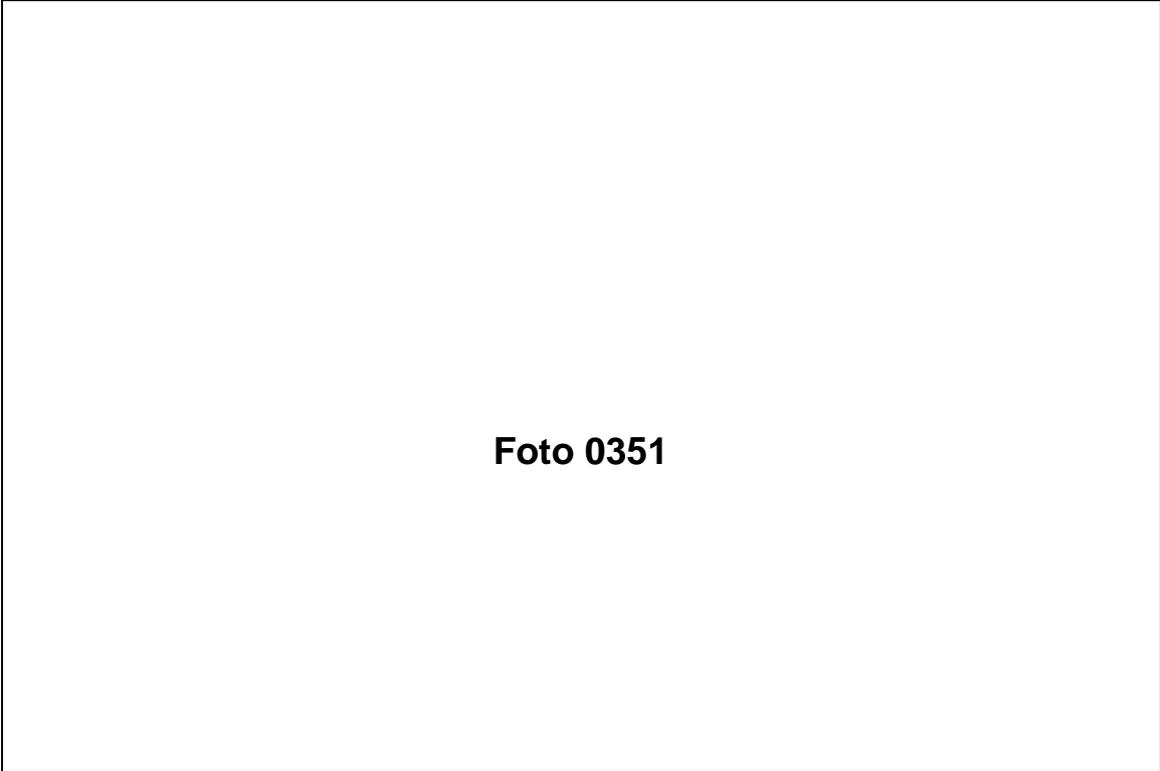


**TRABALHADOR NA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO  
VEGETAL**

**CARTILHA**

**CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E  
FORNALHA**



**Foto 0351**

**BELO HORIZONTE**

**2018**



**PROJETO: “PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO  
VEGETAL PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA”**

**ENTIDADES ENVOLVIDAS**

**PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O  
DESENVOLVIMENTO (PNUD)**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**SISTEMA FAEMG/SENAR**

**INAES**

**EMATER**

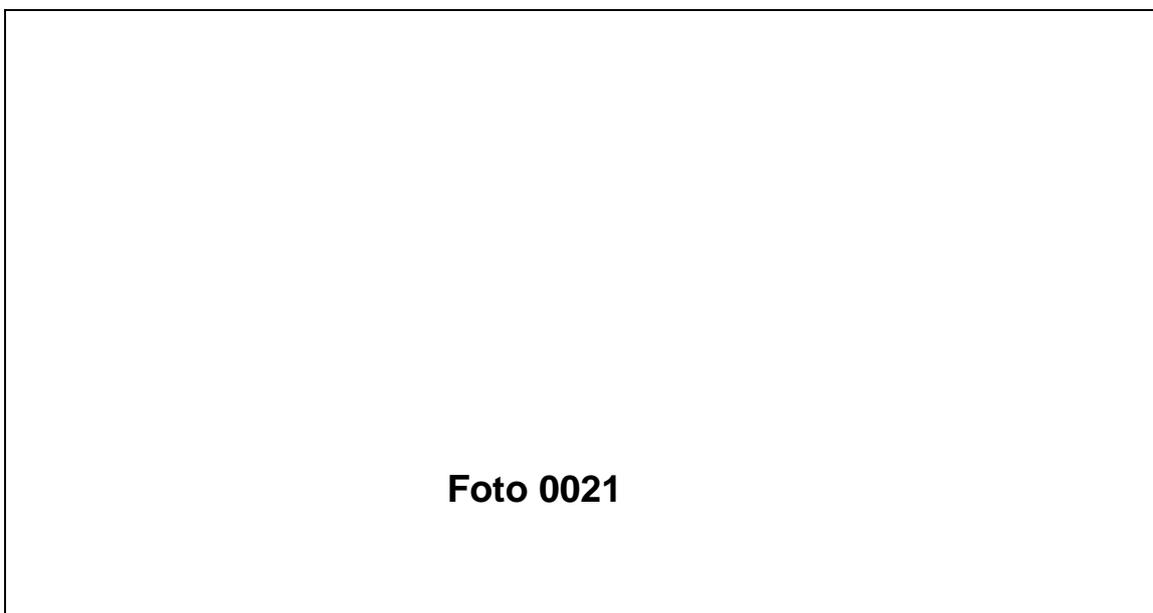
**SEBRAE**

## **TRABALHADOR NA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO VEGETAL**

### **“CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA”**



## **“OPERAÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA”**



Copyright © 2018 by PNUD, UFV e SISTEMA FAEMG / SENAR

**Trabalhador na Produção Sustentável de Carvão Vegetal  
“Construção e Operação do Sistema de Fornos e Fornalha”**

**PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV)  
SISTEMA FAEMG / SENAR**

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

ANGELICA DE CASSIA OLIVEIRA CARNEIRO - UFV

**COORDENAÇÃO METODOLÓGICA E REDAÇÃO**

ROSA MARIA DE REZENDE MAFRA - Consultoria Educacional

**CONSULTORIA TÉCNICA**

DANILO BARROS DONATO – UFV

**APOIO TÉCNICO**

SÁLVIO TEIXEIRA RODRIGUES - UFV

**APOIO LOGÍSTICO**

HARRISSON BELICO COELHO - FPR/SENAR – ARMG

**FOTOGRAFIA**

MATEUS MENDES - UFV

**Construção do Sistema de Fornos e Fornalha / PNUD, UFV e SISTEMA FAEMG SENAR / 2018**

55 p. Il.; ..... cm.

ISBN .....

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
INTRODUÇÃO	11
I- IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO BRASIL	13
1. UTILIZAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL NO BRASIL	13
2. EXIGÊNCIAS DA LEGISLAÇÃO FLORESTAL BRASILEIRA PARA A PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL	15
II- PRINCIPAIS TIPOS DE FORNOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL	19
1. FORNOS MAIS USADOS	20
2. OUTROS TIPOS DE FORNOS	
3. “SISTEMA DE FORNOS CIRCULARES DE SUPERFÍCIE E FORNALHA”	21
III- MONTAGEM DA UNIDADE PRODUTORA DE CARVÃO VEGETAL COMPOSTA DE FORNOS E FORNALHA	23
1. COMPONENTES A CONSTRUIR NA UNIDADE PRODUTORA	23
2. CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA	25
3. CONSTRUÇÃO DAS BASES DOS 4 DUTOS	31
4. CONSTRUÇÃO DA FORNALHA	32
5. FINALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DOS OUTROS TRÊS FORNOS	37
6. CONSTRUÇÃO DOS DUTOS SOBRE OS PISOS JÁ DEMARCADOS COM TIJOLOS	37
7. LIMPEZA GERAL NO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA	38
8. CURA DOS FORNOS E DA FORNALHA	38
IV- CONDUÇÃO DA CARBONIZAÇÃO NO “SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA”	41
1. FATORES RESPONSÁVEIS PELO BOM RENDIMENTO E QUALIDADE DO CARVÃO	41
2. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA	42
3. CONTROLE DA CARBONIZAÇÃO NO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA	45
4. DESCARREGAMENTO DO FORNO	48
LEMBRETES	51
BIBLIOGRAFIA	53
ANOTAÇÕES	54



## APRESENTAÇÃO

Esta Cartilha é um Material Didático previsto para ser utilizado pelo SENAR MINAS em Cursos de capacitação de Carvoejadores e de Produtores Rurais, e também como material de divulgação do **“Projeto de Siderurgia Sustentável”**.

