processo produtivo. As técnicas utilizadas no fim do tubo são ações que ajudam a diminuir resíduos, destinado para o tratamento, já as técnicas de PmaisL trabalham com a redução da quantidade de matérias-primas e outros insumos, utilização de energia, minimização de resíduos e emissões, possibilitando a visualização do processo como um todo. Este modelo traz inovação dentro da empresa, além de minimizar os riscos na disposição dos resíduos sólidos acrescenta novos caminhos de desenvolvimento econômico mais sustentável.

Uma das vantagens observadas no programa PmaisL é a redução de custos, que é definido por Martins (2001), como um planejamento financeiro utilizado para adquirir um determinado bem ou serviço que venha a ser utilizado em todas as fases do processo produtivo. De acordo com Bruni e Famá (2004), os custos podem ser classificados como, diretos, indiretos, fixos e variáveis, a saber:

- Custo direto: é o custo que contabiliza todos insumo e mão de obra utilizada de forma direta na produção ou execução de serviços, Bruni e Famá (2004).
- Custos indiretos: São custos imprescindíveis à produção, mas que são aplicados ao produto/serviços de forma rateada, Santos, Mariom e Segatti (2009).
- Custo fixo: são custos que não são alterados em função do aumento ou diminuição da produtividade ou serviço, Bornia (2002).
- Custos variáveis: tais custos estão diretamente ligados ao volume de produção, Brewer (2004).

### 2.3 Contexto Nacional Indústria de Carvoaria

Segundo o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE, 2015), o carvão vegetal tem sido uma fonte de energia desde o século XIX para as indústrias de siderurgia, e foi na década de 60 que houve um grande aumento da produção para atender às demandas das grandes siderúrgicas. É importante destacar o papel do governo federal, que por meio de programas, incentivou o reflorestamento sustentável.

Com base no Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2016), foi iniciado pela PNUD em 2014, um projeto para a redução de emissão de gases de efeito estufa no setor siderurgia, denominado Siderurgia Sustentável, considerando que a siderurgia é a maior consumidora de carvão vegetal. O projeto possui o objetivo de fomentar a utilização de carvão vegetal e, assim, aumentar o estoque de florestas plantadas com matéria-prima renovável e sustentável.

Para Cardoso (2012), a utilização da madeira como fonte energética está diretamente associada com a questão de a mesma ser uma fonte inesgotável e duradoura, possibilitando aumentar ainda mais as fontes de energia de forma que a utilização de combustíveis fósseis não seja tão necessária.

Mota (2013) afirma que o eucalipto (*Eucalyptus*) é a mais importante árvore plantada no Brasil para a utilização industrial, atingindo, no ano de 2017, uma área de plantio equivalente a 7,84 milhões de hectares em todo o país, contando com uma contribuição de 4,5 milhões de toneladas do segmento de produção de carvão vegetal, levando o Brasil à liderança mundial de produção de aço através da utilização de carvão vegetal. A fabricação de ferro-gusa é a atividade na qual se utiliza a maior parte da extensa produção de carvão vegetal do país, chegando a 72% da produção do mesmo (OLIVEIRA et al. 2013).

De acordo com o IBGE (2018), Minas Gerais se destaca na produção de carvão vegetal no país, com um valor de produção de R\$ 2,1 bilhões. Sendo importante salientar que a madeira utilizada no estado é, em sua grande parte, originada de áreas de reflorestamento.

A Lei nº 20.922, sancionada no ano de 2013 em Minas Gerais, dispõe da obrigação das empresas de carvão vegetal consumir madeira de florestas plantadas, proibindo o uso de madeira nativa.

### **2.3.1 O Processo Produtivo do Carvão vegetal**

Conforme Brito; Barrichello (1981), o carvão vegetal é o termo utilizado para o produto (sólido) extraído da transformação da madeira no processo de queima da mesma, denominado carbonização. O autor ainda complementa dizendo que a carbonização consiste na decomposição parcial da madeira por meio do seu aquecimento em ambiente fechado (fornos de alvenaria) que se transforma em uma porcentagem rica em carbono e outras porcentagens em vapores e gases.

De acordo com Brito (1990), o carvão vegetal é obtido na pirólise, mediante a ação do calor em ambiente fechado e controlado, o qual elimina a maior parte dos componentes voláteis presentes na madeira. Esta reação físico/química também é denominada de carbonização, devido a ocorrência de concentração de carbono no produto gerado.

Brito (1990) menciona que o princípio básico para o processo produtivo do carvão vegetal é a aplicação do calor de forma suficiente e controlada para a degradação parcial da madeira. Os demais fatores, não menos importante, são as dimensões dos fornos, estrutura operacional/controles e materiais utilizados para construção dos fornos.

