

## PROPOSTA DE UMA NOVA ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNOS DE ALVENARIA

### Paulo César da Costa Pinheiro

Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG  
Av. Antonio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG  
Email: PauloCPinheiro@ufmg.br, pinheiro@netuno.lcc.ufmg.br

### Ronaldo Santos Sampaio

RSConsultants Ltda.  
Rua Ribeiro Junqueira, 161a, 30315-210 Belo Horizonte-MG  
Email: Ronaldo@issbrazil.org

### José Gonçalves Bastos Filho

CarboJota  
Rua L, 41, Boa Esperança, 35790-000 Curvelo, MG  
Email: jgbastos@uai.com.br

**Resumo.** *Cerca de 80% do carvão vegetal produzido no Brasil é poduzido em fornos rabo-quente ou fornos de alvenaria JG. Uma carvoaria é constituída de várias baterias de fornos de carbonização. Na organização tradicional das carvoarias, cada bateria está sob a responsabilidade de um único carvoeiro, que é responsável pela carga, descarga, ignição e manutenção dos fornos . Este artigo apresenta a organização de carvoarias em células, mostrando as vantagens e benefícios deste tipo de organização.*

*Palavras chave: Biomassa, Carvão Vegetal, Fornos de Carbonização, Organização Produção*

### 1. Introdução

Cerca de 80% da produção de carvão vegetal no Brasil é realizada em fornos de alvenaria do tipo rabo-quente ou JG. Raramente a planta de carbonização consta de um único forno, normalmente os fornos estão construídos em grupos. Chama-se carvoaria o local onde estão localizados os fornos de carbonização, e onde são realizadas todas as atividades de carbonização, desde o recebimento de madeira até o despacho do carvão produzido. Chama-se bateria um conjunto de fornos da carvoaria, conduzidos por uma equipe específica de mão-de-obra.

Para o correto funcionamento de uma carvoaria é necessário dividir tarefas e responsabilidades. Diversas funções são encontradas em uma carvoaria (tabela 1).

**Tabela 1.** Funções em uma Carvoaria.

Operador	Funções
Carvoeiro	Responsável para descarregar e carregar o forno, tecer e rebocar a porta e colocar fogo na pegadeira.
Carbonizador	Responsável pela condução da carbonização de todos os fornos.
Zelador (Barrelador)	Responsável pela vedação e barrelamento do forno.
Encarregado	Administrador da carvoaria. Recebe a lenha, expede o carvão, controla os estoques de carvão e lenha, administra os funcionários da carvoaria.

O tempo normal de corrida de um forno rabo-quente ou JG é 7 dias, desde o acendimento do fogo até a retirada do carvão. São 3 dias para carbonizar, 3 dias para esfriar e 1 dia para descarregar e encher o forno. A produção de um forno rabo-quente ou JG é cerca de 5 m<sup>3</sup> de carvão (MDC) por fornada.

Cada carvoeiro é capaz de descarregar e carregar 2 fornos por dia. Considerando uma jornada de trabalho de 6 dias por semana, dimensiona-se uma carvoaria com 12 fornos por carvoeiro, e com 5 dias, 10 fornos.

No dimensionamento da carvoaria deve-se levar em consideração a logística de transporte de carvão. A carga em um caminhão truck é cerca de 65 a 70 MDC, que é produzida semanalmente por 12 a 13 fornos, e a carga de uma carreta 100 a 110 MDC, 20 a 22 fornos.

**Tabela 2.** Exemplo do Dimensionamento de uma Carvoaria:

Fornos	Mão de Obra	Funcionamento	Produtividade
84 fornos 7 baterias/12 fornos	7 carvoeiros 1 zelador 1 carbonizador 1 encarregado	6 dias/semana	14 fornos/dia 84 fornos/semana

A remuneração dos carvoejadores pode ser realizada por forno, por m<sup>3</sup> de carvão (MDC) produzido ou pela média da carvoaria. A remuneração por MDC resulta em uma maior produtividade, pois o carvoeiro tem em encher melhor o forno com a lenha. A remuneração por forno permite uma maior flexibilidade administrativa, sobretudo devido a não necessidade de medição produção no momento da carga de carvão. A remuneração pela média de carvoaria, é de mais difícil implementação, devido a diferença de produtividade dos carvoeiros.



Figura 1. Vista Geral de uma Carvoaria com Fornos JG.

