



SIDERURGIA
SUSTENTÁVEL

PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO VEGETAL

SISTEMA

FORNOS-FORNALHA

MANUAL DE CONSTRUÇÃO



Brasília, DF
MMA
2019

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente

JAIR BOLSONARO

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Ministro

RICARDO SALLES

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

Ministro

PAULO GUEDES

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

Ministro

MARCOS PONTES

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

Ministra

TERESA CRISTINA DIAS

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Governador

ROMEU ZEMA

Ministério do Meio Ambiente
Ministério da Economia
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Governo de Minas Gerais
Universidade Federal de Viçosa
Sistema FAEMG/Senar



PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO VEGETAL

SISTEMA

FORNOS-FORNALHA

MANUAL DE CONSTRUÇÃO

Brasília, DF
MMA
2019

© 2019 Ministério do Meio Ambiente – MMA

Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio, se citados as fontes do Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Economia, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Universidade Federal de Viçosa e Sistema FAEMG/Senar ou ainda, os sítios da Internet nos quais podem ser encontrado o original em:

<http://www.mma.gov.br/publicacoes-mma>

<http://www.emater.mg.gov.br>

<http://www.sistefamaemg.org.br/Senar>

<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mg?codUf=14>

<http://www.dcf.ufla.br/site>

<http://www.def.ufv.br>

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Angélica de Cassia Oliveira Carneiro

Danilo Barros Donato

COORDENAÇÃO METODOLÓGICA E REDAÇÃO

Rosa Maria de Rezende Mafra

CONSULTORIA TÉCNICA

Danilo Barros Donato

APOIO TÉCNICO

Sálvio Teixeira Rodrigues

Artur Queiroz Lana

Humberto Fauller

APOIO LOGÍSTICO

Harrisson Belico Coelho

Carla Gonçalves dos Santos

FOTOGRAFIA

Mateus Mendes

PROJETO GRÁFICO

DIAGRAMAÇÃO

INFOGRAFIAS

Brava Design

Dados Internacionais para Catalogação na Publicação - CIP

B823p Brasil. Ministério do Meio Ambiente.

Produção sustentável de carvão vegetal : manual de construção sistemas fornos, fornalha / Ministério do Meio Ambiente ... [et al.]. – Brasília, DF: MMA, 2019.

114 p. : il. , (algumas color.)

ISBN: 978-85-7738-433-4

1.Carvão vegetal. 2.Queimadores de gás. 3.Gases de efeito estufa.
4.Sistema de forno-fornalha. 5.Construção de forno-fornalha. I.Título.

CDU: 662.712:628.512

Biblioteca do Ministério do Meio Ambiente
Maria Ivana CRB 1/1556

**FORNO CIRCULAR DE
SUPERFÍCIE COM MEDIÇÃO
DE TEMPERATURA**



REPRESENTANTES DO PROJETO SIDERURGIA SUSTENTÁVEL NO GOVERNO FEDERAL, ESTADUAL E PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD:

Ministério do Meio Ambiente (Diretor Nacional do Projeto Siderurgia Sustentável)

Secretaria de Relações Internacionais – SRI

Departamento de Economia Ambiental e Acordos Internacionais

Adriano Santhiago de Oliveira - Diretor Nacional do Projeto Siderurgia Sustentável

Carmen Tavares Collares Moreira - Coordenadora Nacional do Projeto Siderurgia Sustentável

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Secretaria de Política Agrícola - SPA/MAPA

Coordenação-Geral de Apoio à Comercialização da Agricultura Familiar

João Antonio Fagundes Salomão

Gustavo Henrique Marquim Firmo de Araújo

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Secretaria de Empreendedorismo e Inovação - SEMPI

Departamento de Tecnologias Estruturantes - DETEC

Coordenação-Geral de Estratégias e Negócios - CGEN

Eduardo Soriano Lousada

Gustavo de Lima Ramos

Ministério da Economia

Secretaria de Produtividade, Emprego e Competitividade

Subsecretaria de Desenvolvimento Produtivo, de Rede e Industrial

Coordenação-Geral de Competitividade Industrial

Gustavo Saboia Fontenele e Silva

João Pignataro Pereira

Klenize Chagas Fávero

Governo de Minas Gerais

Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico - SEDE

Juliano Alves Pinto

Marcelo Ladeira Moreira da Costa

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER - MG

Sérgio Brás Regina

Thiago Emmanuel de Almeida

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD

Projetos GEF/DIM

Unidade de Desenvolvimento Sustentável – Planeta

Rose Diegues

Saenandoah Tiradentes Dutra

Mônica de Oliveira Santos da Conceição

Cláudia Câmara

Michelle de Rezende Souza

Matheus Valério Fontenelle Mesquita

**SISTEMA FORNOS-FORNALHA
PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL
SEM EMISSÃO DE FUMAÇA**





SUMÁRIO

Apresentação	9
Introdução.....	11
1	IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL 13
	1.1. Saiba avaliar a qualidade da madeira14
	1.2. Vistas do projeto fornos-fornalha..... 18
2	COMPONENTES DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA 31
3	MONTAGEM DA UNIDADE PRODUTORA DE CARVÃO VEGETAL COMPOSTA DE FORNOS-FORNALHA35
	3.1. Critérios para escolha e preparo do local de instalação da unidade produtora 35
	3.2. Conheça as exigências da infraestrutura básica para a produção de carvão vegetal 36
	3.3. Materiais necessários para a construção dos fornos e dutos 38
	3.4. Materiais necessários para a construção da fornalha..... 46
	3.5. Passo a passo para a construção do sistema.....54
	3.6. Conduza a cura dos fornos e da fornalha108
	Referências 112



PROJETO SIDERURGIA SUSTENTÁVEL



O Projeto Siderurgia Sustentável foi criado para incentivar a redução de emissões de gases de efeito estufa na siderurgia brasileira. Para atingir seu objetivo, o Projeto busca o desenvolvimento e a demonstração de tecnologias e processos sustentáveis para a produção e uso de carvão vegetal na indústria de aço, ferro-gusa e ferroligas de forma mais competitiva, colaborando para o fortalecimento tecnológico do setor industrial brasileiro, com amplo apoio à pesquisa e inovação.

O Projeto conta com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF) e é implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com coordenação técnica do Ministério do Meio Ambiente, sendo executado em conjunto com o Ministério da Economia; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o Governo de Minas Gerais.

Este Manual faz parte dos esforços do Projeto Siderurgia Sustentável para incentivar a adoção de tecnologias produtivas mais limpas e eficientes e também capacitar produtores para a produção sustentável de carvão vegetal. Com isso, espera-se contribuir para que o produtor tenha uma maior viabilidade do negócio, uma melhor qualidade do ambiente de trabalho e uma maior diversificação da produção no setor rural.

O Projeto está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que têm como proposta erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade.



**A PARTIR DAS INFORMAÇÕES
CONTIDAS NESTE MANUAL, VOCÊ
VAI DESCOBRIR QUE É POSSÍVEL
DIMINUIR E ATÉ ELIMINAR
OS GASES POLUENTES QUE
SÃO PRODUZIDOS DURANTE
O PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO
DA MADEIRA.**





INTRODUÇÃO

Este Manual é destinado a você, prezado(a) leitor(a), seja produtor(a) de carvão vegetal, forneiro(a) ou empresário(a) que se interessa pela atividade. Ele contém informações importantes sobre como construir fornos de carbonização com queima de gases, um sistema que permite produzir melhor e reduzir a emissão de fumaça.

Com este Manual, você conhecerá os materiais e aprenderá quais passos são necessários para construir o sistema fornos-fornalha, uma tecnologia que é fruto de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa (UFV) com o objetivo de tornar a produção de carvão vegetal mais eficiente e sustentável.

Essa tecnologia é oferecida aos pequenos e médios produtores rurais por meio do Projeto Siderurgia Sustentável e traz ganhos de rendimento, além de produzir um carvão vegetal de maior qualidade, sem prejudicar a saúde de quem opera os fornos e sem poluir o meio ambiente.

Este Manual se torna, assim, uma ferramenta útil para consultas em caso de dúvida durante a construção do sistema fornos-fornalha, ou para reforço da sua aprendizagem.

O Projeto Siderurgia Sustentável espera que você se sinta motivado a ler e pesquisar mais sobre como produzir carvão vegetal de forma mais eficiente, sem desperdício, com melhor ambiente de trabalho e sustentabilidade.

Para mais informações sobre como se capacitar para a construção e operação do sistema fornos-fornalha, procure o Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM) da Universidade Federal de Viçosa, o Senar ou a Emater em Minas Gerais.





IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL PARA O BRASIL

Atualmente, o Brasil é considerado o maior produtor de carvão vegetal do mundo. Em 2016 o Brasil produziu 4,5 milhões de toneladas de carvão vegetal. Do total produzido, 84% foram 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. (Fonte: IBÁ - 2017)

UTILIZAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL NO BRASIL

O carvão vegetal tem sido utilizado, principalmente pela Siderurgia Brasileira, como matéria-prima na fabricação do ferro-gusa, do aço e de várias ligas metálicas. Além do uso na siderurgia, utiliza-se o carvão vegetal:

- em ambientes residenciais e comerciais para cocção e aquecimento;
- em outras indústrias, tais como: indústria química; produção de cimentos, de cerâmicas e de alimentos.

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, por diversos motivos, entre eles destaca-se:

- Possui alto teor de pureza;
- É um recurso que se renova;
- Livre de enxofre.

CONHEÇA OS FATORES QUE PODEM AFETAR A QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL

- A qualidade da matéria-prima (madeira);
- As dimensões da madeira (diâmetro e comprimento);
- O tipo e o estado de conservação do forno;
- A maneira de conduzir o processo, ou seja, os parâmetros para a correta carbonização (taxa de aquecimento e temperatura final).



1.1 Saiba avaliar a qualidade da madeira

Avalia-se a qualidade da madeira, principalmente, pela sua densidade básica, pelo teor de umidade e pela composição química.

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

Madeiras mais densas produzirão carvão mais denso, ou seja, com mais massa, considerado um carvão de qualidade, que é comercializado não só pelo volume, mas também pelo peso.

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

O teor de umidade é a relação existente entre a massa de água e a massa de madeira seca contidas na peça de madeira.

O ideal é que o teor de umidade da madeira a ser carbonizada esteja em torno de 30 a 40%. Madeira com umidade acima deste valor é considerada “verde”, não sendo recomendada para a produção de carvão vegetal, pois afeta o rendimento gravimétrico e a qualidade do carvão.

ATENÇÃO

AS TORAS DEVEM SECAR EMPILHADAS AO AR LIVRE, DURANTE 90 A 150 DIAS. ASSIM, FICARÃO PRONTAS PARA SEREM CARBONIZADAS, TRANSFORMANDO-SE EM CARVÃO DE QUALIDADE.

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

Dentre os fatores que podem interferir (favorecendo ou dificultando) a secagem da madeira ao ar livre, estão:

- As condições do local onde a madeira permanece secando.
- A temperatura ambiente, a movimentação e a umidade relativa do ar.
- O diâmetro da madeira.
- O percentual de cerne e alborno.



D) Conheça as recomendações sobre o comprimento e o diâmetro das peças de madeira a carbonizar

Comprimento das peças: Para caber no forno as peças de madeira devem ter comprimento compatível com a altura da parede do forno.

Diâmetro das peças: O diâmetro ideal das peças deve estar entre 6 e 20 centímetros.

ATENÇÃO PARA COM O DIÂMETRO DAS PEÇAS:

- Peças com diâmetro maior que 20 cm são pesadas, difíceis de manusear, demoram mais tempo para secar e produzem carvão mais quebradiço.
- Peças com diâmetro menor que 6 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.