Tal projeto é uma iniciativa da Universidade Federal de Viçosa (UFV) apoiada pelo Programa das Nações Unidas (PNUD), em parceria com o Sistema FAEMG/SENAR MINAS e INAES, EMATER, SEBRAE MINAS e Universidade Federal de Lavras (UFLA).

O **objetivo do projeto é incentivar o desenvolvimento de uma Cadeia Siderúrgica Sustentável** que utilize o carvão vegetal produzido com baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE), para a produção do ferro gusa, aço e ligas de ferro.

As estratégias adotadas pelos responsáveis pelo Projeto para atingir o objetivo proposto são:

- **Divulgar a Tecnologia da Produção Sustentável de Carvão Vegetal** junto à Indústria Siderúrgica, setor que adquire o carvão vegetal;
- **Incentivar o uso da Tecnologia da Produção Sustentável de Carvão Vegetal pelos pequenos e médios produtores de carvão**, “ pois sabe-se que eles correspondem a 60% do total”, como informa Saenandoah Dutra, assessora técnica do PNUD.

Para disseminar a referida Tecnologia de Produção Sustentável de Carvão Vegetal, dois Sistemas de Fornos e Fornalha estão sendo construídos e implementados em Minas Gerais: um em LAMIM já pronto e em funcionamento e outro, a ser construído em João Pinheiro. Ambos funcionarão como Unidades Demonstrativas, num trabalho conjunto da EMATER, com o apoio da UFV e do PNUD.

Paralelamente, serão realizados Cursos pelo SENAR MINAS, preparando Produtores e trabalhadores rurais para utilizarem a nova tecnologia de forma eficaz, conforme informações contidas na presente Cartilha.



## INTRODUÇÃO

Esta Cartilha é destinada a você, prezado(a) leitor(a), seja produtor(a) rural, carvoejador(a) ou Empresário(a) que se interessa pela produção de carvão vegetal. Ela contém informações importantes sobre a **Produção Sustentável de Carvão Vegetal** ou seja, produção de um carvão de qualidade, que é feita sem prejudicar sua saúde e sem poluir o Meio Ambiente.

A partir das informações contidas na cartilha, você vai descobrir que é possível diminuir e até eliminar os gases poluentes que são produzidos durante o processo de carbonização da madeira.

As informações importantes que constam na cartilha tratam da tecnologia a ser aplicada para **construir e operar o Sistema de Fornos e Fornalha, na carbonização da madeira e na queima dos gases de efeito estufa.**

Ela contém ensinamentos sobre o controle da temperatura do forno e a operação da fornalha durante a queima dos gases e, sobretudo, a forma de aplicá-los.

Este processo novo de carbonização da madeira que você passa a conhecer, visando a Produção Sustentável de Carvão Vegetal serve de exemplo para muitos produtores rurais mineiros que possuem áreas de florestas plantadas.

A tecnologia de produção inovadora é fruto de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa que projetou o “Sistema de Fornos e Fornalha” que agora é oferecido aos pequenos e médios produtores rurais, trazendo ganhos de produtividade: **um carvão de maior qualidade, produzido com um custo menor, sem prejudicar a saúde de quem opera o forno e sem poluir o Meio Ambiente.**

A cartilha se torna assim, um material útil para futuras consultas, em caso de dúvida ou, para reforço da sua aprendizagem, levando você a ler e pesquisar mais, sobre o assunto.



## I – IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL PARA O BRASIL

Atualmente, o Brasil é considerado o maior produtor de carvão vegetal do mundo. Em 2015 o Brasil produziu 26 milhões de m<sup>3</sup> de carvão vegetal. Cerca de 30% do carvão vegetal consumido pelo mundo é exportado pelo Brasil.

Do total produzido, 82% são oriundos de florestas plantadas.

O carvão corresponde a uma parcela importante da economia brasileira, assim como da economia de Minas Gerais, que é o principal estado produtor e consumidor do carvão vegetal no Brasil.

### 1- UTILIZAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL NO BRASIL

O carvão vegetal tem sido utilizado pela Siderurgia Brasileira, como matéria prima, na fabricação do ferro gusa, do aço e de várias ligas metálicas.

Ele é empregado como combustível e como redutor do minério de ferro, durante a produção do aço.

#### 1.1. IDENTIFIQUE AS VANTAGENS NO USO DO CARVÃO VEGETAL, EM COMPARAÇÃO COM O USO DO CARVÃO MINERAL

O uso do carvão vegetal é mais vantajoso que o uso do carvão mineral pelos seguintes motivos:

- Possui alto teor de pureza;
- Tem baixo custo de produção;
- É um recurso que se renova.

#### 1.2. CONHEÇA OS FATORES QUE PODEM PREJUDICAR A QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL

Os fatores que podem prejudicar a qualidade do carvão vegetal são:

- A qualidade da matéria prima (madeira);
- O sistema de carbonização empregado para produzir o carvão, ou seja, o **tipo e a qualidade do forno**;
- A maneira de conduzir a carbonização.

##### 1.2.1. Saiba avaliar a qualidade da madeira

Avalia-se a qualidade da madeira pela sua **DENSIDADE**, levando em conta seu **teor de umidade** e a **composição química das peças**.

**A) Saiba como a densidade da madeira interfere na qualidade do carvão**

Madeiras mais densas produzem carvão mais denso ou seja, com mais massa, considerado um carvão de qualidade e que é comercializado não só pelo volume, mas também pelo peso.	Foto 0158 de peças de madeira cortadas
--	--

**B) Entenda o que seja “teor de umidade da madeira”**

**O teor de umidade da madeira** é a quantidade de água existente nas peças recém cortadas.

O ideal é que o teor de umidade da madeira esteja em torno de 35%. A madeira com umidade acima deste valor é considerada “verde”, não sendo recomendada para a produção de carvão vegetal.

<b>ATENÇÃO:</b> As toras devem secar, empilhadas, ao ar livre, durante 90 a 120 dias. Assim, ficarão prontas, para serem carbonizadas, transformando-se em carvão de qualidade.	Foto de toras empilhadas secando
--	----------------------------------

**C) Conheça os fatores que podem interferir na secagem da madeira, ao ar livre**

Dentre os fatores espécie e o tipo de madeira que podem favorecer ou dificultar a secagem da madeira ao ar livre, estão:

- A espécie e o tipo de madeira.
- As condições do local onde a madeira permanece secando. - A temperatura ambiente, a velocidade e a umidade relativa do ar.

**D) Saiba como o tamanho e o diâmetro das peças de madeira interferem na qualidade do carvão**

<b>Tamanho das peças:</b> Para caber no forno, as peças de madeira devem ter tamanho compatível com a altura da parede do forno.	<b>Buscar foto das madeiras ao lado do forno</b>
--	--

**Diâmetro das peças:** O diâmetro ideal das peças deve estar entre 10 e 20 centímetros. Acima de 20 cm, seu manuseio é difícil e o carvão produzido é quebradiço.

Foto 9866

**ATENÇÃO:**

Peças com diâmetro maior que 20 cm, são pesadas e difíceis de serem manuseadas.

Peças com diâmetro menor que 10 cm, dificultam o arranjo dentro do forno, aumentando assim, o tempo gasto para o carregamento e, conseqüentemente, o custo da mão de obra, por isso devem ter outra destinação.

**E) Conheça os tipos e a quantidade de elementos químicos presentes na madeira**

**Os elementos químicos presentes na madeira são:**

- Carbono, na proporção de 50%;
- Oxigênio, na proporção de 44%;
- Hidrogênio, na proporção de 6%.

**Quimicamente, a madeira é composta de Celulose, Hemiceluloses, Lignina, Extrativos e Cinzas.**

**ATENÇÃO:**

A Lignina é um dos componentes da madeira de fundamental importância para a produção de carvão vegetal.

Madeiras com maior teor de lignina resultarão em maior rendimento de carvão.

**2. EXIGÊNCIAS DA LEGISLAÇÃO FLORESTAL BRASILEIRA PARA A PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL**

A **Lei 10.561** contém orientações e exigências referentes à produção de carvão vegetal, no Brasil, tais como:

- Licenciamento Ambiental para instalação de uma unidade produtora de carvão, para a produção e a comercialização do mesmo;
- Alvará de Funcionamento da unidade produtora;
- Documento de Corte e Comercialização (DCC).

**2.1. SAIBA O QUE É EXIGIDO PARA A INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CARVÃO**

As exigências para uma infra - estrutura básica de produção são:

- **Instalações para trabalhadores:** alojamento, refeitório e sanitário (s).
- **Instalações operacionais:** compartimento para ferramentas, EPI e outros; depósitos apropriados para a madeira cortada e para o carvão produzido.

## 2.2. CONHEÇA OS CUIDADOS GERAIS COM SEGURANÇA

De modo geral, os cuidados com segurança se referem a **segurança pessoal e relacionada a terceiros**, o que requer treinamentos específicos, feitos previamente pelos trabalhadores, antes que comecem a trabalhar na Unidade de Produção.