## 2. A Carvoaria Antiga

As carvoarias antigas eram familiares, onde trabalhavam o carvoeiro, esposa e filhos. Raramente empregava ajudantes externos. O tamanho da carvoaria dependia da disponibilidade de mão-de-obra da família. A maioria dos carvoeiros ainda em atividade hoje, aprenderam a prática de fabricação de carvão deste modo. Os fornos utilizados eram do tipo rabo-quente.

Na década de 80 com o acirramento da fiscalização das leis trabalhistas e ambientais, deixaram de existir as carvoarias familiares, e começou-se a organização das carvoarias.

## 3. A Organização Tradicional das Carvoarias Atuais

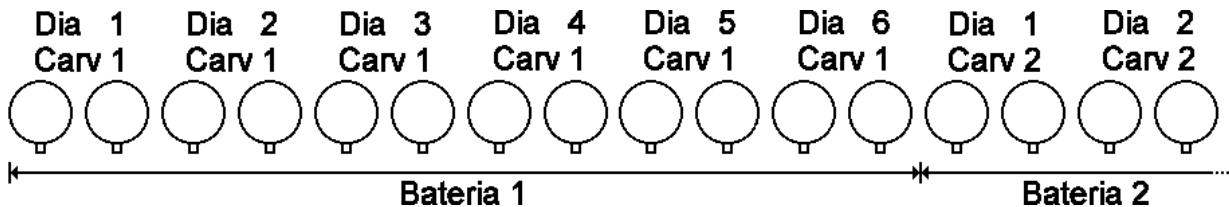
Na organização tradicional, a Carvoaria dividida em baterias de 12 fornos. Cada carvoeiro opera e é responsável por uma determinada bateria (tabela 3).

Este sistema é utilizado sobretudo para simplificar o gerenciamento da mão de obra, em detrimento do gerenciamento da produção. Como em cada uma das baterias existem fornos em todos os estágios da carbonização (acendimento,

carbonização, resfriamento), é preciso que o carbonizador percorra todos os fornos da carvoaria periodicamente, para controlar a carbonização. Uma carvoaria com 84 fornos possui mais de 450m de extensão, o que torna o serviço do carbonizador maior.

**Tabela 3.** Organização de uma Carvoaria em Baterias.

Dia	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
Oper	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Forno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Bateria de fornos 1												Bateria de fornos 2...										



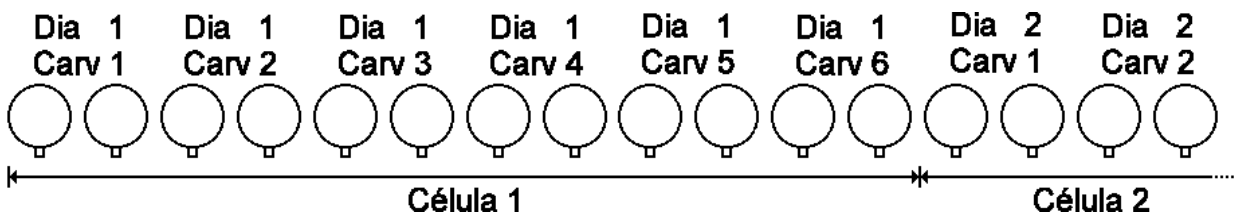
**Figura 2.** Organização de uma Carvoaria em Baterias.

#### 4. A Organização das Carvoarias em Células

O dimensionamento de uma carvoaria é de 12 fornos por carvoeiro. A carvoaria é dividida em células cujo um número de fornos igual a 2 vezes o número de carvoeiros. A cada dia os carvoeiros descarregam e recarregam todos os fornos de uma determinada célula, e o carbonizador dá partida em todos estes fornos. No dia seguinte a mesma operação é realizada na célula seguinte. Até completar toda a carvoaria.

**Tabela 4.** Organização de uma Carvoaria em Células.

Dia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Oper	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	1	1	2	2	3	3	4	4	5
Forno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Célula de Carbonização 1												Célula Carbonização 2...										



**Figura 3.** Organização de uma Carvoaria em Células.

##### 4.1. Vantagens da Organização em Células

Como todos os fornos de uma mesma célula tiveram partida no mesmo dia e hora, eles se encontram no mesmo estágio da carbonização. Isto permite as seguintes vantagens:

- 1) Padronização do ciclo de processo.
- 2) Comparação do andamento do processo de carbonização entre os fornos de uma mesma célula.
- 3) Facilita o controle da carbonização, diminuindo o trabalho do carbonizador e do zelador.
- 4) Diminui o deslocamento (distância) do encarregado, do carbonizador e do zelador de forno.
- 5) Viabiliza a implantação de recuperadores ou queimadores de alcatrão.