#### **2.3.1.2 Forno retangular**

De acordo com Santos (2017), o forno retangular permite o enforamento de madeira em grande volume, além de possibilitar a mecanização das operações de carga e descarga, diminuindo assim, o tempo desta atividade e exposição do operário nesta etapa do processo. Este tipo de forno é construído com tijolos maciços e as portas e vigas são compostas por estruturas metálicas (CGEE, 2015).

No forno retangular a madeira é acomodada de forma horizontal com auxílio de uma grua e o ciclo completo do processo de produção do carvão vegetal leva em média 12 dias, sendo composto pelas etapas de carregamento da madeira que estão dispostas no pátio, ignição, secagem e carbonização, resfriamento do forno e descarga do carvão vegetal que é realizada com a pá carregadeira. A carbonização da madeira ocorre em média quatro dias, e para o resfriamento do forno, são necessários oito dias (FÁVERO; VALLE; DUARTE, 2007).

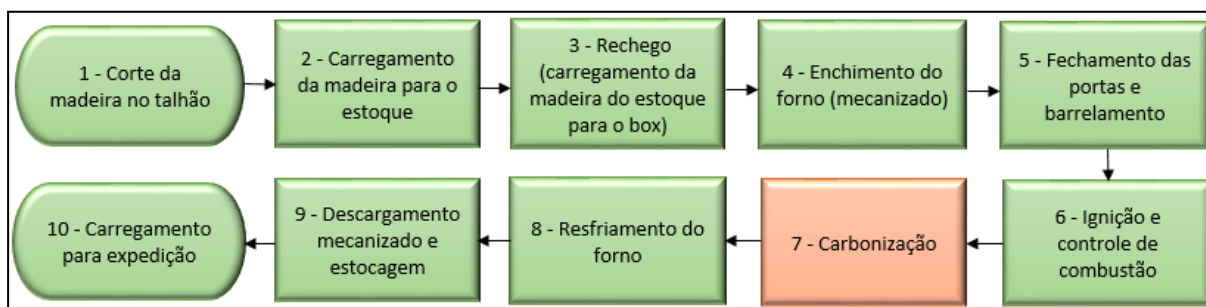
## **3. Resultados**

A partir deste ponto, apresentam-se as análises, as informações e dados que foram coletados em campo. Tudo aqui exposto foi obtido a partir da visita técnica com objetivos pré-estabelecidos, dentro do cronograma desenvolvido pela autora do trabalho de conclusão de curso.

### **3.1 Mapeamento do processo produtivo do carvão vegetal**

O primeiro passo foi realizar o mapeamento do processo produtivo do carvão vegetal, afim de quantificar o volume produzido por enforamento, e estabelecer a capacidade produtiva do forno retangular. O processo produtivo do carvão vegetal inicia-se no campo, com a escolha

da madeira a ser utilizada (eucalipto) onde enfrenta o processo de carbonização e o resfriamento, até a última fase da produção, dentro dos fornos, conforme descrito pelos autores Dias; Assunção; Guerra; Prais, 2002. Dentro das carvoarias, o processo de carbonização é de aproximadamente 10 dias, passando pelo carregamento do forno, carbonização, resfriamento e descarga, o que pode ser visto com maior detalhamento na descrição do processo, ilustrado na figura 1.



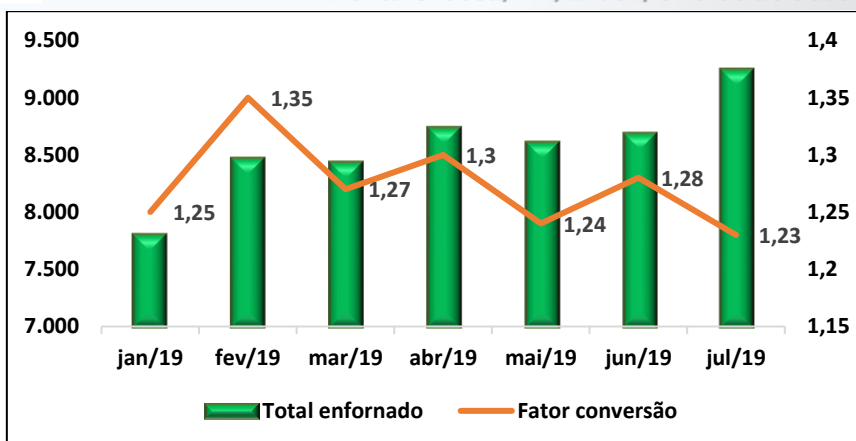
Fonte: Adaptado da empresa (2019).