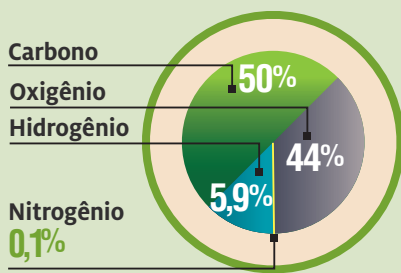
E) CONHEÇA A COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DA MADEIRA FOLHOSA- EUCALIPTO

Constituintes do eucalipto.....%

Celulose	46%
Hemiceluloses	23%
Lignina Total	27%
Extrativos Totais.....	3,5%
Cinzas.....	0,5%

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.

F) SAIBA EM QUE PROPORÇÃO OS ELEMENTOS QUÍMICOS ESTÃO PRESENTES NA MADEIRA



Fonte: Manual "Produção Sustentável de Carvão Vegetal" - 1ª edição, Sociedade de Investigações Florestais, Viçosa, MG, 2013.



EXIGÊNCIAS DA LEGISLAÇÃO MINEIRA PARA A PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL

As Leis: 14.309 de 2002 e 20.922 de 2.013 contêm orientações e exigências referentes à produção de carvão vegetal, tais como:

- Licenciamento Ambiental para instalação, produção e comercialização de carvão vegetal, por unidade produtora;
- Alvará de Funcionamento da unidade produtora;
- Documento de corte e comercialização (DCC), dentre outros.

As exigências para uma infraestrutura básica de produção de carvão são:

- Instalações para trabalhadores: alojamento, refeitório com água potável e sanitário(s);
- Instalações operacionais: compartimento para ferramentas, EPIs e outros materiais;
- Áreas apropriadas para o estoque da madeira cortada e do carvão produzido.

Conheça os EPIs a serem usados pelo trabalhador na Unidade de Produção de Carvão



LUVAS DE BORRACHA



LUVAS DE VAQUETA



PROTECTOR AUDITIVO



ÓCULOS DE SEGURANÇA



CALÇA DE SEGURANÇA



MÁSCARA DE SEGURANÇA



CAPACETE



BOTINAS DE SEGURANÇA



PERNEIRAS



AVENTAL DE VAQUETA

Conheça os cuidados gerais com segurança

De modo geral, esses cuidados se referem à segurança pessoal e relacionada a terceiros.

A segurança pessoal requer treinamentos específicos, feitos previamente pelos trabalhadores, antes que comecem a trabalhar na Unidade de Produção.

Nos treinamentos os trabalhadores aprendem a usar corretamente os Equipamentos de Proteção Individual

(EPIs) e a lidar com tudo que acarrete riscos à saúde pessoal e de terceiros, ou seja: ferramentas, máquinas, eletricidade, fogo, animais, etc.

Entenda o que seja segurança de terceiros no ambiente de trabalho

A segurança de terceiros se resume a evitar a presença de crianças e de demais pessoas estranhas ao trabalho, nos locais de risco.

Saiba quais EPIs devem ser usados obrigatoriamente, conforme as atividades de trabalho, na Unidade de Produção

ATIVIDADES DE TRABALHO INDIVIDUAL

- Construção do sistema.
- Fechamento do forno.

- Preparo da madeira (corte e armazenamento).

- Enchimento do forno.
- Abertura e descarregamento.

- Ignição do forno e fornalha.

- Controle da carbonização.
- Operação da fornalha.

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

Luvas de borracha, capacete e botinas de segurança.

Calça de segurança, botinas, perneiras, luvas de vaqueta, protetor auditivo de espuma, óculos de segurança, capacete e avental ou macacão para operação de motosserra.

Botinas de segurança, capacete, máscara de segurança ou respirador, luvas e avental de vaqueta.

Capacete, botinas de segurança, luvas e óculos.

Botinas de segurança, capacete, máscara de segurança ou respirador, luvas de vaqueta, além do avental de vaqueta, no descarregamento.

1.2 VISTAS DO PROJETO FORNOS - FORNALHA

VISTA SUPERIOR DA UNIDADE PRODUTORA DE CARVÃO VEGETAL

- 1 Fornalha
- 2 Forno
- 3 Box de Madeira
- 4 Monte de Biorredutor
- 5 Biodigestor
- 6 Leito de Secagem
- 7 Reservatório de água - Volume de 3.000 L
- 8 Galpão
- 9 Caminho Seguro
- 10 Ramal de Ligação Aéreo
- 11 Poste-padrão de energia elétrica

NOTAS

1 Estoque de madeira de 48 m³

2 Estoque de biorredutor de 35.3 m³

 Cascalho

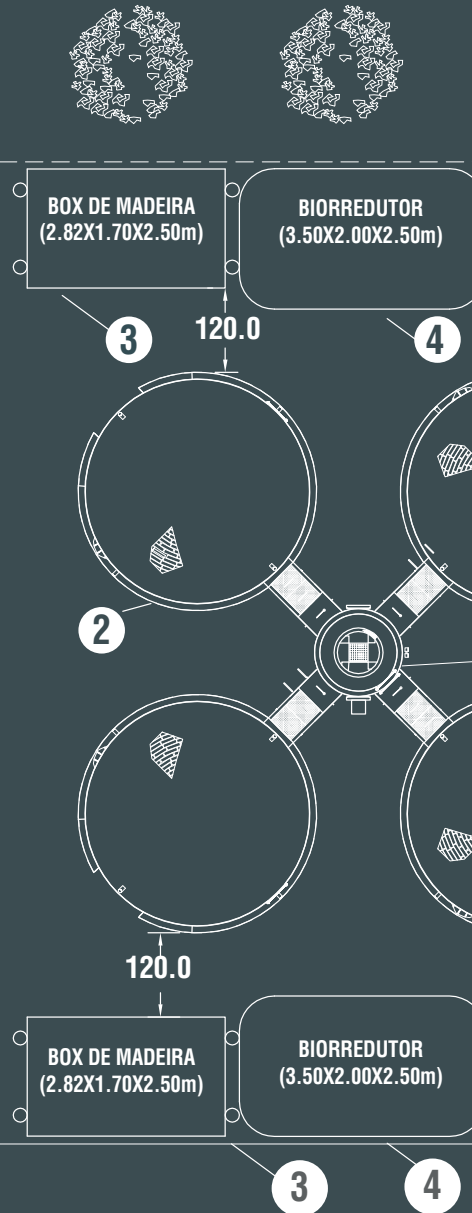
 Telha de Fibrocimento

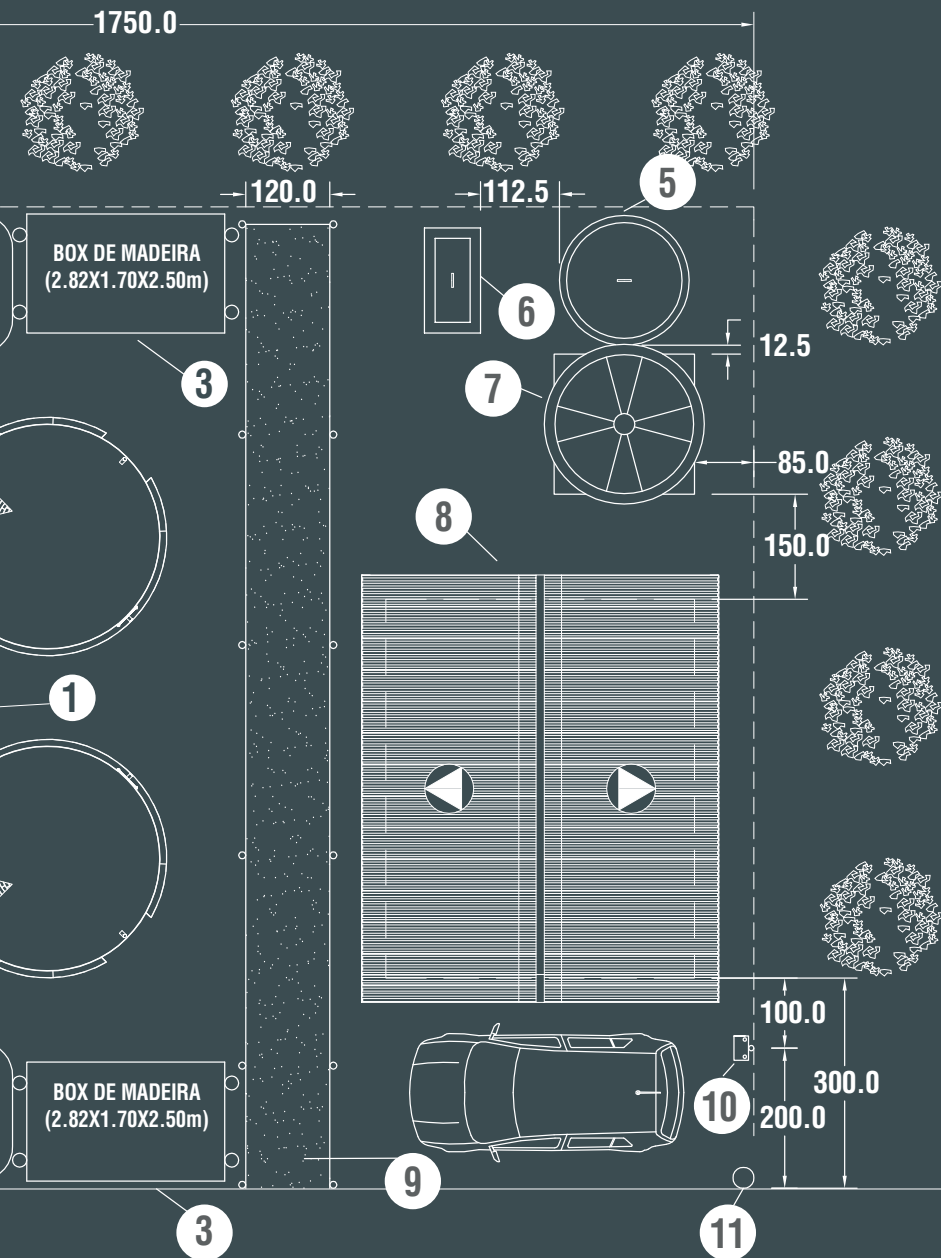
--- Limites do Terreno

* Cotas em centímetros

ESTRADA NÃO PAVIMENTADA

1400.0



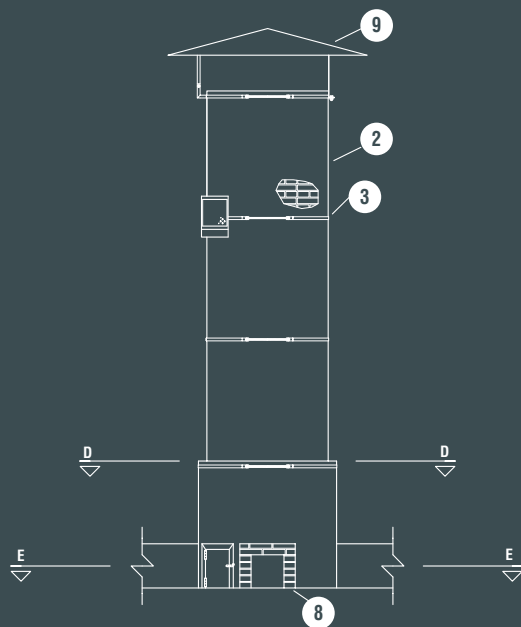
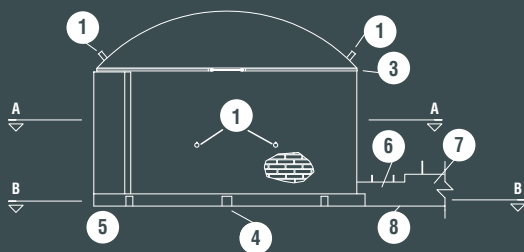
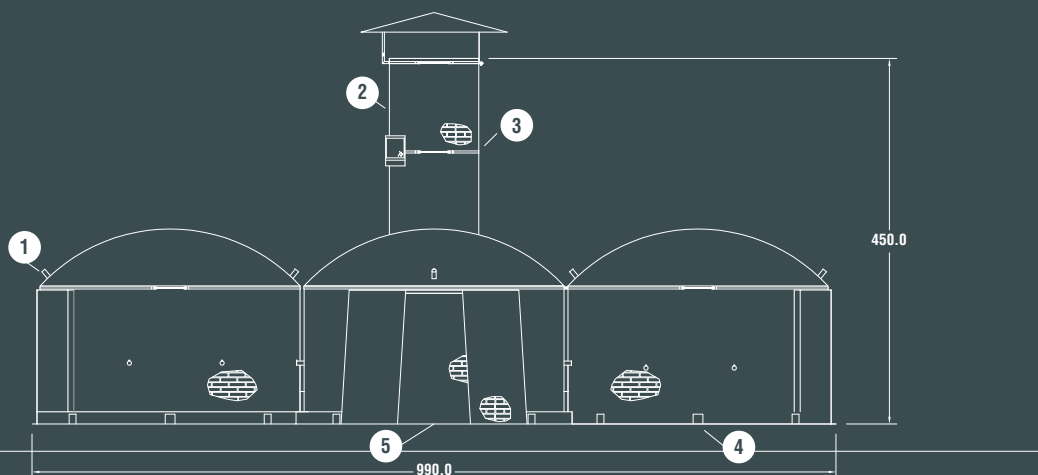