Nos treinamentos os trabalhadores aprendem a **fazer uso correto** dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e **lidar corretamente** com tudo que acarrete riscos à saúde pessoal e de terceiros, ou seja: ferramentas, máquinas, eletricidade, fogo, animais etc.

### 2.2.1. Entenda o que seja segurança de terceiros no ambiente de trabalho

De modo geral, a segurança de terceiros se resume a evitar a presença de pessoas estranhas ao trabalho em locais de risco, ou seja, pessoas sem treinamento, crianças etc.

### 2.2.2. Conheça os EPI a serem usados pelo trabalhador na Unidade de Produção de Carvão

LUVAS DE BORRACHA	LUVAS DE VAQUETA	PROTETOR AURICULAR DE ESPUMA	ÓCULOS DE SEGURANÇA
0299	0348	Protetor_auricular	0436

Máscara de segurança	CAPACETE	BOTINAS DE SEGURANÇA	PERNEIRAS
0474	0277	0618	0386

**2.2.3. Verifique, na planilha, os EPI a serem usados obrigatoriamente, conforme as atividades de trabalho na Unidade de Produção**

<b>ATIVIDADES DE TRABALHO</b>	<b>EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL</b>
- Construção do sistema. - Fechamento do forno.	Luvas de borracha, capacete e botinas de segurança.
- Preparo da madeira (corte e armazenamento).	Calça de nylon, botinas, perneiras, luvas de vaqueta, protetor auricular de espuma, óculos de segurança e capacete.
- Enchimento do forno. - Abertura e descarregamento do forno.	Botinas de segurança, capacete, máscara de segurança e ou respirador purificador de ar, luvas de vaqueta.
- Ignição do forno e fonalha.	Capacete e botinas de segurança.
- Controle da carbonização. - Operação da fonalha.	Botinas de segurança, capacete, máscara de segurança e ou respirador purificador de ar, luvas de vaqueta.



## II – PRINCIPAIS TIPOS DE FORNOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Como já se viu no capítulo anterior, o tipo e a qualidade do forno são fatores que podem favorecer ou comprometer a produção do carvão vegetal.

### 1. FORNOS MAIS USADOS PARA PRODUZIR CARVÃO VEGETAL

Dentre os fornos mais usados para produzir carvão vegetal, no contexto atual de produção, 75% são do tipo “**rabo quente**” e “**de encosta**”.

As vantagens desses modelos de fornos se resumem ao fato de serem feitos de alvenaria, a um baixo custo.

No entanto, os fornos “**rabo quente**” e “**de encosta**” **apresentam três sérias desvantagens:**

- não possibilitam o controle da temperatura de carbonização;
- são altamente poluidores do meio ambiente;
- são prejudiciais à saúde do operador.

<p>1.1. CONHEÇA MAIS SOBRE O “FORNO RABO QUENTE”</p> <p>O “forno rabo quente” é um dos mais usados pelos pequenos produtores rurais.</p> <p>É um forno simples, indicado para ser construído em áreas planas, tem baixo rendimento (20% a 28% de carvão vegetal) e como se viu, é extremamente poluidor.</p>	<p>Foto</p> <p>RABO QUENTE</p>
--	--------------------------------

<p>1.2. CONHEÇA SOBRE O “FORNO DE ENCOSTA”</p> <p>O “forno de encosta” é indicado para ser construído em regiões de topografia acidentada.</p> <p>Tem rendimento satisfatório: 32% de carvão vegetal. Por estar em contato direto com o solo, é eficiente na carbonização.</p> <p>Nele, o resfriamento do carvão é mais demorado e as fumaças da carbonização são liberadas diretamente para o meio ambiente, o que é altamente prejudicial à saúde do operador e do meio ambiente.</p>	<p>Foto</p> <p>DE ENCOSTA”</p>
---	--------------------------------

## 2. OUTROS TIPOS DE FORNOS

Dentre os vários tipos de fornos, estão alguns que foram surgindo e com o tempo, sendo modificados, tais como:

- “Forno de Superfície ou Circular”;
- “Forno JG”;
- “Forno MF1” – UFV;
- “ Forno Retangular”;
- “Forno Container”.

<p>2.1. SAIBA COMO É O “FORNO DE SUPERFÍCIE” OU “FORNO CIRCULAR”</p> <p>Este forno é parecido com o “forno rabo quente”. Ele passou por vários processos de melhoria.</p> <p>Ele possui uma chaminé que succiona os gases, melhorando as condições térmicas e o fluxo de gases no interior do forno, durante a carbonização da madeira</p> <p>Tem um rendimento de aproximadamente 28% a 34% de carvão vegetal e possibilita o uso parcial da mecanização, no descarregamento do carvão.</p>	<p>Foto Forno de Superfície</p>
<p>2.2. CONHEÇA O “FORNO JG”</p> <p>O “forno JG” é uma variação do “forno de superfície”, com chaminé.</p> <p>É construído com tijolos de barro cozido.</p> <p>Pode ter 1 ou 2 portas.</p> <p>Na sua parte externa é colocada uma cinta metálica, que aumenta sua durabilidade.</p> <p>Tem grande rendimento de carvão vegetal.</p>	<p>Foto Forno JG</p>
<p>2.3. CONHEÇA O “FORNO MF1” – UFV</p> <p>Este forno, tem formato retangular, e 4 aberturas laterais para a entrada de ar.</p> <p>Na sua cúpula são colocados termopares para controlar a temperatura.</p>	<p>Foto FORNO MF1 UFV</p>

<p>2.4. SAIBA COMO É O “FORNO RETANGULAR”</p> <p>Este forno foi criado para ser usado em grandes empresas, visando maior produtividade: 30% a 35% de carvão de qualidade, em ambiente mais saudável. Nele, o ciclo completo de carbonização e resfriamento dura em média, 13 dias: 4 dias para carbonização, 8 dias para resfriamento e 1 dia para carregamento e descarregamento.</p>	<p>Foto</p> <p>Forno RETANGULAR</p>
--	-------------------------------------

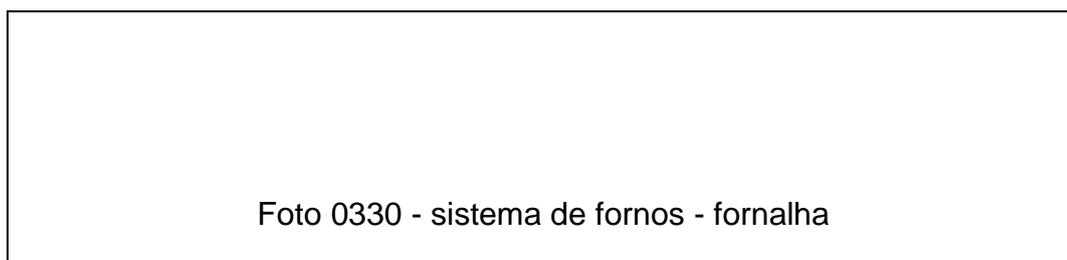
<p>2.5. CONHEÇA SOBRE O “FORNO CONTAINER”</p> <p>O “forno container” não necessita de reparos contínuos e é considerado um forno de alta produtividade. Nele, o trabalho é mais humanizado pois os trabalhadores não ficam expostos aos gases poluentes. Ele possibilita que se faça um controle técnico da carbonização, pela temperatura e a utilização da descarga mecanizada. Nele, o resfriamento do carvão ocorre rápido, em 10h e há uma redução da quantidade de finos.</p>	<p>2 fotos</p> <p>FORNO CONTAINER</p>
---	---------------------------------------

### 3. “SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA”

**O sistema que esta cartilha apresenta** tem capacidade para enfiar aproximadamente 10 st de madeira e carbonizá-la, sem emitir gases poluidores.

**O sistema é composto de 4 “Fornos Circulares de Superfície”,** conectados por um duto, a uma **fornalha de alvenaria**. Sobre a **câmara de combustão da fornalha** é construída uma **chaminé de 4,50m de altura**.

**Na câmara de combustão da fornalha é que ocorre a queima dos gases gerados durante a carbonização da madeira, o grande salto da “produção Sustentável de Carvão Vegetal”.**



### 3.1. SAIBA COMO FUNCIONAM OS COMPONENTES DO “SISTEMA FORNOS - FORNALHA”

O Sistema funciona com 4 fornos acoplados à fornalha por meio de 4 dutos.

Nos fornos ocorre a carbonização e na fornalha a queima dos gases. Os dutos são responsáveis pela condução dos gases, dos fornos para a fornalha.

#### 3.1.1. Saiba o que acontece do interior dos fornos

No interior dos fornos acontece o processo de secagem e carbonização da madeira, transformando-a em carvão. O ciclo de carbonização nesse sistema de fornos dura entre 6 e 7 dias.