Figura 1 - Processo produtivo do carvão vegetal

A figura 1 mostra como ocorre o processo produtivo de carvão vegetal na empresa estudada, desde a escolha da madeira até a abertura do forno (pós carbonização). O mapeamento em questão, levou em conta os diferentes aspectos envolvidos no processo produtivo, tais como Relatório de produção mensal de carvão vegetal do forno retangular; Fator de conversão volumétrico; Controle de temperatura; origem da madeira utilizada na produção, conforme orientado por BRITO em 1990.

### 3.2 Quantidade de matéria-prima e rendimento da produção

Para análise da quantidade de matéria prima enforcada e produzida, foi realizado um mapeamento da capacidade produtiva do forno retangular. A ideia é mapear esta capacidade, utilizando os critérios adotados no que se refere à produção limpa, sustentável e competitiva. A análise foi realizada considerando a capacidade de carregamento do forno retangular, além dos dados fornecidos sobre controle de temperatura e carbonização, no período de observação que ocorreu de janeiro a julho de 2019, obtidos a partir dos documentos disponibilizados pela empresa, conforme apresentado no gráfico 1.



Fonte: Adaptado da empresa (2019).

Gráfico 1 - Produtividade carvão vegetal forno retangular no período janeiro a Julho 2019

O gráfico 1 nos permite nos permite avaliar o ganho de escala operacional em detrimento à redução no fator (entre janeiro e julho de 2019), o que demonstra o menor consumo de madeira e maior quantidade de carvão produzido, obtido a partir do controle da temperatura e oxigenação do forno retangular. Este processo permite elevar a produtividade, assim como a qualidade do carvão. O referido ganho de produtividade está diretamente relacionado ao controle na temperatura de carbonização, e também da oxigenação da câmara e o maior controle de ciclos de forno.

A tabela 1 mostra a maior oscilação na temperatura, com impacto direto na produtividade do carvão vegetal.

Mês	Quartil inferior (25%) - FORNADA BOA	Quartil superior (75%) - FORNADA RUIM	Temperatura Máxima	Queda Temperatura Máxima
jan/19	144	189	220	-17%
fev/19	116	155	180	-18%
mar/19	148	175	209	16%
abr/19	150	170	190	-9%
mai/19	145	160	190	0%
jun/19	150	162	199	5%
jul/19	146	162	187	-6%

Fonte: Adaptado da empresa (2019).

Tabela 1 - Temperatura no forno retangular no período janeiro a julho 2019

A tabela 01 mostra que o forno retangular permite o maior controle de temperatura e apresenta índices considerados satisfatórios no que se refere à maior homogeneização das mesmas, com as médias de quartil inferior (melhores fornadas) em aproximadamente 150 graus. Isto ocorre em função da temperatura empreendida no processo influenciar diretamente na qualidade do carvão vegetal, no volume de produção em um mesmo espaço de tempo e na geração de resíduos a serem eliminados, de acordo com a orientação do CGEE em 2015. Devido ao controle mais eficiente da temperatura que o forno retangular permite o PmaSL torna-se vantajoso de acordo com CNL, 2003.

### 3.3 Otimização do custo da produção de carvão vegetal com forno retangular

Para a otimização da produção e ganho de escala é determinante o melhor aproveitamento da madeira destinada para produção. Os fornos retangulares ilustrados na figura 2, são vistos como fornos de grande capacidade volumétrica em virtude do seu potencial para ganho de escala, e são construídos de modo a permitir carga e descarga mecanizada de madeira e de carvão vegetal, respectivamente.



Fonte: Adaptado da empresa (2019)

Figura 02 - Fornos retangulares

A maior eficiência na gestão deste modelo de forno, permite, além do ganho de eficiência produtiva, através da otimização do rendimento volumétrico, o ganho com a otimização do custo de produção, que ocorre em função da mecanização (carga e descarga com trator), que conseqüentemente diminui o quadro de operadores.

Como podemos ver na tabela 02, o aumento na escala de produção está diretamente relacionado a diluição do custo fixo, dando origem ao custo fixo unitário que pode ser obtido através da relação entre custo fixo e volume produzido, de acordo com Bornia, 2002.

A partir da tabela 2 é possível observar que quanto maior a escala de produção, menor será o custo por metro de carvão.