ESTRADA NÃO PAVIMENTADA

**UNIDADE DEMONSTRATIVA
EM JOÃO PINHEIRO - MG**

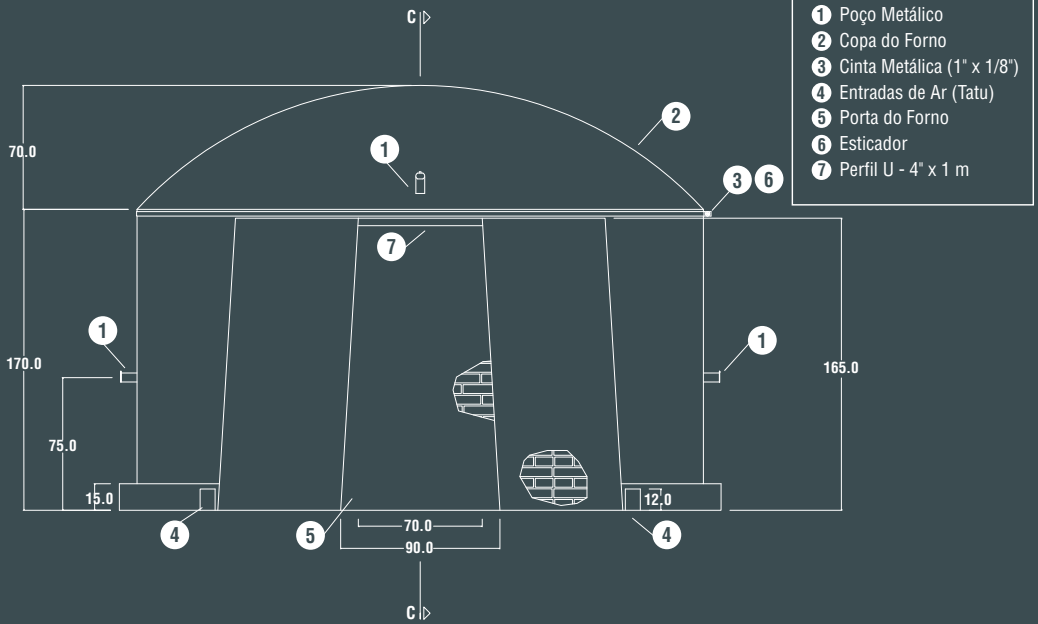


VISTA FRONTAL DO SISTEMA



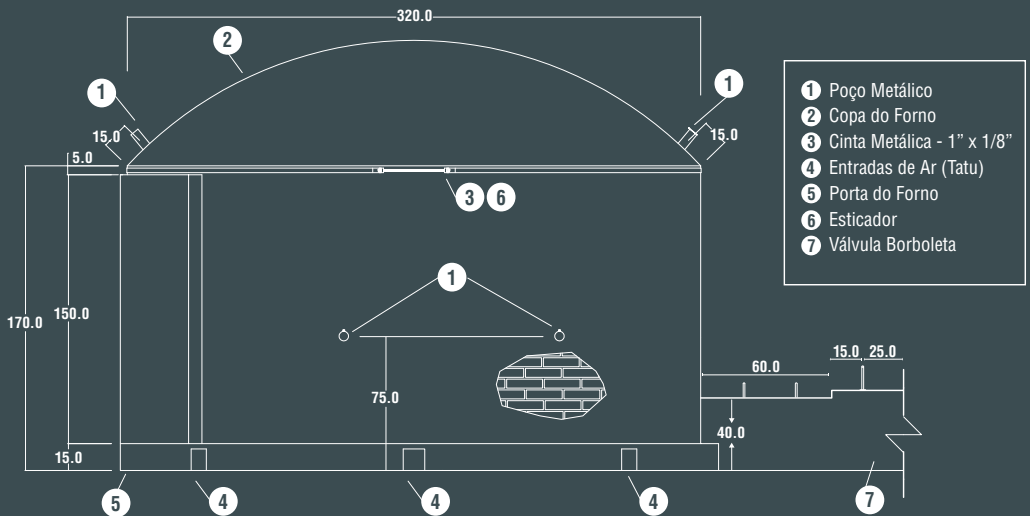
- 1 Poço Metálico
- 2 Chaminé Fornalha
- 3 Cinta Metálica - 1" x 1/8"
- 4 Entrada de Ar (Tatu)
- 5 Porta do Forno
- 6 Chapas Metálicas - 300 x 400mm
- 7 Válvula Borboleta
- 8 Dutos Forno-Fornalha
- 9 Chapéu Chinês

VISTA FRONTAL - FORNO



- 1 Poço Metálico
- 2 Copa do Forno
- 3 Cinta Metálica (1" x 1/8")
- 4 Entradas de Ar (Tatu)
- 5 Porta do Forno
- 6 Esticador
- 7 Perfil U - 4" x 1 m

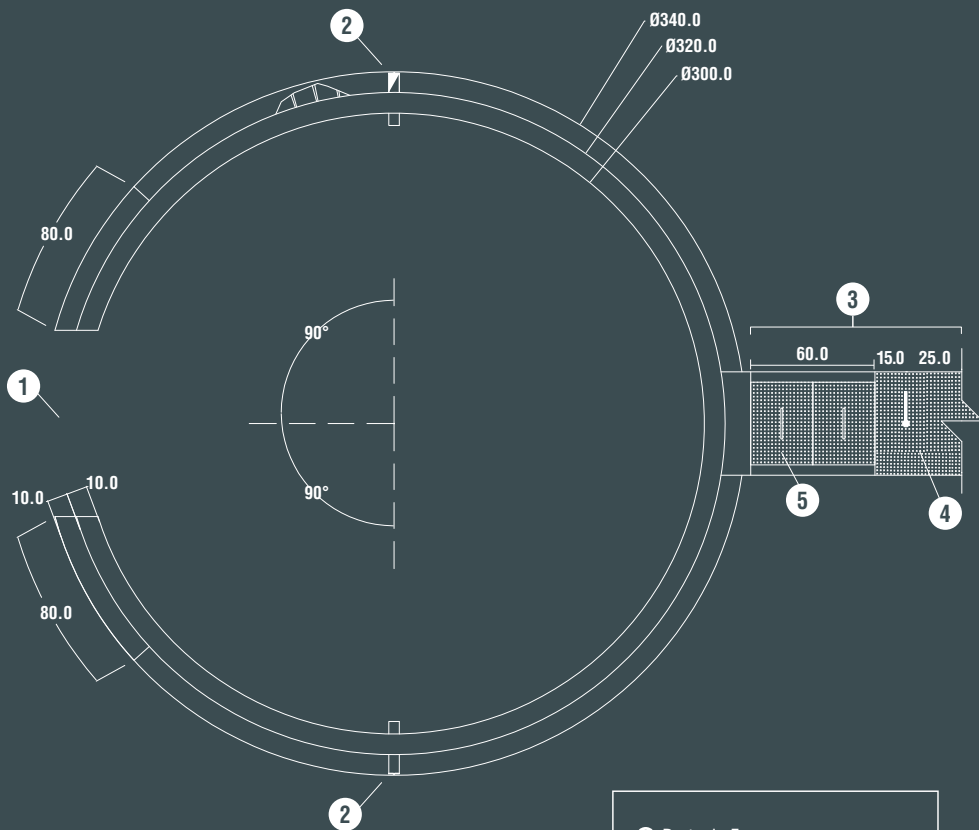
VISTA LATERAL - FORNO



- 1 Poço Metálico
- 2 Copa do Forno
- 3 Cinta Metálica - 1" x 1/8"
- 4 Entradas de Ar (Tatu)
- 5 Porta do Forno
- 6 Esticador
- 7 Válvula Borboleta

SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CARVÃO - O FORNO

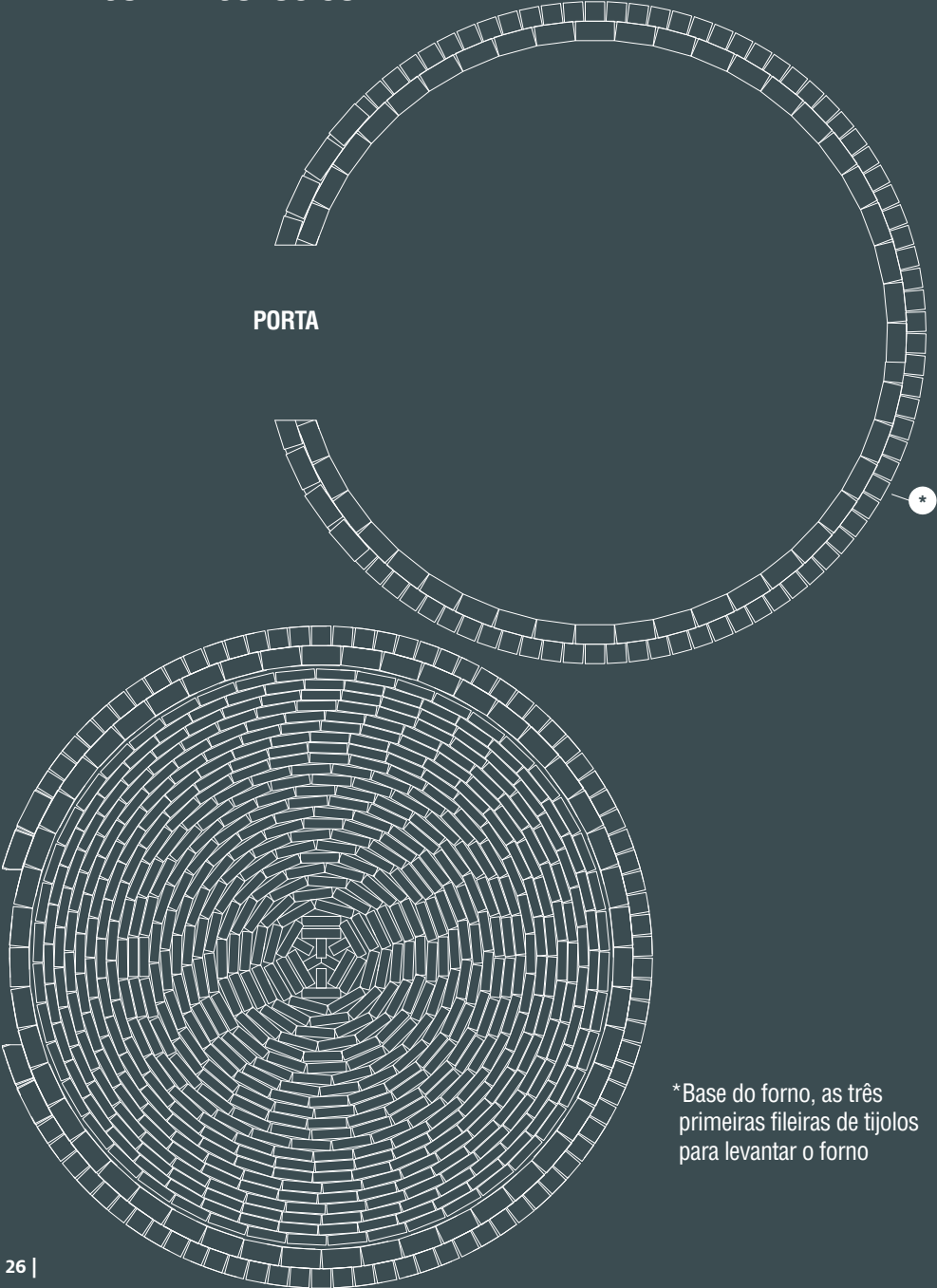
CORTE AA



- ❶ Porta do Forno
- ❷ Poço Metálico
- ❸ Duto Forno-Fornalha
- ❹ Válvula Borboleta
- ❺ Chapas Metálicas - 300 x 400mm