#### 3.1.2. Saiba o que acontece no interior da fornalha

A fornalha é responsável pela queima dos gases gerados durante a carbonização da madeira. Ela é constituída de câmara de combustão, chaminé, grelha e por um canal ou duto. Tais componentes exercem funções específicas, descritas a seguir.

##### A) Função do duto:

Permitir a passagem do ar atmosférico para dentro da câmara de combustão da fornalha, favorecendo a queima dos gases.

##### B) Função da grelha:

Evitar a obstrução do duto, pelos materiais utilizados como combustível auxiliar, durante o funcionamento da fornalha.

##### C) Função da câmara de combustão:

A câmara de combustão é responsável pela queima dos gases.

##### D) Função da chaminé

Fazer a sucção dos gases gerados durante a carbonização da madeira, melhorando assim as condições térmicas e o fluxo dos gases.

##### E) Função das Paredes Defletoras:

Evitar que o fluxo de gases de um dos fornos abafe o fluxo de gases de outro(s) forno(s) e também, aumentar a turbulência dos gases, dentro da câmara de combustão da fornalha.

### **III- MONTAGEM DA UNIDADE PRODUTORA DE CARVÃO VEGETAL COMPOSTA DE FORNOS E FORNALHA**

A montagem da unidade produtora envolve escolha prévia do local, levando em conta as recomendações técnicas sobre condições do solo, estradas de acesso e a Legislação Ambiental.

#### **1. COMPONENTES A CONSTRUIR NA UNIDADE PRODUTORA DE CARVÃO**

Na Unidade Produtora de Carvão Vegetal serão construídos 4 fornos com respectivos dutos acoplados à fornalha e demais instalações para:

- alojamento dos trabalhadores;
- depósito de ferramentas e demais materiais e equipamentos necessários ao trabalho;
- estocagem da madeira cortada;
- armazenamento do carvão produzido.

##### **1.1. CONHEÇA OS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DO LOCAL**

O local escolhido deve dispor de água potável, estar próximo da floresta plantada e distante de residências, de áreas de preservação permanente e de rodovias, mas deve ter estradas de acesso para transportar madeira e carvão.

##### **1.2. SAIBA COMO DEVE SER O SOLO PARA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA**

O solo para construção do Sistema de Fornos e Fornalha deve ser bem drenado e plano.

##### **1.3. MARQUE O LOCAL PARA A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA**

###### **ATENÇÃO:**

O sistema deve ser construído em local previamente aplainado, compactado e encascalhado, que esteja distante, pelo menos 100 metros, dos alojamentos de trabalhadores.

Marcam-se os locais das construções, incluindo canaletas, que devem ser construídas em torno do Sistema, para escoamento de possível água de enxurrada.

Foto 7069

1.4. IDENTIFIQUE OS MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA

<b>MATERIAIS e ou INSUMOS</b>		<b>FINALIDADE/UTILIZAÇÃO</b>
Tijolos maciços, de barro queimado	7159	Construção de fornos, dutos e fornalha.
Solo argiloso e água	7312	Confecção de Argamassa.
Cinta metálica para cada forno	8608	Prevenção da expansão das paredes dos fornos e firmeza ou estabilização das suas cúpulas.
Barra rosqueada e porcas	7562	Travamento das cintas nos fornos.
Cantoneiras	7560	Suporte da cúpula, sobre o vão da porta de cada forno.
Chapas metálicas	7258	Utilizadas como guilhotinas, para fechar as saídas dos fornos.
Manta de fibra de cerâmica	8104	Isolamento térmico da fornalha e da chaminé.
Barra de ferro (5/8) de 30 cm, com formato de L	7567	Fixação da manta de cerâmica no interior da fornalha e da chaminé.
Grelha metálica	7249	Suporte para a queima de material combustível, na fornalha.
Porta metálica	7563	Abastecimento da fornalha.
Cilindros metálicos	7255	Medição da temperatura do forno, durante a carbonização.
Pirômetro	0383	Medição da temperatura do forno, durante a carbonização.

## 2. CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA

Os fornos, a câmara de combustão da fornalha e a chaminé são construídos com tijolos de barro queimado e emboçados com mistura de argamassa de argila. Ao emboçar, busca-se eliminar possíveis entradas de ar nos fornos, favorecendo assim, a manutenção do calor interno nos mesmos, que é necessária para a carbonização da madeira.

Em torno de cada um dos 4 fornos, nas bases de suas cúpulas, é colocada uma cinta metálica, para sustentá-las e evitar que as paredes dos fornos se expandam, devido ao peso das cúpulas e à pressão exercida pelos gases, durante a carbonização.

Estes cuidados favorecem a maior durabilidade dos fornos.

8608	8636
Cinta metálica	Barra de ferro rosqueada

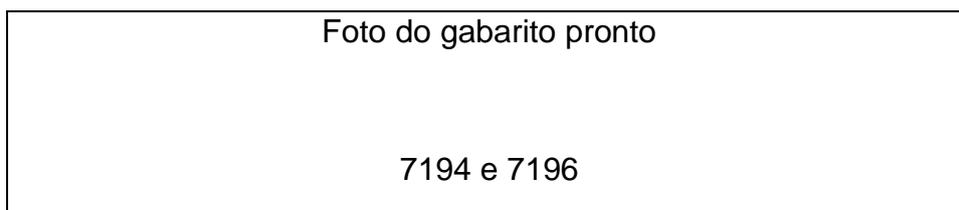
### 2.1. CONSTRUA OS FORNOS CIRCULARES

Na construção dos fornos circulares usa-se um instrumento de madeira, denominado Cintel, que é utilizado como um gabarito, para fazer a marcação da base dos fornos e levantamento das paredes.

### 2.2. CONFECCIONE UM GABARITO DE MADEIRA OU DE OUTRO MATERIAL APROPRIADO

O gabarito também conhecido como Cintel, é composto de duas hastes: uma, medindo 2m e outra, 1,5m de comprimento, que corresponde à metade do diâmetro do forno.

As hastes são amarradas em suas bases, por um pedaço de borracha ou material semelhante, constituindo assim o gabarito.



### 2.3. MARQUE A BASE DO PRIMEIRO FORNO A CONSTRUIR

Com o gabarito pronto, marca-se a circunferência do forno, caminhando em círculo e ao mesmo tempo riscando o solo. Sobre esta linha demarcada será feita a base do forno.

Foto da marcação C o cintel  7206	Foto acabada mostrando o círculo da base  7216
--	---

### 2.4. PREPARE A BASE DO PRIMEIRO FORNO

O preparo da base do forno inicia-se pela construção de uma canaleta onde serão assentados os tijolos que sustentarão a parede do forno.

#### 2.4.1. Escave o solo, sobre a linha demarcada

Escava-se o solo, formando uma canaleta, com 10 centímetros de profundidade por 20 cm de largura, para colocação dos tijolos que iniciarão a base do forno.	Foto da escavação sendo feita 7242
---	---------------------------------------

#### 2.4.2. Forre a canaleta com os tijolos atravessados, voltados para o centro da mesma

Os tijolos são colocados atravessados, numa primeira fileira, um ao lado do outro, em toda a canaleta, marcando a base da parede a ser construída.

#### **ATENÇÃO:**

Com a construção da base do forno a 10 cm abaixo do nível do solo, consegue-se dar maior firmeza à parede do forno que será construída.

Foto colocando os tijolos 7305	Foto da canaleta coberta pelos tijolos atravessados  7322
-----------------------------------	--

### 2.4.3. Deixe aberturas maiores, na primeira fileira de tijolos da base

A abertura maior, medindo 90 cm de largura, ficará na frente do forno e será a porta por onde entrará a madeira e sairá o carvão. No lado oposto do forno, ficará outra abertura de 20 cm de largura e 20 cm de altura, para a saída dos gases.

### 2.5. MARQUE O MEIO DAS ABERTURAS DE ENTRADA E SAÍDA DO PRIMEIRO FORNO

Marcam-se **os meios** das duas aberturas, cravando pedaços de madeira ou similares, que servirão de marcadores.

Foto da abertura maior do 1º forno com o marcador 7278 ou <b>7642</b>	Foto da abertura menor do 1º forno com o marcador 7285
---	--

### 2.6. MARQUE OS PONTOS CENTRAIS DAS DEMAIS CONSTRUÇÕES DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA

As marcações dos pontos centrais da (s) construção (ões) garantem o alinhamento e o nivelamento das mesmas, a começar pelo meio das aberturas de entrada e de saída de cada forno, com a fornalha.

#### **ATENÇÃO:**

Os fornos devem ser alinhados dois a dois, com os respectivos dutos ligados à fornalha.

Considerando que esta cartilha **trata do Sistema de 4 fornos**, passa-se agora a demarcar o ponto central da fornalha e do 2º forno, assim como dos 4 dutos, seguindo-se a marcação dos demais fornos: terceiro (3º) e quarto (4º) fornos.