Faixa de Produção	4.321,51 MDC	4.801,68 MDC	5.335,20 MDC	5.928,00 MDC	6.520,80 MDC	7.172,88 MDC	7.890,17 MDC
DISCRIMINAÇÃO	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL
1- CUSTO MATERIA PRIMA - R\$/mdc	82,64	82,94	82,94	82,94	82,94	82,94	82,94
2 - CUSTO FIXO - R\$ 436.478,76	42,46	38,21	34,39	30,95	28,14	25,58	23,25
3 - CUSTO TOTAL UPC	125,09	121,15	117,33	113,89	111,08	108,52	106,19

Fonte: Adaptado da empresa (2019).

Tabela 2 - Aumento escala de produção



Entretanto é importante observar a existência da variação no custo de produção em detrimento da variação do rendimento volumétrico. Neste caso, o rendimento volumétrico possui efeito sobre o custo variável (custos relacionados a madeira), como podemos ver na tabela 3, ao fixar o volume produzido no forno retangular, no período de um mês, neste caso em 5.928 MDC e alterando a perspectiva do rendimento volumétrico de 1,60 (baixa produtividade) 1,15 (alta produtividade), temos uma redução no custo da matéria prima por metro de carvão vegetal produzido.

Faixa de Produção	5.928,00 MDC	5.928,00 MDC	5.928,00 MDC	5.928,00 MDC	5.928,00 MDC	5.928,00 MDC	5.928,00 MDC
Fator Volumétrico	1,60	1,50	1,40	1,35	1,30	1,20	1,15
DISCRIMINAÇÃO	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL
1- CUSTO MATERIA PRIMA - R\$/mdc	103,64	97,17	90,69	87,45	84,21	77,73	74,49
2 - CUSTO FIXO - R\$ 436.478,76	30,95	30,95	30,95	30,95	30,95	30,95	30,95
3 - CUSTO TOTAL UPC	134,59	128,12	121,64	118,40	115,16	108,68	105,44

Fonte: Adaptado da empresa (2019).

Tabela 3 - Custo de produção carvão vegetal

Desta forma, o ponto ideal de produção é maior volume produzido pelo menor fator de conversão volumétrica, onde o custo de produção por metro de carvão atinge o máximo de rendimento.

Com base nas informações cedidas pela empresa, e apresentadas na tabela 4, é possível perceber o efeito do ganho de escala em detrimento a performance do fator de conversão volumétrica.

Período	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19
Faixa de Produção	7.809,49 MDC	8.470,55 MDC	8.439,22 MDC	8.739,46 MDC	8.611,21 MDC	8.690,90 MDC	9.248,25 MDC
Fator Volumétrico	1,25	1,35	1,27	1,30	1,24	1,28	1,23
Discriminação	Custo Total	Custo Total	Custo Total	Custo Total	Custo Total	Custo Total	Custo Total
1- CUSTO MATERIA PRIMA - R\$/MDC	80,97	87,45	82,27	84,21	80,32	82,91	79,68
2 - CUSTO FIXO - R\$ 436.478,76	23,49	21,66	21,74	20,99	21,31	21,11	19,84
3 - CUSTO TOTAL UPC	104,47	109,11	104,01	105,20	101,63	104,03	99,51

Fonte: Adaptado da empresa (2019).

Tabela 4 - Custo unitário de produção carvão vegetal

Ao avaliar o comportamento do custo com base nos dois fatores (custo de produção e aumento de escala) podemos verificar a continua diluição do custo fixo de produção em relação ao ganho de volume de produção (mensal), contrabalanceado pela variação do fator de conversão volumétrico, que apesar da oscilação mensal, apresenta tendência de redução. Na comparação do custo unitário, considerando os dois efeitos (volume produzido e fator de conversão), o custo saiu de R\$ 104,47 (centro e quatro reais e quarenta e sete centavos) em janeiro de 2019 para R\$ 99,51 (noventa e nove reais e cinquenta e um centavos) em julho de 2019. Este resultado demonstra que através da perspectiva de controle na produção dos

fornos retangulares é possível alcançar uma Produção Mais Limpa com efeito no custo de produção.

### Conclusão

Com a análise realizada neste trabalho de conclusão de curso, o que deve ser compreendido é como se desenvolve o processo de produção do carvão vegetal no forno retangular e como ele tem evoluído, a fim de otimizar a produção do carvão vegetal.

O controle da carbonização pela temperatura interna em forno retangular, mensurada ao longo da pesquisa deste trabalho, se mostrou mais apta a proporcionar aumento no rendimento volumétrico em carvão vegetal, além de valorizar a obtenção de melhores porcentagens de produção por volume seco de matéria prima.