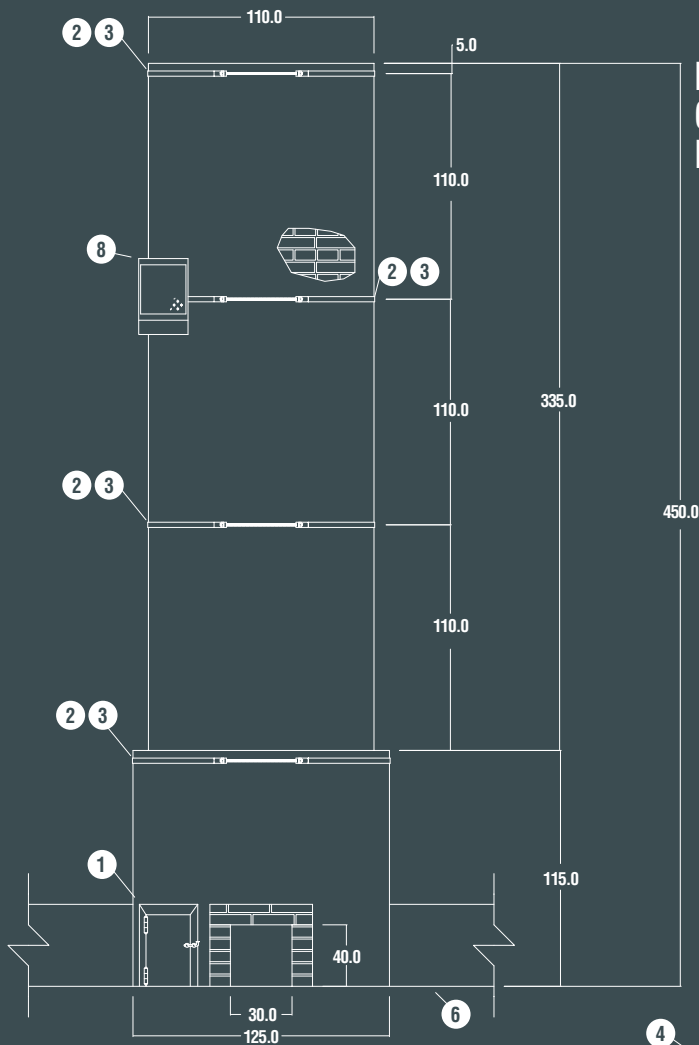
▣ Aço Carbono

ARRANJO DE TIJOLOS COPA



PORTA

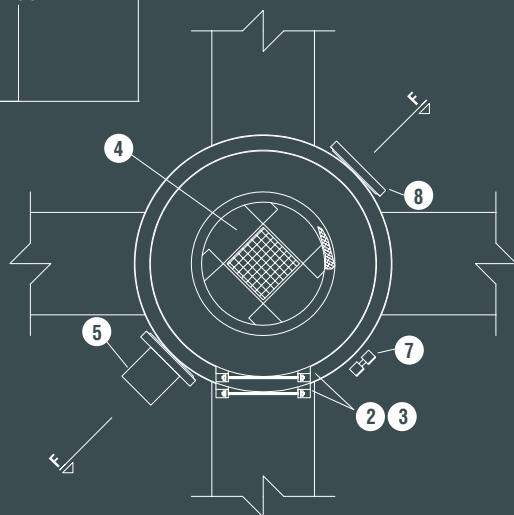
*Base do forno, as três primeiras fileiras de tijolos para levantar o forno



LOCALIZAÇÃO DOS COMPONENTES DA FORNALHA

- 1 Porta Metálica
- 2 Cinta Metálica - 1" x 1/8"
- 3 Esticador
- 4 Grelha - 250 x 250mm
- 5 Entrada de Ar - Fornalha
- 6 Dutos Forno - Fornalha
- 7 Tomadas de uso geral
- 8 Refletor de LED - 100W

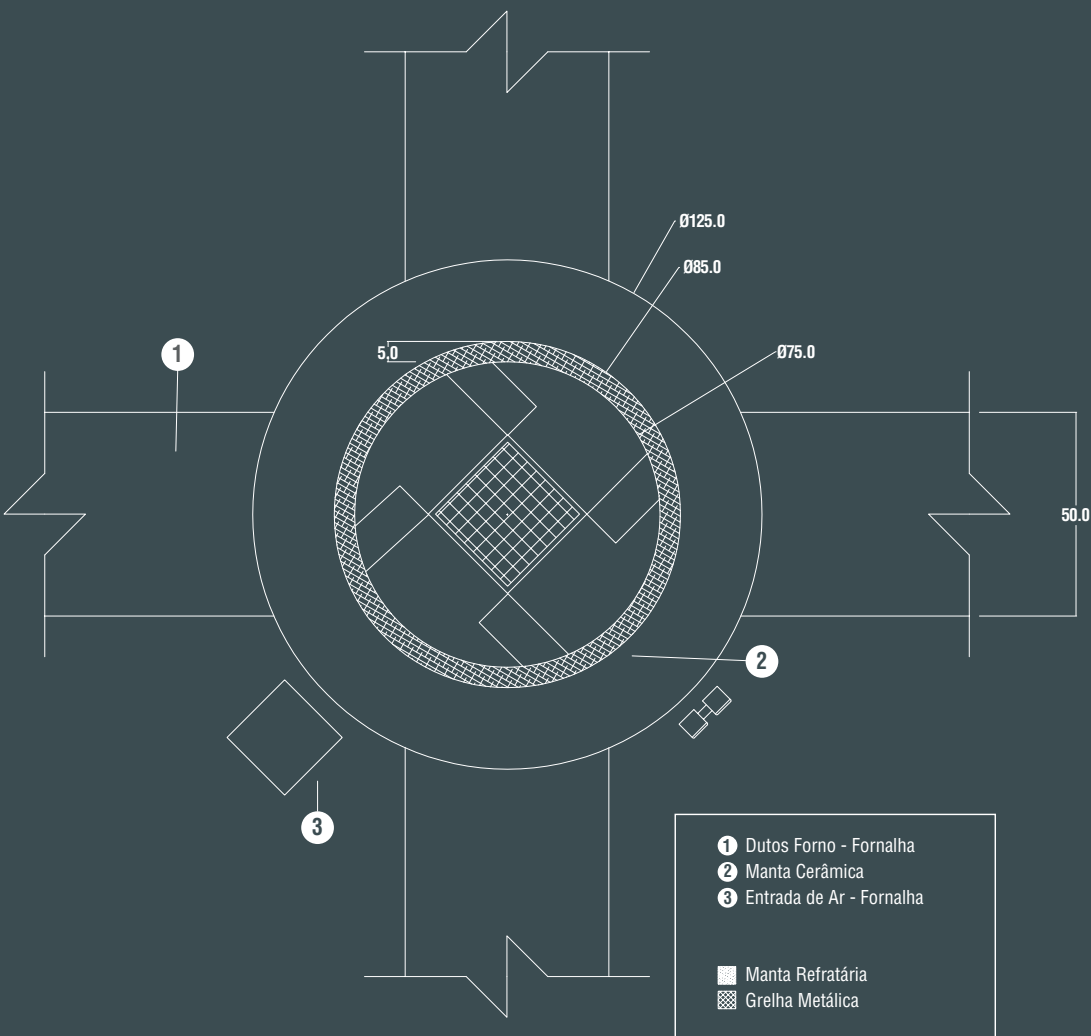
- Manta Refratária
- ▨ Grelha Metálica



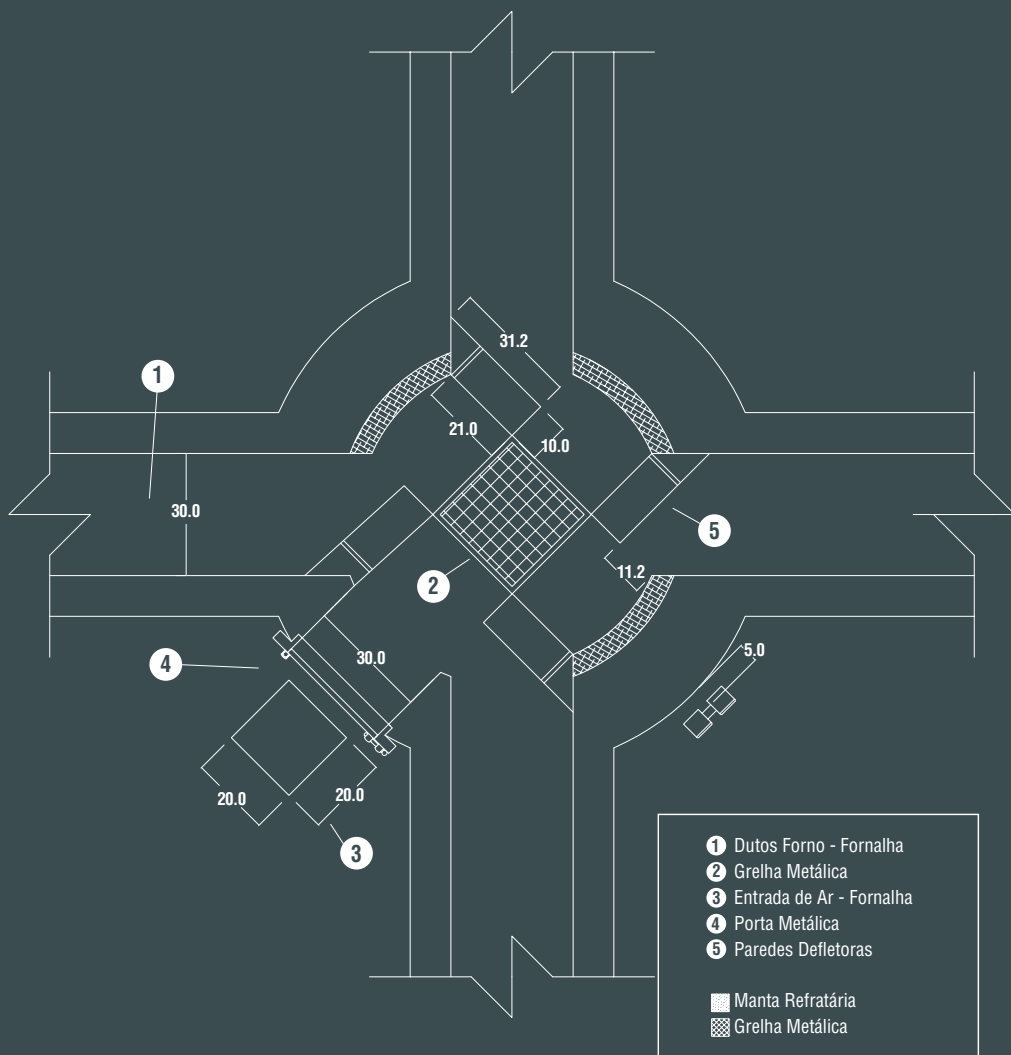
SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CARVÃO

Dutos dos Fornos - Fornalha

CORTE DD



CORTE EE



FORNOS ACOPLADOS À FORNALHA





COMPONENTES DO SISTEMA FORNOS - FORNALHA

O sistema que este Manual apresenta tem capacidade para enforar, aproximadamente, 38 st de madeira por ciclo, ou seja, 9,5 st de lenha por forno/ciclo. O sistema é composto de 4 fornos circulares de superfície, conectados por dutos a uma fornalha de alvenaria. Sobre a câmara de combustão da fornalha é construída uma chaminé de 3,5 m de altura.