<b>2.6.1. Amarre um fio de nylon no marcador da abertura de entrada do 1º forno</b>	<b>7642</b>
---	-------------

<b>2.6.2. Leve o fio de nylon até a abertura da saída do forno, amarrando-o no marcador</b>  Este ponto indica onde será construído o 1º duto que ligará o forno à fornalha.	Foto
--	------

<p><b>2.6.3. Estique o fio, a partir da saída do forno, até 1 metro, colocando outro marcador</b></p>	<p>foto</p>
<p>O ponto marcado indica o final do duto que sai do forno e o começo da fornalha.</p>	

<p><b>2.6.4. Marque o centro da fornalha, a 62,5cm da saída do duto</b></p>	<p>Foto</p>
<p>Crava-se a estaca neste ponto, com o fio amarrado.</p>	

<p><b>2.6.5. Estique o fio, 1m além da fornalha, no lado oposto ao 1º duto</b></p>	<p>Foto</p>
<p>Neste ponto, marca-se, com outra estaca, o final do 2º duto e início da área do 2º forno.</p>	

<p><b>2.6.6. Marque o centro do 2º forno, ficando a estaca na metade do seu diâmetro</b></p>	<p>Foto</p>
<p>Neste ponto será usado o gabarito para marcar a área do 2º forno.</p>	

## 2.7. MARQUE AS BASES DAS PAREDES DOS OUTROS TRÊS FORNOS

A marcação da base de cada um dos outros três fornos será feita utilizando o gabarito, como foi feito no primeiro forno: caminhando em círculo e riscando o solo para posterior escavação da canaleta.

<p><b>Foto utilizando o gabarito para riscar a base</b></p>	<p><b>Foto c a marcação feita</b></p>
<p><b>7206</b></p>	<p><b>7214 e ou</b> Mostrando os 3 fornos c suas bases riscadas</p>

## 2.8. INICIE A CONSTRUÇÃO DO 1º FORNO A PARTIR DA BASE

Os tijolos que anteriormente foram colocados na canaleta para marcar a base do forno, devem ser assentados com argamassa, iniciando assim a construção da base da parede do forno.

<b>2.8.1. Aplique a argamassa sobre os tijolos da primeira fileira da parede, para construir a segunda fileira</b>	<b>Foto 7337</b>
<b>2.8.2. Continue construindo a parede do forno</b> A parede do forno é construída com camadas simples de tijolos, exceto nas laterais, próximas da entrada e da saída do forno, onde a camada será dupla.	<b>Foto mostrando as camadas duplas de tijolos 7451</b>
<b>ATENÇÃO:</b> Deve-se deixar 3 aberturas de cada lado do forno, conhecidas como “tatus”, medindo 12 cm de largura por 12 cm de altura, para a entrada de ar no forno e o controle da temperatura durante a carbonização.	<b>Foto das aberturas</b>
<b>2.8.3. Coloque o gabarito da porta na abertura de entrada do forno</b> O gabarito, tem o formato de um trapézio. Deve medir 1,60 de altura, por 0,90 cm de largura, na parte inferior e 0,75 cm na parte superior.	<b>Foto do gabarito Sendo colocado na entrada do forno 7395</b>
<b>2.8.4. Continue a construção da parede do forno</b> Na construção da parede deve-se atentar para a colocação dos tijolos: <b>superpostos, de forma desencontrada</b> , até a altura de 1,65m.	<b>7759</b>
<b>2.8.5. Cubra a abertura da porta de entrada do forno com uma barra de metal, denominada “Barra Perfil”</b> Esta barra servirá de auxílio ao suporte da cúpula, sobre o vão da porta.	<b>Foto do suporte sobre a entrada 7581</b>

<b>2.8.6. Finalize a construção da parede do forno</b>	
Sobre a Barra Perfil assenta-se a última fileira de tijolos, ficando a parede com altura de 1,70 m. <b>Sobre a parede será construída a cúpula do forno.</b>	
Foto da 7587	Foto da parede finalizada 7596

## 2.9. CONSTRUA A CÚPULA DO FORNO

Para construir a cúpula é necessário um gabarito com as mesmas dimensões do gabarito usado na base do forno, cuja haste de madeira tenha 2,30 m de comprimento.

Inicia-se a construção da cúpula **sempre com auxílio do referido gabarito**. Os tijolos são assentados **com as juntas desencontradas, formatando a cúpula**.

1 foto firmando o gabarito	Uma foto mostrando as juntas desencontradas
8173	8196
Foto 8299	8354

### 2.9.1. Instale uma cinta metálica na parte externa do forno, depois de construídas as primeiras camadas da cúpula

Ajusta-se a cinta, manualmente, unindo suas pontas com roscas e porcas. A função da cinta é <b>reforçar o forno</b> , impedindo a expansão da sua parede e <b>dar estabilidade à cúpula</b> .	
Foto 8608 instalando a cinta	<b>Foto 8186</b>

### 2.9.2. Faça o travamento dos tijolos do topo da cúpula, com pedaços pequenos de tijolo e aplicação de barrela

Foto	8326
8314	

**2.9.3. Aplique barrela sobre todo o forno e no seu interior, se necessário**

Aplica-se, sobre o forno, a barrela de textura bem fina, feita com argila e água, que depois de seca, ficará como uma película cobrindo todo o forno.
---

<b>Foto 8498</b>
------------------

**2.9.4. Instale cilindros metálicos no forno: 4 nas laterais da parede e 1 na cúpula do forno**

**A) Saiba como são e para o que servem, os cilindros**

**ATENÇÃO:**

Os cilindros, medem 25 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro. Possuem uma extremidade fechada que fica voltada para o interior do forno e outra extremidade, aberta, onde é instalado um sensor infravermelho – **o pirômetro** – para medir a temperatura interna do forno, durante a carbonização da madeira e o resfriamento.

**B) Faça a instalação correta dos cilindros**

**Os 4 cilindros serão instalados nas laterais da parede do forno, 2 de cada lado**, a uma altura de 65 cm acima do solo. A posição desses 2 cilindros deve corresponder à metade do espaço entre os “tatus” que estão na base do forno, o que melhor representa a temperatura média do interior do forno.

Foto 8379 de 1 cilindro na parede

**O outro cilindro é instalado na cúpula do forno**, a 1,90 m acima do solo, ou, a 40cm acima do vão da porta de entrada.

Foto 8386 do cilindro da cúpula

**3. CONSTRUÇÃO DAS BASES DOS 4 DUTOS**

Os dutos ou canais, medindo 1 metro de comprimento e 30 cm de largura por 30 cm de altura, são construídos com tijolos maciços, em camadas simples de 10 cm, ligando os fornos à fornalha, com a função de transportar os gases gerados durante a carbonização.

### 3.1. MARQUE AS BASES DOS DUTOS, COM TAMANHOS CORRETOS

Foto 8619

### 3.2. NIVELAS AS BASES DOS DUTOS

Nivelam - se as bases dos dutos, tomando como referência os níveis dos fornos e da fornalha, já demarcados anteriormente.

Foto 7533	7536
-----------	------

### 3.3. CUBRA AS BASES DOS DUTOS COM TIJOLOS

Os tijolos são distribuídos sobre as bases dos dutos, para serem assentados com argamassa, posteriormente, quando suas laterais forem construídas.

Foto 7226 do piso com tijolos	Foto 8630 com argamassa	Foto <b>8653</b>
-------------------------------	-------------------------	------------------

## 4. CONSTRUÇÃO DA FORNALHA

A fornalha é composta de câmara de combustão, entrada de ar, câmara de limpeza e chaminé.

A construção da fornalha é feita em área previamente demarcada, começando pela sua base e a partir desta, construindo um duto subterrâneo, seguido da câmara de combustão.