As planilhas e gráficos construídos no processo de análises demonstraram a maior capacidade de heterogeneidade da temperatura interna entre a parte inferior e superior do forno retangular, principalmente durante a carbonização, isso influencia em um resfriamento mais homogêneo e rápido, evidenciando a boa vedação do forno ao fim da carbonização. O controle da temperatura interna do forno permitiu o incremento do monitoramento do ciclo de carbonização, resultando em aumento da produtividade do carvão vegetal. Com a metodologia do PmaisL desenvolve-se uma nova forma de medir e controlar a temperatura do forno, aumentando o ganho com eficiência e produtividade.

Além da produtividade, é possível identificarmos uma melhor gestão no custo de produção, com a diluição do custo fixo pelo ganho de escala e o ganho de eficiência sobre o custo variável devido ao melhor aproveitamento da madeira na produção de carvão, com o fator de conversão volumétrico demonstrando o ganho de eficiência. O PmaisL demonstra que com o desenho de um novo forno é possível melhorar o processo produtivo do carvão vegetal e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do produto e diminuição dos custos. Para trabalhos futuros, espera-se propor a implantação de um queimador de gás para queimar os gases de efeito estufa oriundos da carbonização ou a implantação de uma pequena Usina Termoelétrica que utilize os gases como matriz de combustível para geração de energia. Além da implantação de sistema PmaisL e o acompanhamento dos resultados obtidos com o programa em longo prazo, o PmaisL pode tornar a queima de madeira mais limpa, sustentável e, em longo prazo, mais barata e vantajosa.

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6922**: Determinação da massa específica (densidade à granel). Rio de Janeiro, 1981.

BARBIERI, José Carlos. *Gestão ambiental empresarial: conceito, modelos e instrumentos* São Paulo: Saraiva, 2004. 328p.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: conceito, modelos e instrumentos**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2007. 382p.

BARBOSA, P. R. A. **Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores de São Paulo (ISE-Bovespa)**. 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BORNIA, Cezar Antonio. **Análise gerencial de custos. Aplicação em Empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRITO, J. O.; Barrichello, L. E. G. **Consideração sobre a produção de produção de carvão vegetal da Amazônia**, 1981. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/carvaovegetal3\\_000g7dup2ob02wx5ok0wtedt3oik6pqb.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/carvaovegetal3_000g7dup2ob02wx5ok0wtedt3oik6pqb.pdf) . Acesso em 12 out. 2018.

BRITO, J. O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n.9, p1-19,1990.

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens. **Gestão de Custos e Formação de Preços: com aplicações na calculadora HP 12C e Excel**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

BREWER, P. C. GARRISON, R. H., NOREEN, E. W.; **Contabilidade gerencial**. 12. Ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2004.

CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**, 2003. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>>. Acesso em 25 agos. 2018.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Brasil). **Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil: subsídios para revisão do Plano Siderurgia**. Brasília, 2015.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 227p.

GIANNETTI, B.F. ALMEIDA, C.M.B.V. **Ecologia Industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção extração Vegetal e da Silvicultura**, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>>. Acesso em 28 out. 2018.

LEMOIS, A. D. C.; NASCIMENTO, L. F. **A produção mais limpa como geradora de inovação e competitividade**. RAC, v. 3, n. 1, Jan./Abr. 1999: 23-46. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-65551999000100003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65551999000100003)>.

Acesso em 28 out. 2018.

LEFF, E. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003. 342p.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **1º Seminário de projeto de siderurgia sustentável**, 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informmma/itemlist/category/220-clima-politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima-siderurgia-sustentavel>>. Acesso em 07 out. 2018.

MOTA, F. C. M. **Análise da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal Oriundo de Eucalyptus sp. no Brasil**. 2013. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2013. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33545771.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2018.

OLIVEIRA, A. C. et al. Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle e temperaturas de carbonização. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 557-566, 2013. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v37n3/a19v37n3.pdf> >. Acesso em: 26 agos. 2018.

OLIVEIRA, Alylson Costa. **Sistema forno-fornalha para produção de carvão vegetal**, 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 2012. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3099/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em 12 out 2018.

OLIVEIRA, M. Carvão vegetal sustentável: Novo sistema produz de forma mais limpa matéria-prima dentro de floresta de eucaliptos. **Revista de pesquisa FAPESP**. Nov. 2011. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2011/11/072-075-189.pdf>>. Acesso em 12 out 2018.

ONU - Nações Unidas do Brasil. A ONU e o Meio Ambiente. **Conferência de Estocolmo Nações unidas 1972**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SANTOS, Gilberto José dos; MARION, José Carlos; SEGATTI, Sonia. **Administração de Custos na Agropecuária**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.