Na câmara de combustão da fornalha ocorre a queima dos gases gerados durante a carbonização da madeira, colaborando para a “Produção Sustentável de Carvão Vegetal”.

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FORNOS - FORNALHA

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

No interior dos fornos ocorre o processo de secagem e a carbonização da madeira, que é transformada em carvão.

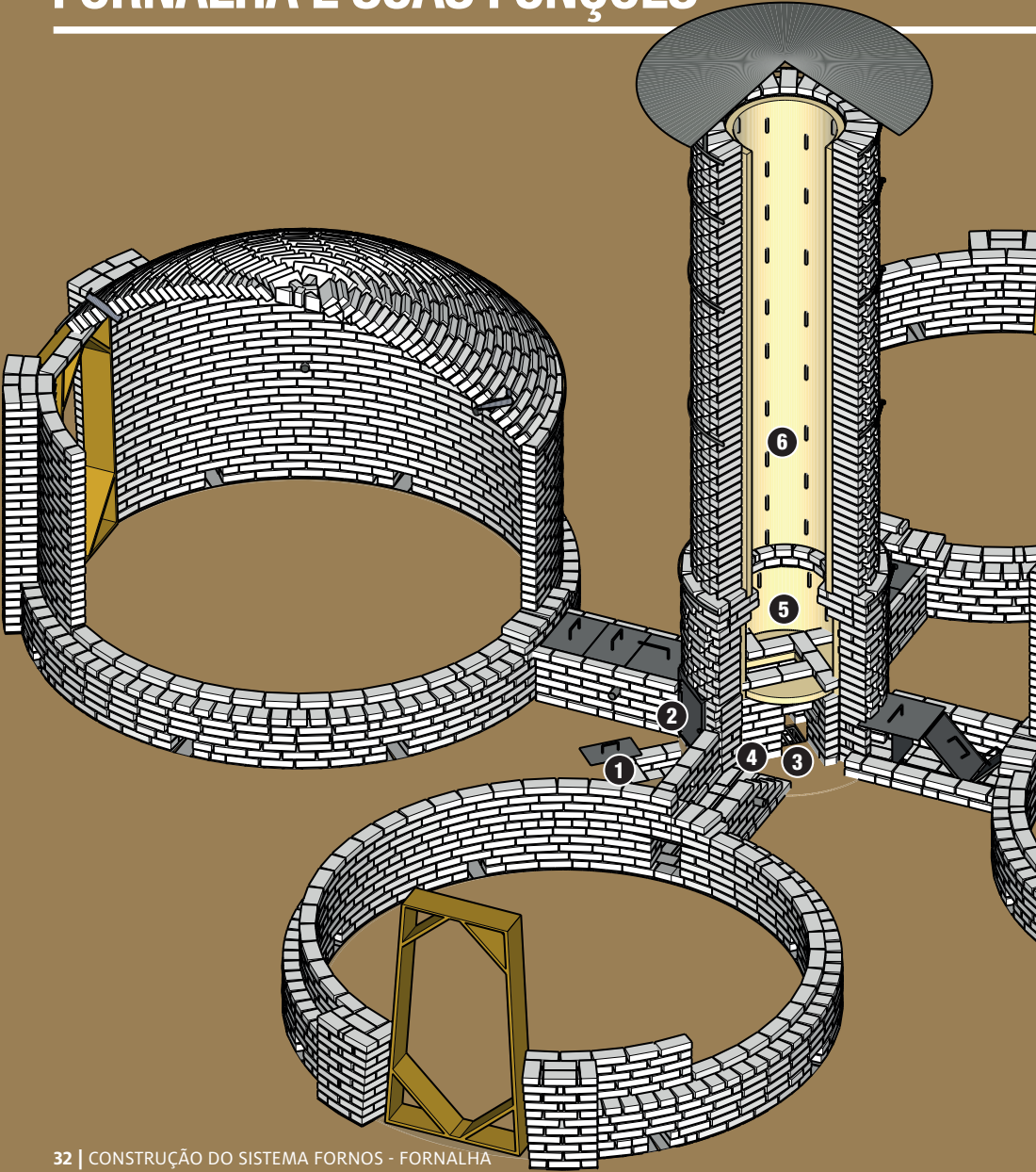
Os dutos conduzem os gases dos fornos para a fornalha.

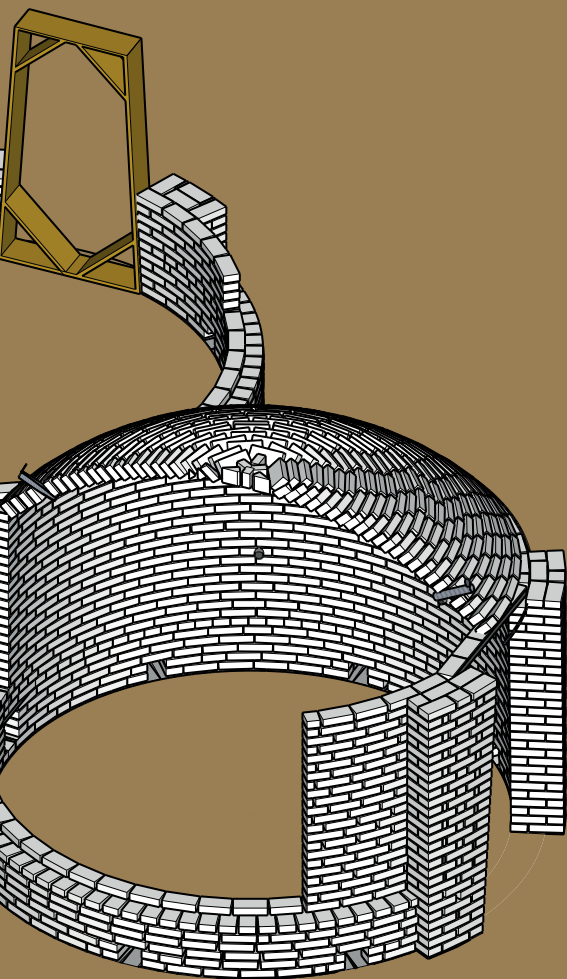
Na câmara de combustão da fornalha acontece a queima dos gases poluidores.

O ciclo de carbonização nesse sistema de fornos dura de 6 a 7 dias, incluindo o resfriamento.

Veja os detalhes no Manual de Operação do Sistema Fornos-Fornalha.

CONHEÇA OS COMPONENTES DA FORNALHA E SUAS FUNÇÕES





1) ENTRADA DE AR PRIMÁRIO

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

2) PORTA

Abastecer a câmara de combustão da fornalha com o combustível auxiliar (biomassas como cascas, galhos, resíduos agrícolas ou lenha), quando necessário, para queimar os gases.

3) GRELHA

Amparar o combustível auxiliar no interior da câmara de combustão da fornalha, para melhor mistura com o ar nas reações de combustão (queima).

4) 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.

5) CÂMARA DE COMBUSTÃO

Queimar os gases que saem dos fornos.

6) CHAMINÉ

Fazer a sucção dos gases gerados durante a carbonização da madeira, para dentro da câmara de combustão e também para fazer a exaustão dos gases combustos da fornalha.



**ÁREA DESTINADA A
CONSTRUÇÃO DO SISTEMA
FORNOS-FORNALHA**



MONTAGEM DA UNIDADE PRODUTORA DE CARVÃO VEGETAL COMPOSTA DE FORNOS - FORNALHA

A montagem da unidade produtora envolve escolha prévia do local, levando em conta as recomendações técnicas referentes à disponibilidade e transporte de madeira e a logística de escoamento do carvão.

3.1 CRITÉRIOS PARA ESCOLHA E PREPARO DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DA UNIDADE PRODUTORA

O local escolhido deve:

- estar próximo da floresta plantada;
- estar distante de residências, de áreas de preservação permanente e de rodovias;
- ter estradas de acesso para transportar madeira e carvão.

O solo para construção da Unidade produtora deve ser bem drenado e plano.

ATENÇÃO



É NECESSÁRIO QUE A UNIDADE PRODUTORA SEJA CONSTRUÍDA EM LOCAL COMPACTADO E APLAINADO, QUE ESTEJA DISTANTE PELO MENOS 100 METROS DAS INSTALAÇÕES DESTINADAS AOS TRABALHADORES.



MARCAÇÃO DA BASE DO FORNO

3.2 CONHEÇA AS EXIGÊNCIAS DA INFRAESTRUTURA BÁSICA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

As exigências para uma infraestrutura básica são:

- **Instalação para trabalhadores:** alojamento, refeitório com água potável e sanitário(s);
- **Instalações operacionais:** compartimento para ferramentas, EPIs e outros materiais;
- **Áreas apropriadas para o estoque** da madeira cortada e do carvão produzido.



NIVELAMENTO DO TERRENO E DEMARCAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES

■ MARQUE OS LOCAIS DAS CONSTRUÇÕES DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA

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



3.3 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS FORNOS E DUTOS

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
12.400 Tijolos maciços, de barro queimado.	Tijolos medindo 5 x 10 x 20 cm, assim usados: <ul style="list-style-type: none">■ 12.000 para construção de 4 fornos e 4 dutos;■ 400 para fechamento das portas dos fornos (100 por forno).	Construção de fornos e dutos. Fechamento de portas.
1 Cintel com haste de ferro ou de madeira.	Cintel com duas hastes, uma medindo 2 m de comprimento, e outra 1,7 m, construídas em metal ou madeira.	Demarcação das bases dos fornos. Guiar a construção das paredes dos fornos.
20 m ³ de solo argiloso mais água.	Argamassa feita de terra disponível na propriedade misturada com água.	Assentamento dos tijolos. Barrelamento dos fornos.
1 Gabarito, confeccionado com tábuas de madeira de diferentes tamanhos.	4 tábuas de 20 cm de largura e 2 cm espessura: <ul style="list-style-type: none">■ 2 de 1,60 m de comprimento;■ 1 de 75 cm de comprimento;■ 1 de 90 cm de comprimento.	Marcação das portas de entrada de cada forno.



MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS FORNOS E DUTOS

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
1 Gabarito, feito por uma ripa de madeira.	Haste de madeira de 2,4 m de comprimento, por 5 cm de largura e 2 cm de espessura.	Construção das cúpulas dos fornos.
4 Cintas metálicas em aço carbono, 1 por forno.	Feitas em chapas de 1" de largura, 3 mm de espessura e 9,8 m de comprimento. Nas pontas da cinta, ou seja, nas suas extremidades, deve ser soldada cantoneira, uma de cada lado, nas dimensões de 1" de comprimento e largura e 3 mm de espessura. Essas cantoneiras servirão para colocar a barra rosqueada.	Prevenção da expansão das paredes dos fornos.
4 Barras de aço rosqueadas 3/8" de diâmetro, 1 por forno; 8 porcas; 8 arruelas.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Barras rosqueadas, de 40 cm de comprimento; ■ 8 porcas, 2 para cada cinta; ■ 8 arruelas, 2 para cada cinta. 	Travamento das cintas dos fornos (Esticador).



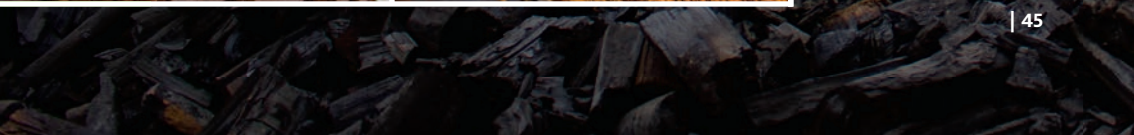
MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS FORNOS E DUTOS

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
4 Barras perfil em "U" em aço carbono 1040, para portas de entrada dos fornos, 1 para cada forno.	Cada barra medindo 1 m de comprimento, por 12,7 cm de largura e 30 mm de altura.	Instalação sobre o vão das portas de entrada de cada forno, visando maior sustentação das cúpulas dos fornos.
4 Chapas metálicas, 1 para cada forno.	Chapas com 30 cm de comprimento, por 20 cm de largura e 3 mm de espessura.	Suporte para a parede do forno sobre a abertura da saída de gases para o duto.
8 Chapas metálicas, 2 para cada forno.	Chapas com 29 cm de largura, 40 cm de comprimento e 3 mm de espessura, com alça.	Fechamento do forno e obstrução da lateral da fornalha, durante o resfriamento dos fornos.
4 Tubos metálicos, 1 para cada duto.	Tubos de 2 ou 3 mm de espessura, 10 cm de comprimento e 1,2 cm de diâmetro interno.	Suporte para encaixe da válvula borboleta.



MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS FORNOS E DUTOS

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
4 Válvulas borboleta e chapa de fechamento, 1 para cada forno.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Válvula borboleta, feita em chapa de 28 cm por 28 cm, c/ 3 mm de espessura; ■ Chapa de fechamento, com 40 cm de largura, 40 cm de comprimento e 3 mm de espessura. 	Controle da vazão dos gases dos fornos para a fornalha.
8 Quadros de cantoneiras, sendo 2 por duto.	Quadro de 30 cm por 40 cm, feito com cantoneiras de 1/8" de espessura e 1 cm de largura.	Apoio para as chapas metálicas de fechamento dos fornos e obstrução da lateral da fornalha, no período de resfriamento dos fornos.
48 Chapas metálicas (aço carbono), 12 para cada forno.	Chapas de 1" de largura, 20 cm de comprimento e 3 mm de espessura.	Suporte para as paredes sobre as aberturas de entrada de ar dos fornos, conhecidas como "tatus".
24 Cilindros metálicos ou poços metálicos, 6 por forno. <ul style="list-style-type: none"> ■ 2 cilindros com tampa, nas cúpulas; ■ 4 cilindros sem tampa, nas paredes. 	Cilindros com 20 cm de comprimento sem tampa (paredes do forno) e 25 cm de comprimento com tampa (para cúpula), ambos com 5 mm de diâmetro interno e 1 mm de espessura. Uma das extremidades de cada tubo é fechada.	Os cilindros fazem contato com a parte interna do forno, sendo utilizados para medição das temperaturas.



MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS FORNOS E DUTOS

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
4 Cilindros metálicos ou poços metálicos, 1 por duto.	Cilindros metálicos de 20 cm de comprimento, por 5 cm de diâmetro interno e 1 mm de espessura. Uma das extremidades de cada tubo deve ser fechada.	Contato com a parte interna do duto, possibilitando a medição da temperatura da saída dos gases da carbonização.
Argamassa com silicato na forma de barrela, para revestimento dos fornos.	Para a Argamassa mistura-se 0,5 litro de silicato com aproximadamente 80 kg de solo argiloso (4 latas de 18 litros de terra) e água.	Vedação das partes externas e internas dos fornos, resultando em melhor carbonização e resfriamento.

3.4 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DA FORNALHA

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
1.350 tijolos maciços.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Feitos de barro queimado; ■ de 5 x 10 x 20 cm. 	Construção da base da fornalha, da câmara de combustão e da chaminé.



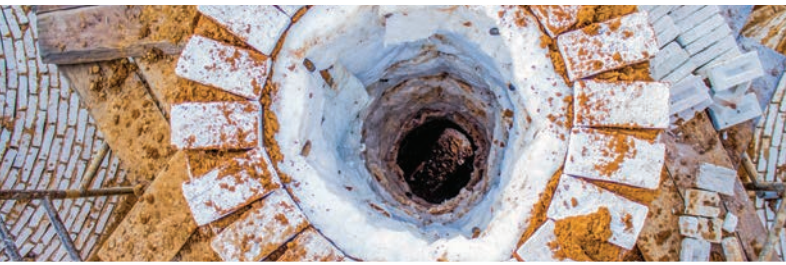
MATERIAS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DA FORNALHA

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
1 Cintel de metal ou madeira.	O Cintel possui duas hastes, uma com 42,5 cm e outra com 1,25 metros.	Construção da base e câmara de combustão da fornalha.
Solo argiloso e água.	4 m ³ de terra disponível na propriedade para fazer argamassa.	Assentamento dos tijolos da fornalha.
4 Cintas metálicas de aço carbono.	Chapas de 1" de largura e 3 mm de espessura: ■ 3 delas de 3,50 m de comprimento; ■ 1 de 3,90 m de comprimento.	Prevenção da expansão da fornalha.
5 Barras de aço rosqueadas 3/8" de diâmetro e 20 porcas.	As barras rosqueadas têm comprimento de 40 cm.	Travamento das cintas da fornalha.



MATERIAS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DA FORNALHA

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
1 Porta metálica. 1 quadro de sustentação. 12 pinos de fixação. 1 trinco de porta.	Chapa para a porta com 3 mm de espessura, 40 cm de comprimento e 30 cm de largura. Quadro para sustentação da porta. Pinos usados para fixar a manta e trinco para fechamento da porta.	Abastecimento de combustível auxiliar. Pinos para fixação da manta isolante. Trinco para fechamento da porta.
Manta de fibra cerâmica: 4 caixas ou 16 metros.	Manta com densidade = 160 kg por m ³ , medindo 3,81 m de comprimento, 61 cm de largura e 5 cm de espessura.	A manta é usada para o isolamento térmico da fornalha.
70 pinos de aço.	Pinos feitos com barra de aço 5/8" de 30 cm de comprimento. Cada barra é dobrada em 90 graus, ficando com 10 cm no lado menor e 20 cm no lado maior.	Os pinos são utilizados para fixar a manta cerâmica internamente nas paredes da fornalha.
1 "Chapéu Chinês" feito com chapa de metal, fixada em cinta metálica.	Chapéu Chinês medindo 125 cm de diâmetro, confeccionado em chapa 24, galvanizada. Cinta metálica confeccionada em chapa 1/8, de 1" de largura por 3,5 m de comprimento. Cantoneira de 1".	O "Chapéu Chinês" previne a entrada de chuva na fornalha quando o sistema não estiver em carbonização, aumentando sua durabilidade.



MATERIAS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DA FORNALHA

TIPO E QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	FINALIDADE OU UTILIZAÇÃO
1 Grelha metálica.	Grelha medindo 20 x 20 cm, confeccionada com 5 pedaços de vergalhão 5/8", com distância de 5 cm entre eles.	Funciona como suporte para combustível auxiliar na câmara de combustão.
4 Chapas metálicas, uma para cada conexão do duto com a fornalha.	Chapas de 1,8" de espessura, 30 cm de comprimento por 20 cm de largura.	Sustentação da parede da fornalha.
1 Chapa metálica para porta.	Chapa metálica de 1,8" de espessura, 40 cm de comprimento por 20 cm de largura, para ser instalada sobre a porta de abastecimento da fornalha.	Sustentação da parede da fornalha.
1 Chapa metálica.	Chapa metálica de 1,8" de espessura, 30 cm de comprimento por 30 cm de largura.	Controle da entrada de ar pelo duto da câmara de combustão da fornalha.



3.5 PASSO A PASSO PARA A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA

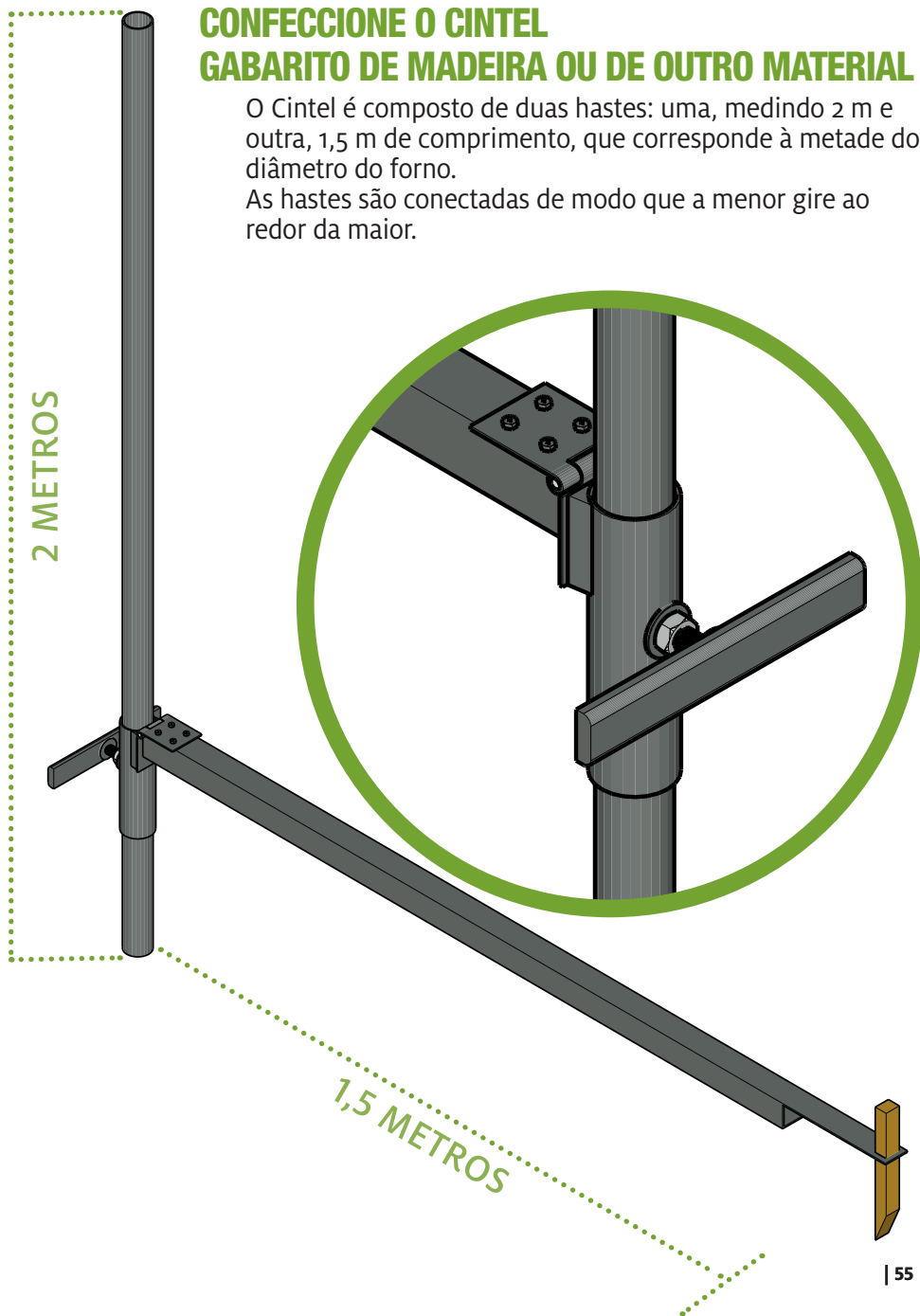
Os fornos, a câmara de combustão da fornalha e a chaminé são construídos com tijolos de barro queimado, rebocados com mistura de argamassa de argila. Na construção dos fornos circulares usa-se um instrumento denominado Cintel, como um gabarito, para fazer a marcação da base dos fornos e levantamento das paredes.