Seu formato é circular, com diâmetro interno de **85 cm e altura de 4,50 m.**

### 4.1. MARQUE A BASE DA FORNALHA

Marca-se a base da fornalha, usando o gabarito para riscar o chão.	Foto 7539
--	-----------

4.2. ESCAVE UMA CANALETA SOBRE O RISCO FEITO COM O GABARITO

Escava-se o solo como foi feito para a base do forno, com 10 cm de profundidade, por 20 cm de largura.	Foto da escavação  7223
--	-------------------------------

<b>4.2.1. Escave a base do duto subterrâneo</b>  A base do duto é escavada do centro da fornalha para fora, na direção da abertura da porta, com 92,50 cm de comprimento, por 20 cm de altura e de largura.	<b>Foto 7787 ou 7811</b>
---	--------------------------

<b>4.2.2. Construa a base da fornalha com tijolos e argamassa</b>	Foto da colocação dos tijolos 7738	Foto 7784
---	------------------------------------	-----------

<b>4.2.3. Instale a base para a grelha da fornalha</b>	
7820	7851

<b>4.2.4. Forre o duto subterrâneo com tijolos</b>	Foto da colocação dos tijolos  7825
--	---

<b>4.2.5. Instale a grelha na câmara de combustão</b>  A grelha, com dimensões de 20 cm por 20 cm, será instalada dentro do duto subterrâneo, no centro da câmara de combustão da fornalha.		
<b>Foto 7838</b>	Foto da grelha 7849	Foto da base completa c grelha 7896

#### 4.3. CONSTRUA A CÂMARA DE COMBUSTÃO DA FORNALHA

##### 4.3.1. Inicie a construção da Câmara de Combustão

Inicia-se a construção colocando uma camada dupla de tijolos de 20 cm, sobre aqueles que forraram a canaleta, até a altura de 1 metro.	F 7898
--	--------

##### 4.3.2. Deixe as aberturas recomendadas

Devem ser deixadas 4 aberturas de 20 cm por 20 cm, para serem acopladas aos dutos que conduzirão os gases da carbonização para a fornalha. Haverá 1 abertura para a porta da fornalha, de 30 cm de largura por 40 cm de altura.	
Foto 7917 mostrando a parede c aberturas	Foto 7932 com porta metálica

##### 4.3.3. Construa as paredes defletoras

<b>As paredes defletoras</b> impedem que os gases de um forno abafem e ou atrapalhem o fluxo dos gases de outro forno, prejudicando assim a carbonização e a queima de gases.	Foto 7944
---	-----------

##### 4.3.4. Coloque manta cerâmica na câmara de combustão

A manta cerâmica favorece o isolamento térmico da câmara de combustão. Ela é fixada por barras de ferro em formato de L, com tamanho de 20 cm por 10 cm.	
Foto 7955	Foto 8030

#### 4.3.5. Coloque chapas metálicas sobre as 5 aberturas da câmara de combustão

<p>As chapas metálicas servem de suporte para as demais fileiras de tijolos a serem utilizadas na construção do restante da fornalha.</p> <p>A chapa colocada sobre a abertura da porta mede 20 cm de largura por 35 cm de comprimento e as 4 demais, medem 20 cm de largura e 25 cm de comprimento. A espessura das chapas pode ser de 2 mm a 3 mm.</p>	foto 7974
--	-----------

#### 4.4. FAÇA UM ESTRANGULAMENTO DE 20 CENTÍMETROS NO TÉRMINO DA FORNALHA

O estrangulamento consiste na diminuição do diâmetro interno da fornalha, de 85 cm para 65 cm.

Ele é feito depois da construção da câmara de combustão (a 1 metro de altura).

##### **ATENÇÃO:**

A diminuição do diâmetro da fornalha faz com que os gases permaneçam por mais tempo na câmara de combustão, favorecendo assim sua queima.

Fotos do estrangulamento da parede da fornalha 8061	e 8079
---	--------

#### 4.5. CONSTRUA A CHAMINÉ, APÓS O LOCAL DO ESTRANGULAMENTO

##### 4.5.1. Inicie a construção da chaminé

<p>A chaminé será construída sobre a câmara de combustão da fornalha, com parede dupla de tijolos e diâmetro interno de 65 cm, seguindo a mesma formatação. A altura total da fornalha com a chaminé ficará em 4,50 metros.</p>	Foto 8091
---	-----------

#### 4.5.2. Faça a forração do interior da chaminé, com a manta cerâmica

Tanto a fornalha, como também a chaminé deverão ser revestidas com a manta cerâmica.	Foto da colocação da manta  8113
--	--

#### 4.5.3. Faça o barrelamento da fornalha e da chaminé

<b>ATENÇÃO:</b> Assim como nos fornos, o barrelamento deve ser feito, usando argila e água, numa mistura de textura fina, que além de melhorar o acabamento da construção, favorece o aumento da sua vida útil.	Foto do barrelamento  8486
--	----------------------------------

#### 4.6. INSTALE O “CHAPÉU CHINÊS” NA ABERTURA DA CHAMINÉ

O chapéu chinês deve ser colocado ao final da construção, permanecendo aberto durante o processo de carbonização, impedindo a entrada de chuva na chaminé, o que poderia estragar a manta cerâmica. Quando não houver carbonização, permanecerá fechado.

Foto do chapéu 8757	Foto da chaminé pronta, com a cobertura  F 0435
---------------------	---

### 5. FINALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DOS DEMAIS FORNOS

A partir das bases já prontas e das paredes já iniciadas, completa-se a construção dos outros 3 fornos, como o primeiro.

Foto 7697	Foto dos 4 fornos e chaminé prontos
-----------	-------------------------------------

## 6. CONSTRUÇÃO DOS DUTOS

Os dutos que ligam os fornos à fornalha são construídos sobre os pisos previamente demarcados com tijolos.

### 6.1. APLIQUE ARGAMASSA SOBRE OS TIJOLOS, INICIANDO A CONSTRUÇÃO DAS PAREDES DOS DUTOS

Sobre os tijolos que marcaram os pisos dos dutos, aplica-se argamassa, para sedimentar a construção, onde serão feitas as paredes, em camadas simples de tijolos, com 10 cm.

Foto 8630 com argamassa	Foto <b>8653</b>
-------------------------	------------------

### 6.2. INSTALE CANTONEIRAS NOS DUTOS DO SISTEMA, PARA NELAS ENCAIXAR UMA CHAPA

A chapa, com espessura de 3 mm e dimensões de 30 cm de largura por 40 cm de comprimento, será disposta na vertical, na saída de cada duto para a fornalha, possibilitando o controle da vazão dos gases, durante a carbonização.

<b>Cantoneira</b>  <b>8651</b>	<b>Chapa instalada</b> <b>8672</b>
--------------------------------------	---------------------------------------

### 6.3. FAÇA O BARRELAMENTO DOS DUTOS

O barrelamento é feito com com argamassa de textura mais fina, que além de deixar os dutos com uma boa aparência, serve também de proteção, aumentando sua vida útil.	<b>Foto dos dutos finalizados</b>  <b>Foto 8729</b>
---	---

## 7. LIMPEZA GERAL NO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA

Finalizadas as construções, deve-se limpar toda a área construída, deixando-a pronta para ser usada na carbonização.

### 7.1. LIMPE TUDO, USANDO EQUIPAMENTOS APROPRIADOS

Deve-se fazer a limpeza, retirando restos de tijolos e de argamassa, varrendo dentro e fora dos fornos, limpando os controladores de ar, os dutos, a fornalha e a chaminé.

Fotos limpando raspando 0319	varrendo  0324	Retirando entulho
---------------------------------	----------------------	-------------------

### 7.2. DÊ DESTINAÇÃO CORRETA AO LIXO

O que for lixo deve ir para o local do descarte de lixo. Sobras de tijolos, ferramentas e outros, serão guardados no local destinado a este tipo de material.

## 8. CURA DOS FORNOS E DA FORNALHA

Recomenda-se, depois de três dias, fazer a cura dos 4 fornos e da fornalha, queimando resíduos de madeira.

### 8.1. FAÇA O ENCHIMENTO DOS FORNOS E DA FORNALHA

Enche-se o forno e a câmara de combustão da fornalha, com madeira de eucalipto, menos indicada para produzir carvão, e com outros tipos de resíduos de madeira: cascas e atíços, até aproximadamente 1/5 da sua capacidade.

### 8.2. DÊ A IGNIÇÃO PARA A QUEIMA DO MATERIAL, NO FORNO E NA FORNALHA

Todo o material deverá ser totalmente queimado.	Foto 8788
---	-----------

### 8.3. LIMPE CADA FORNO E A FORNALHA, DEPOIS DE FRIOS, RETIRANDO AS CINZAS

Depois da limpeza do sistema, repete-se duas a três vezes, o mesmo procedimento de queima, visando uma boa cura.

#### 8.4. AVALIE O ESTADO DOS FORNOS E FORNALHA, DEPOIS DE FRIOS

##### **ATENÇÃO:**

- Avalia-se, verificando se há trincas e ou furos que necessitem de restauração. Se houver, a restauração será feita com barrelamento.  
O barrelamento com argila e água pode ser incrementado, acrescentando açúcar e cimento, o que torna a argamassa mais resistente.
- Depois da avaliação, se tudo estiver correto, repete-se a limpeza dos fornos e fornalha deixando tudo em condição ideal de funcionamento, para fazer a carbonização.



#### IV - CONDUÇÃO DA CARBONIZAÇÃO NO “SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA”

A Carbonização também chamada de Pirólise é o processo de degradação parcial da madeira, pela ação do calor.

Para que o processo de carbonização aconteça é necessário controlar a entrada de oxigênio e aumentar gradativamente o calor, até uma temperatura máxima de 400°C.

##### **ATENÇÃO:**

Como já se viu em capítulo anterior, a Legislação Ambiental só permite a carbonização, de madeira colhida em florestas plantadas de Eucalipto.