Como a célula é composta de fornos vizinhos, os carvoeiros trabalham próximos, na mesma célula, permitindo as seguintes vantagens:

- 1) Mutua ajuda entre os carvoeiros (trabalho cooperativo).
- 2) Facilita a troca de conhecimentos entre os carvoeiros e o treinamento dos novos carvoeiros.
- 3) Mútuo controle da produção entre os carvoeiros.
- 4) Integração social entre os carvoeiros.

- 5) Mesma metodologia de trabalho entre os carvoeiros.
- 6) Facilita a supervisão dos carvoeiros pelo encarregado.
- 7) Os prêmios de produtividade serão divididos entre todos os membros da carvoaria.

Todos os fornos de uma mesma célula são descarregados e carregados no mesmo dia.

- 1) Facilita o carregamento do caminhão.
- 2) Facilita a descarga de lenha
- 3) Melhoria da logística de transporte de lenha e carvão.
- 4) Possibilidade de comparação da produção entre os carvoeiros.
- 5) Facilita o controle da produção do carvão.

## **5. Teste Operacional**

A organização em células foi implantada em uma carvoaria com 96 fornos, que operava no sistema tradicional, na carbonização de uma floresta de Eucalipto, com 6 anos. A implantação foi realizada sem grandes dificuldades, tendo recebido a colaboração dos operários. Após 30 dias de implantação verificou-se um ganho de produtividade e uma melhoria nas condições de trabalho dos operários. O anexo 1 mostra uma planilha de acompanhamento das atividades na carvoaria, com mecanismo de bonificação dos trabalhadores.

## **6. Conclusões**

O sistema de organização de uma carvoaria em células permite um melhor controle tanto da mão-de-obra quanto da produção, diminuindo os custos de logística e de administração. Além disto, devido à proximidade dos fornos em carbonização, permite um melhor controle do processo de carbonização por parte do carbonizador, aumentando a produtividade e o rendimento da carvoaria.

A operação dos fornos de carbonização, deve utilizar mão-de-obra experiente, para assegurar uma boa produtividade e um funcionamento confiável e seguro do forno. Tanto o rendimento quanto as qualidades físicas e químicas do carvão dependerão não só das características da madeira utilizada, mas também das características do forno e habilidade do operador. O processo de carbonização é artesanal, e todos os detalhes influem constantemente no rendimento e qualidade de produção. Os operadores devem ser supervisionados e o constante treinamento deve ser estimulado.

Esta organização em Células apesar de ter sido testada com sucesso em uma carvoaria de fornos JG, pode ser utilizada em carvoarias com qualquer tipo de fornos.

## **7. Referências**

- PINHEIRO, Paulo César da Costa; SAMPAIO, Ronaldo Santos. Fundamentos e Prática da Carbonização da Biomassa. Belo Horizonte, Edição dos Autores, 2001, 120p.
- PINHEIRO, Paulo César da Costa; SAMPAIO, Ronaldo Santos; BASTOS FILHO, José Gonçalves. Fornos de Carbonização Utilizados no Brasil. IN: 1st INTERNATIONAL CONGRESS ON BIOMASS FOR METAL PRODUCTION & ELECTRICITY GENERATION, 08-11 Outubro 2001, Belo Horizonte, MG, Proceedings... Belo Horizonte, ISS Iron & Steel Society (Brazilian Section), UFMG, 2001, (CD-ROM).



**NEW ORGANIZATION OF CHARCOAL PRODUCTION PLANTS**

Paulo César da Costa Pinheiro  
Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG  
Av. Antonio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG  
Email: PauloCPinheiro@ufmg.br, pinheiro@netuno.lcc.ufmg.br

Ronaldo Santos Sampaio  
RSConsultants Ltda.  
Rua Ribeiro Junqueira, 161a, 30315-210 Belo Horizonte-MG  
Email: Ronaldo@issbrazil.org

José Gonçalves Bastos Filho  
CarboJota  
Rua L, 41, Boa Esperança, 35790-000 Curvelo, MG  
Email: jgbastos@uai.com.br

**Abstract**

Near 80% of the charcoal production in Brazil is produced by rabo-quente (tail-hot) brick kilns or JG brick kilns. A carbonization plant is constituted by some batteries of carbonization kilns. In the traditional organization of carbonization plants, each battery is under the responsibility of a charcoal worker who takes care of the load, discharge, firing and maintenance of the kilns. This paper shows the organization of charcoal plants in cells, showing the advantages and benefits of this kind of organization.

Keywords: Biomass, Charcoal, Charcoal Kilns, Brick Kilns, Charcoal Production