CONFECCIONE O CINTEL GABARITO DE MADEIRA OU DE OUTRO MATERIAL

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

As hastes são conectadas de modo que a menor gire ao redor da maior.





MARCA-SE A CIRCUNFERÊNCIA DO FORNO, caminhando em círculo e riscando o solo ao mesmo tempo. Sobre a linha demarcada será feita a base do forno.

MARQUE A BASE DO PRIMEIRO FORNO A CONSTRUIR

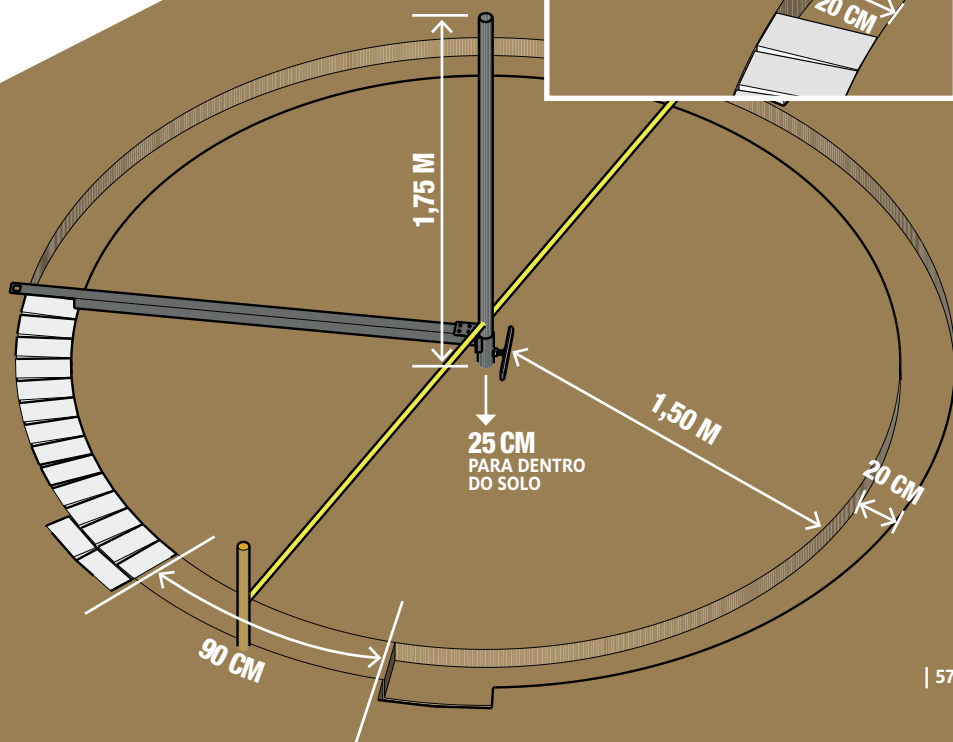
Primeiramente, insira 25 cm da haste maior do gabarito perpendicular ao solo, fixando-a. Ela ficará com 1,75 m de altura. Marca-se a circunferência no chão caminhando em círculo e riscando o solo ao mesmo tempo. Sobre a linha demarcada será feita a base do forno.

PREPARE A BASE DO PRIMEIRO FORNO

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

ESCAVE O SOLO NA LINHA DEMARCADA

Escava-se o solo, formando uma canaleta, para colocação dos tijolos que iniciarão a base do forno.



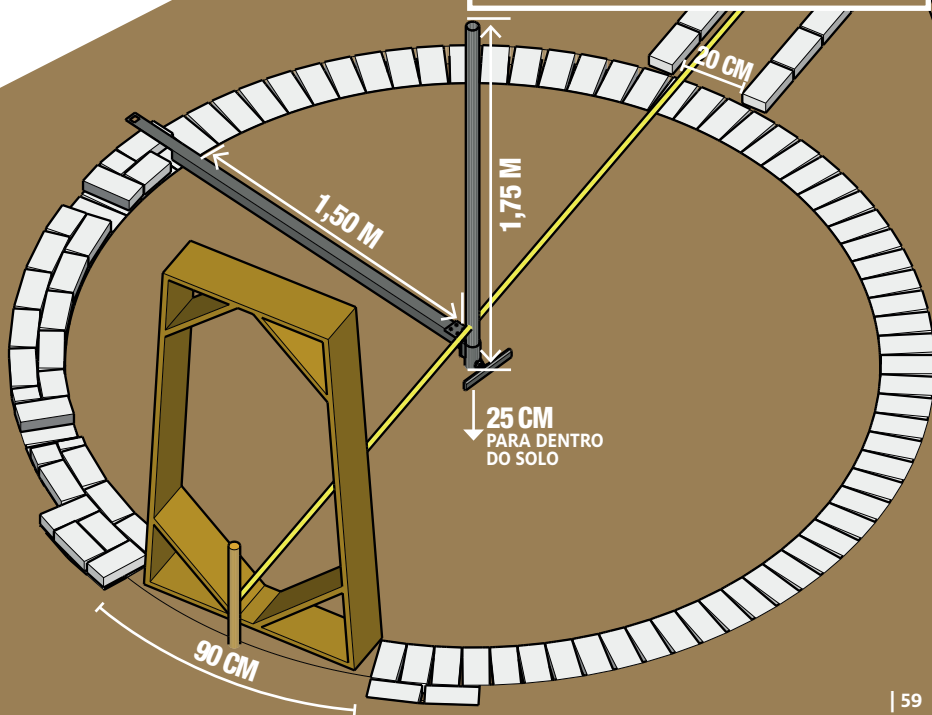


FORRE A CANALETA COM OS TIJOLOS ATRAVESSADOS, VOLTADOS PARA O CENTRO

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.

DEIXE A ABERTURA DA PORTA NESTA PRIMEIRA FILEIRA SEM TIJOLOS

A base da porta tem abertura de 90 cm e fica posicionada na frente do forno, no lado oposto a chaminé. Pela porta se faz o carregamento da lenha e descarregamento do carvão. Do outro lado do forno, oposto a porta, deixa-se uma abertura de 20 x 20 cm, destinada a saída dos gases da carbonização.



**ALINHAMENTO DO FORNOS
COM A FORMALHA DE
COMBUSTÃO DOS GASES
DA CARBONIZAÇÃO**





MARQUE OS PONTOS CENTRAIS DAS DEMAIS CONSTRUÇÕES DO SISTEMA FORNOS - FORNALHA

A marcação dos pontos centrais das construções garante o alinhamento e o nivelamento destas com a fornalha, a começar pelo meio das aberturas de entrada e de saída de cada forno.



- 1** Marque o meio das aberturas da porta e da saída de gases do primeiro forno. Marcam-se os meios das duas aberturas cravando estacas de madeira ou similares. Amarre um fio de nylon no marcador da abertura da porta do 1º forno.
- 2** Leve o fio de nylon até a abertura de saída dos gases do forno, amarrando-o ao marcador. Este ponto indica aonde será construído o 1º duto que ligará o 1º forno a fornalha.
- 3** Marque o centro da fornalha a 162,5 cm da abertura de saída de gases da carbonização do forno. Crava-se uma estaca neste ponto, com o fio amarrado.
- 4** Marque o limite externo da fornalha com uma estaca de madeira, a 62,5 cm do seu centro, amarre o fio de nylon a ela. A partir deste ponto se inicia o duto de condução de gases do segundo forno, no lado oposto ao primeiro.
- 5** Estique o fio a 1 metro além da fornalha e marque com outra estaca. Este ponto delimita o final do 2º duto e início da área do 2º forno.
- 6** Marque o centro do 2º forno, fincando a estaca na metade do seu diâmetro. Usa-se o gabarito para marcar a área do 2º forno, como feito no forno anterior.