#### 1. FATORES RESPONSÁVEIS PELO BOM RENDIMENTO E QUALIDADE DO CARVÃO

Como já foi visto anteriormente, nesta cartilha, o maior rendimento e a qualidade do carvão dependem essencialmente de 3 fatores:

- qualidade da madeira;
- qualidade do forno;
- condução correta da carbonização.

##### 1.1. RECORDE-SE DOS FATORES RELACIONADOS À QUALIDADE DA MADEIRA

A QUALIDADE DA MADEIRA tem relação com **o sua densidade e sua composição química.**

##### **ATENÇÃO:**

Para a produção de carvão vegetal de qualidade é necessário que a madeira tenha um **teor de lignina acima de 30%, teor de umidade menor que 35% e baixa quantidade de cinzas.**

Madeira com umidade acima de 35°C é considerada inadequada para a carbonização.

##### 1.2. CONHEÇA OS FATORES RELACIONADOS AO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CARVÃO QUE DEVEM SER LEVADOS EM CONTA

Os fatores relacionados ao processo de produção de carvão e que devem ser levados em conta são:

- **Diâmetro da madeira = 10 cm a 20 cm;**
- **Controle da taxa de aquecimento e da temperatura, durante a carbonização, até atingir no máximo, 400°C;**
- **Controle do fluxo e da pressão dos gases.**

1.3. ADOTE OS CUIDADOS RECOMENDADOS PARA A SECAGEM DAS TORAS, ANTES DA CARBONIZAÇÃO

Antes da carbonização deve-se colocar as toras empilhadas, para secar ao ar livre, por um período de 90 a 120 dias, período esse que pode variar, conforme as condições climáticas da região. Com esse tempo de secagem, busque obter um teor médio de umidade, em torno de 35%.	Foto 0165
---	-----------

2. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA

FAÇA O ENCHIMENTO DO FORNO

No enchimento do forno, deve-se atentar, para o tamanho das toras e para a maneira de colocá-las no forno, ou seja:

- O tamanho das toras deve ser compatível com o tamanho do forno;
- As toras devem ser colocadas no forno seguindo Recomendações Técnicas, de modo a facilitar a carbonização.

**ATENÇÃO:**

As toras de madeira devem ser colocadas no forno, de pé, **do fundo para a porta**. As toras com maior diâmetro ficarão nas extremidades do forno e aquelas com menor diâmetro devem ficar no centro do forno.

Pedaços de toras de tamanho menor podem ser colocadas atravessadas, sobre as toras que estão de pé, preenchendo os espaços vazios, acompanhando o formato da cúpula do forno.

Foto enchendo o forno 0237	Foto do forno cheio e c/ trava 0272
-------------------------------	--

2.2. FECHAS AS PORTAS DOS FORNOS

Fecha-se a porta de cada forno, com tijolos de 10 cm de espessura, sobrepostos de forma desencontrada, entremeados por argamassa de argila.

Foto 0433 construção da porta com tijolos	Foto 0477
---	--------------

<p><b>2.2.1. Deixe uma abertura na porta</b></p> <p>Deve-se deixar uma abertura de 10 cm a 20 cm de comprimento e 5 cm a 10 cm de espessura, na parte superior da porta de cada forno, por onde será feita a ignição do fogo.</p>	<p>Foto mostrando a abertura 0462</p>
---	---

<p><b>2.2.2. Faça o barrelamento da porta</b></p> <p>Finaliza-se o fechamento de cada porta, com o barrelamento, melhorando assim a vedação e evitando possível entrada de ar no interior dos fornos.</p>	<p>Foto barrelando a porta <b>0477</b></p>
---	--

### 2.3. ABASTEÇA A CÂMARA DE COMBUSTÃO DA FORNALHA

A câmara de combustão da fornalha é abastecida com resíduos de madeira e atijos.

### 2.4. DÊ IGNIÇÃO NA FORNALHA

Na câmara de combustão da fornalha, abastecida com madeiras impróprias para carvão, cascas e atijos, acende-se o fogo que será alimentado por esses e outros materiais, ao longo do processo de carbonização.

**ATENÇÃO:**

Deixa-se a entrada de ar da fornalha aberta para favorecer a queima dos resíduos e conseqüente queima dos gases, posteriormente, durante o processo de carbonização.

Com o aumento da temperatura da fornalha, aumenta-se a tiragem dos gases pela mesma, auxiliando também a ignição do forno.

Logo após a primeira ignição da fornalha será feita a ignição do 1º forno.

<p>Foto abastecendo a fornalha 9915</p>	<p>Foto fazendo a ignição na fornalha 9938</p>
---	--

## 2.5. DÊ A IGNIÇÃO EM CADA FORNO, NO MOMENTO APROPRIADO

Coloca-se o fogo, de forno em forno, pela abertura deixada em cada porta.

Pode-se utilizar um maçarico ou brasas, com um chumaço molhado em álcool, ou similar.

Foto colocando fogo no forno 9974

Depois de 30 a 60 minutos, deve-se verificar se há brasas no local onde o fogo foi ateado. Caso haja brasas, significa que a carbonização foi iniciada.

Neste momento, fecha-se a abertura deixada para a ignição, com tijolos e argamassa.

### **ATENÇÃO:**

Ao fazer a ignição, **deve-se deixar totalmente abertos**, apenas **os 2 controladores de ar do forno - “tatus”** - que ficam próximos da porta e a **válvula borboleta / controlador do fluxo de gases no duto!**

Foto mostrando os tatus 9942 (abrindo o tatu)	9838 Válvula borboleta do duto – aberta (mostrar c seta)
--	--

<b>2.5.1. Verifique se a temperatura está próxima de 180°C</b>  Nesta etapa, a temperatura é verificada no cilindro metálico acima da porta, utilizando-se o Pirômetro.	<b>Foto 0021</b>
---	------------------

<b>2.5.2. Feche completamente o ponto da ignição, com barrela, se a temperatura estiver acima de 180°C</b>  Deve-se fechar completamente o ponto da ignição, com barrela se a temperatura da cúpula do forno estiver acima de 180°C, prevenindo a degradação excessiva da madeira.	<b>0027</b>
--	-------------

### 3. CONTROLE DA CARBONIZAÇÃO NO SISTEMA DE FORNOS E FORNALHA

No Sistema de Fornos e Fornalha a carbonização dura em média 3 dias.

Para que o processo de carbonização seja correto, **é necessário fazer o controle da temperatura interna do forno, pelo menos a cada 2 horas.**

#### 3.1. CONDUZA A CARBONIZAÇÃO DE FORMA CORRETA

A condução correta da carbonização se resume **no controle constante da temperatura interna do forno**, favorecendo assim, o aumento da produtividade de carvão.

<b>3.1.1. Monitore a temperatura do forno</b>  Monitora-se a temperatura do forno nos 6 pontos de medição: 2 cilindros metálicos na cúpula e 4 na parede de cada forno. O monitoramento é feito em intervalos de 2 horas, utilizando-se o pirômetro.	Foto 0020 do monitoramento
<b>ATENÇÃO:</b> Deve-se acompanhar atentamente a evolução da temperatura do forno, para intervir no processo de carbonização, se necessário. Se for constatado que o teor de umidade está acima de 40%, deve-se ampliar o tempo de carbonização na primeira fase para 18 / 22 h.	

<b>3.1.2. Conheça as fases de temperatura, sua duração e o fenômeno que acontece em cada uma delas</b>			
<b>FASE</b>	<b>Faixa de Temperatura</b>	<b>Tempo de Temperatura</b>	<b>FENÔMENO</b>
<b>I</b>	<b>150°C a 180°C</b>	<b>15 h a 16 h</b>	<b>Fase Endotérmica:</b> liberação de vapor de água e secagem da madeira.
<b>II</b>	<b>180°C a 270°C</b>	<b>11 h a 12 h</b>	<b>Fase Endotérmica:</b> Degradação das hemiceluloses e eliminação de gases.
<b>III</b>	<b>270°C a 380°C</b>	<b>23 h a 24 h</b>	<b>Fase Exotérmica:</b> Degradação da celulose, grande produção de gases. Formação do carvão vegetal.
<b>IV</b>	<b>380°C a 400°C</b>	<b>17 h a 18 h</b>	<b>Fase Exotérmica:</b> Redução da emissão de gases e aumento da concentração de carbono, no carvão vegetal.
<b>O tempo e as temperaturas descritas na tabela acima são indicados para madeiras com teor de umidade média de 35%.</b>			

**3.1.3. Conheça as faixas de temperatura e os tempos de carbonização apropriados às madeiras com outros teores de umidade**

Faixa de Temperatura X Teor de Umidade X Tempo de Carbonização			
Faixa de Temperatura	30% de umidade	40% de umidade	50% de umidade
150°C a 180°C	12 h	18 h	26 h
180°C a 270°C	12 h	12 h	12 h
270°C a 380°C	24 h	24 h	24 h
380°C a 400°C	18 h	18 h	18 h
	T = 66 h	T = 72 h	T = 80 h

<p><b>3.1.4. Faça o controle do oxigênio, durante a carbonização, mantendo a temperatura recomendada para cada fase</b></p> <p>O controle do oxigênio é feito, <b>abrindo e fechando os “tatus”</b> nas aberturas laterais do forno, conforme a fase da carbonização.</p>	<p><b>Foto 0389</b></p>
<p><b>ATENÇÃO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quando a frente de carbonização atingir os “tatus” que estão abertos, estes devem continuar, parcialmente abertos, por cerca de 30 a 60 minutos e serem totalmente fechados após esse período.</li> <li>• Repete-se o mesmo procedimento, com os “tatus” do meio e do fundo do forno, quando a frente de carbonização chegar até eles, lembrando que a temperatura deve estar sempre na faixa prevista.</li> <li>• Após os dois últimos “tatus” do fundo do forno serem fechados com tijolos e vedados com argamassa, deve-se aguardar até 2 horas para que não haja mais fluxo de gases do forno para a fornalha.</li> </ul>	

**3.2. OPERE A FORNALHA**

Nas fases I e II, quando se inicia a carbonização no forno, haverá liberação de vapor d'água e de gases com baixo poder calorífico, para a câmara de combustão da fornalha.

Para o funcionamento da fornalha nessas fases, **é necessário fazer abastecimentos periódicos com resíduos de madeira**, para manter a combustão dos gases no interior da câmara e eliminar a fumaça.

<p>Foto abastecendo a câmara 9915</p>	<p>Foto c a câmara aberta vendo-se o fogo 9938</p>
---	--

Nas fases III e IV, os próprios gases gerados na carbonização são capazes de manter a combustão no interior da câmara, não sendo mais necessário o reabastecimento com resíduos, **exceto se a chama se apagar.**

**Um outro indicativo de que os gases que saem do forno possuem alto poder calorífico pode ser medido no duto, usando-se o pirômetro.**

**Foto 0044 medindo temperatura**

**ATENÇÃO:**

Durante a combustão dos gases as temperaturas da Câmara de Combustão da Fornalha variam de 800°C a 1000°C.

Estas temperaturas são capazes de destruir termicamente (pelo calor), os gases poluentes gerados pelo processo de carbonização : **Gás Metano e Monóxido de Carbono**

F 0351 c seta mostrando CO<sup>2</sup> , calor e vapor d`água

**3.3. FINALIZE A CARBONIZAÇÃO**

**3.3.1. Impeça a entrada de oxigênio para dentro do forno, finalizando a carbonização**

Fecha-se a saída de gases do forno, com a chapa metálica do duto, vedando-a com argamassa e impedindo a entrada de oxigênio, para encerrar totalmente, o processo de carbonização e iniciar o processo de esfriamento do carvão.

**ATENÇÃO:**

Quando se inicia o esfriamento do carvão, deve-se atentar para o possível aparecimento de trincas e rachaduras no forno. Se existirem, devem ser vedadas, com argamassa (mistura de argila e água).

Foto 0591

**0594**

**0599**

### 3.3.2. Fique atento à temperatura de esfriamento do carvão, no forno

O esfriamento do carvão nos fornos deve ocorrer de forma natural, pela simples troca de calor do forno com o ambiente.

O tempo médio de resfriamento é de três dias.

#### **ATENÇÃO:**

Quando o forno atinge temperatura menor que 50°C, nos seus pontos de medição, significa que ocorreu esfriamento do carvão, podendo-se então descarregar o forno.

A temperatura inferior a 50°C indica que não haverá incêndio no interior do forno, ao ser aberto.

## 4. DESCARREGAMENTO DO FORNO

O descarregamento de cada forno é feito manualmente, depois que a porta é derrubada.

#### **PRECAUÇÃO:**

Deve-se usar os EPI recomendados para fazer o descarregamento do forno, prevenindo possíveis acidentes.

### 4.1. ABRA A PORTA DO FORNO

Abre-se a porta do forno, derrubando-a, cuidadosamente, separando os tijolos e a argamassa, para que não se misturem ao carvão vegetal.

Foto derrubando porta 0033	Foto separando os tijolos e argamassa 0645
----------------------------	---

### 4.2. SEPARE OS MATERIAIS CARBONIZADOS

Os materiais são separados pelo tipo: carvão, atíços e finos.

#### **ATENÇÃO:**

Uma boa fornada de carvão vegetal deve gerar poucos finos, conter peças de tamanho uniforme, grandes e resistentes.

### 4.3. DESCARREGUE O CARVÃO COM GARFO METÁLICO APROPRIADO

Coloca-se o carvão sobre uma lona, no setor destinado a ele. O uso da lona é recomendado para manter a integridade e a qualidade do carvão, evitando umidade e mistura com terra.	<b>Foto 0681</b>
---	------------------

#### 4.4. COLOQUE O CARVÃO EM SACOS APROPRIADOS

O carvão deve ser ensacado em sacos de 12 kg.	<b>foto 0678</b>
---	------------------

#### 4.5. COLOQUE O CARVÃO JÁ ENSACADO, OU AMONTOADO, EM LOCAL APROPRIADO

O carvão deve ser colocado em local da área de produção destinado para guardá-lo, sobre uma lona e coberto também com lona, próximo dos fornos.

<b>0718,</b>	<b>0746</b>	<b>0725</b>	<b>0736</b>
--------------	-------------	-------------	-------------



## **LEMBRETES**

### **LEMBRE-SE DOS GANHOS QUE O PROJETO DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO VEGETAL PODE PROPORCIONAR A QUEM O IMPLEMENTA**

A Implementação do Projeto de **PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO VEGETAL** pela Indústria Siderúrgica em Minas Gerais, “atende às prioridades nacionais e do Governo Mineiro”, voltadas para a Preservação Ambiental e concorre, para que a produção de ferro gusa, aço e ferroligas no Brasil, principalmente em Minas Gerais, seja mais competitiva, num contexto de Economia que cresce, atentando para a melhoria dos cuidados com o Meio Ambiente.

Os produtores e trabalhadores rurais, os empresários da Siderurgia que trabalham nas cadeias produtivas envolvidas com a produção de carvão, assim como as instituições responsáveis, ficam fortalecidos com os possíveis ganhos trazidos pelo Projeto de Produção Sustentável de Carvão Vegetal, dentre eles:

- Implementação de Normas Regulamentadoras da Produção de carvão sustentável e de melhor qualidade, com bons resultados econômicos para quem o produz : pequeno e médio produtor.
- Inovações nos vários segmentos da Cadeia Produtiva do Carvão, decorrentes do avanço tecnológico e da pesquisa, incentivando o planejamento das plantações e o cultivo de espécies florestais que concorrem para o aumento da produtividade quando carbonizadas, aliado aos possíveis ganhos com a implementação dos estoques de carbono.
- Vivência de um aprendizado em situação real de trabalho, pelos produtores e trabalhadores rurais, que participam de Cursos e Treinamentos gratuitos, conduzidos pelo SENAR, onde além das informações atualizadas recebidas, têm a oportunidade de se exercitar na aplicação da tecnologia de produção sustentável do carvão vegetal, visando atender as exigências das Leis, sobre redução da emissão de gases.

**Belo Horizonte, 12 de janeiro de 2018**



## BIBLIOGRAFIA

**CETEC** – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. 1.982 – “Produção e Utilização de Carvão Vegetal” – Séries Técnicas CETEC, Belo Horizonte, 393 p.

**BRASIL, M.A.A.; VEIGA, R.A.; FERREIRA, M. 1977** – “Variação da densidade básica nas seções transversais do caule, da base do tronco para a copa de eucalipto”. IPEF. (15): 73-82.

Indústria Brasileira de Árvores, IBÁ. “Indicadores de desempenho nacional de árvores plantadas”, referente ao ano de 2014. Disponível em Andlt; [http://www.bracelpa.org.br/shared/iba\\_2014\\_pt.pdfAndgt;](http://www.bracelpa.org.br/shared/iba_2014_pt.pdfAndgt;). Acesso em 29 de maio de 2016.

VALENTE, A.F. 1986. “Carbonização de Madeira de Eucalipto”. Informe Agropecuário 141: 74 -79.

**CARNEIRO**, Angélica de Cássia Oliveira e **OILIVEIRA**, Aylson Costa. “Manual da Produção Sustentável de Carvão Vegetal”. Universidade Federal de Viçosa.

**CARNEIRO**, Angélica de Cássia Oliveira e **DONATO**, Danilo Barros . 2017 “Qualidade da Madeira e Tecnologias de Produção de Carvão Vegetal”. Universidade Federal de Viçosa. 88ª Semana do Fazendeiro.

**FAEMG/SENAR**, Revista edição Nº 30 agosto de 2017 –“Carvão Vegetal EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE” p 31.