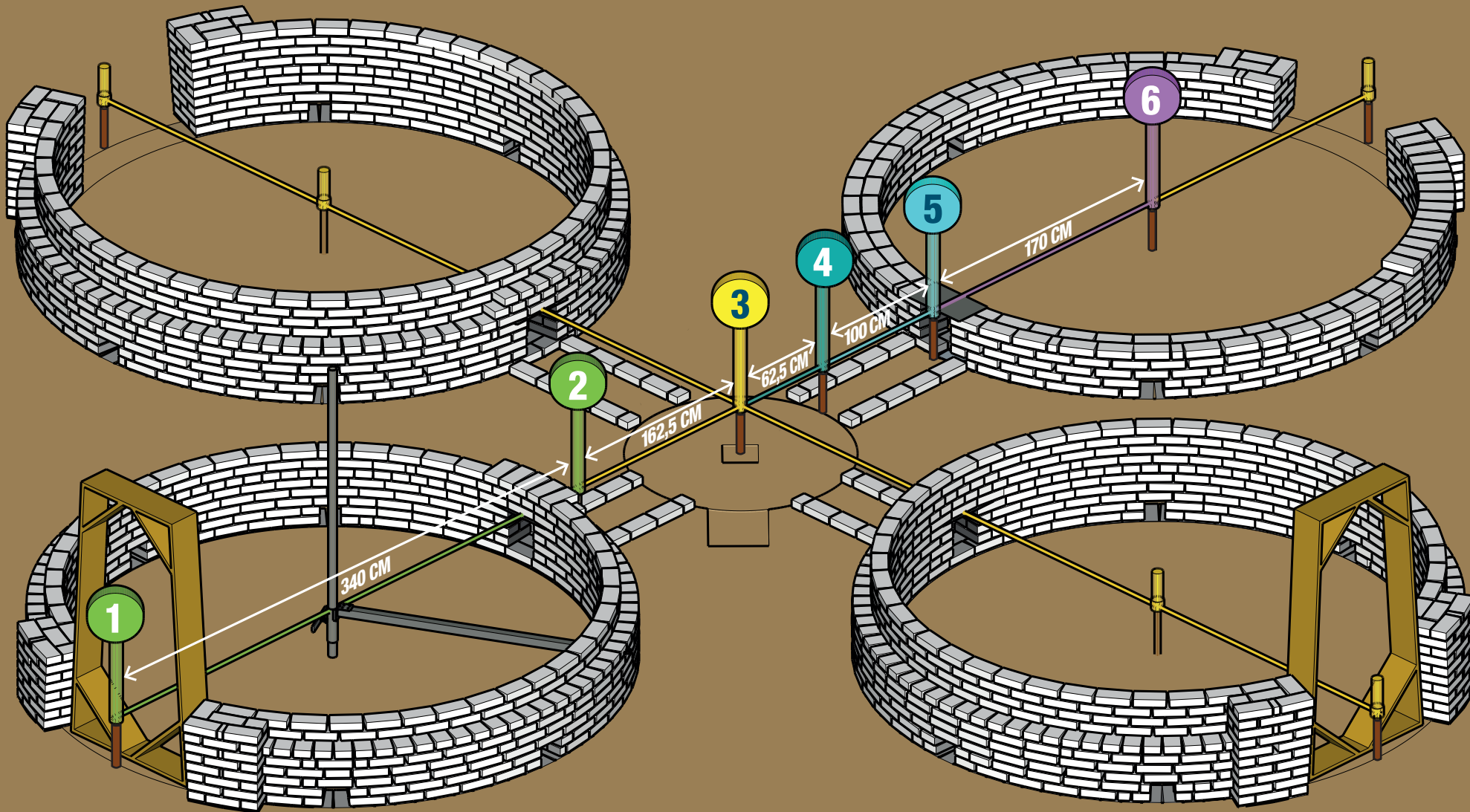
MARQUE AS BASES DAS PAREDES DOS OUTROS TRÊS FORNOS

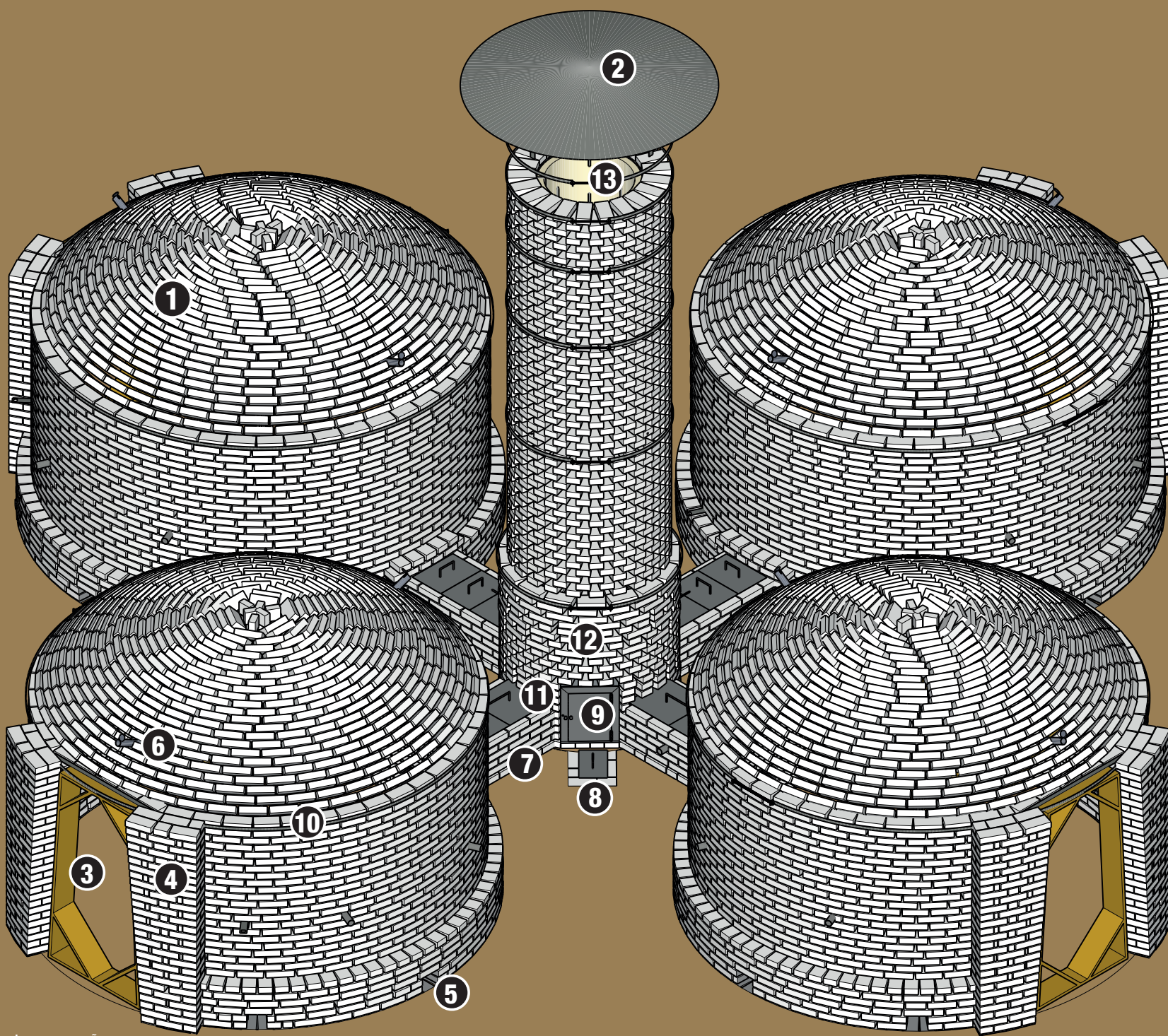
A marcação da base de cada um dos outros três fornos será feita utilizando o gabarito, como foi feito no primeiro forno: caminhando em círculo e riscando o solo para posterior escavação da canaleta.

MARCAÇÃO DOS PONTOS CENTRAIS DAS CONSTRUÇÕES

ATENÇÃO

OS FORNOS DEVEM SER ALINHADOS DOIS A DOIS, COM OS RESPECTIVOS DUTOS LIGADOS À FORNALHA.





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.

01 Aplique uma fina camada de argamassa para assentar os tijolos

02 Continue construindo a parede do forno

A parede do forno é construída com camadas simples de tijolos, com 10 cm de espessura. A base, até a 25 cm de altura, terá 20 cm de espessura e, as laterais próximas da porta do forno serão em camada dupla, com 40 cm de espessura.



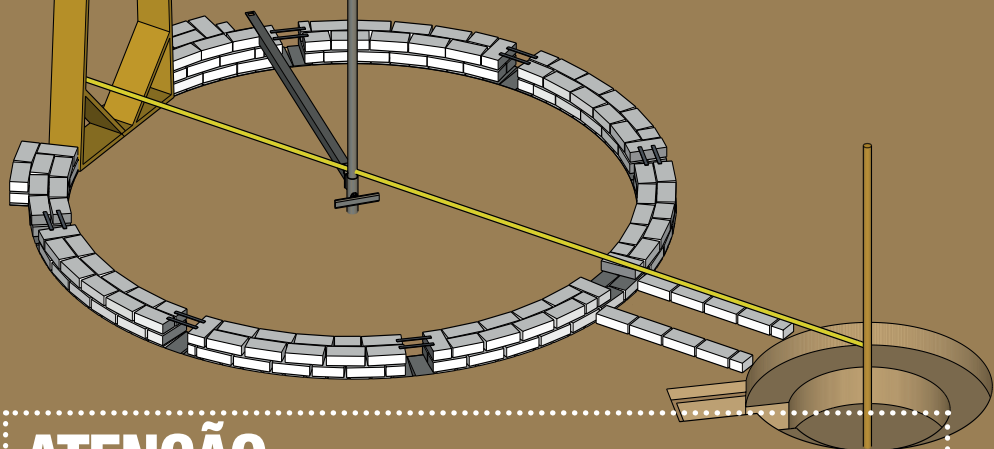
03 Instale a chapa metálica na abertura deixada para a saída dos gases

Coloca-se a chapa metálica medindo 30 cm de comprimento, por 20 cm de largura e 3 mm de espessura, sobre a abertura deixada para a saída dos gases, do forno para o duto.

A chapa metálica servirá de suporte para a próxima fileira de tijolos.

04 Coloque o gabarito na abertura de entrada do forno

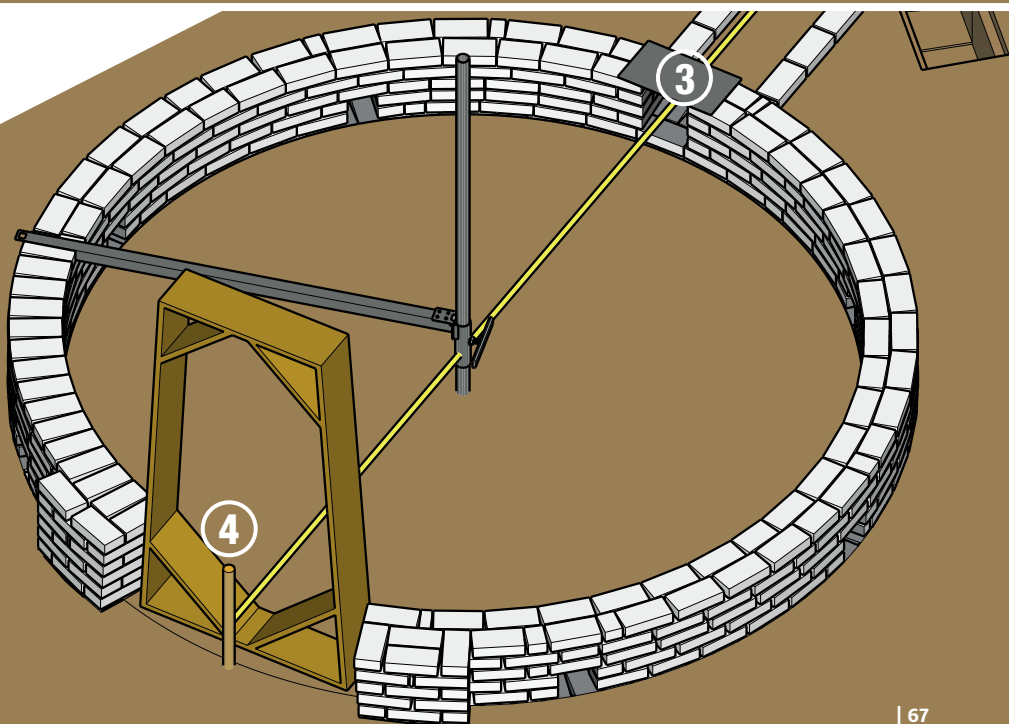
O gabarito, com formato de um trapézio, deve medir 1,60 m de altura, por 90 cm de largura na parte inferior e 75 cm na parte superior.

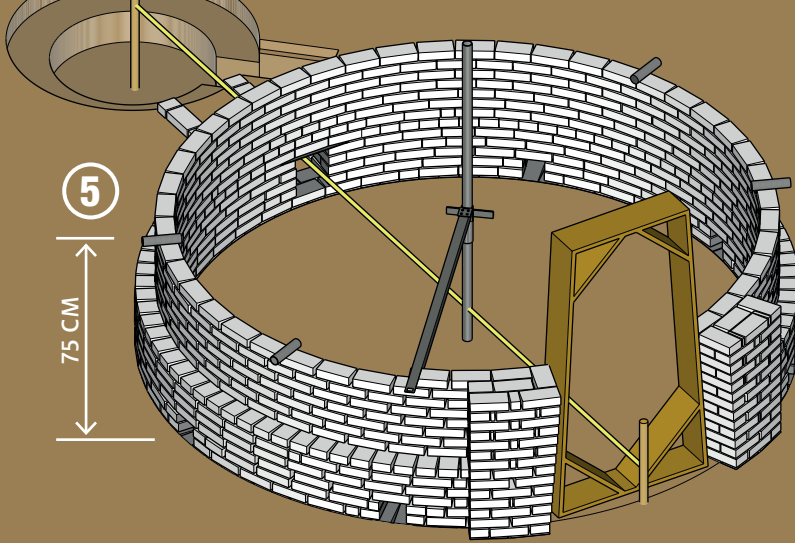


ATENÇÃO

DEVE-SE DEIXAR 3 ABERTURAS DE CADA LADO DO FORNO, AO NÍVEL DO CHÃO, CONHECIDAS COMO “TATUS”. ELAS MEDEM 12 CM DE LARGURA POR 12 CM DE ALTURA, E SÃO UTILIZADAS PARA REGULAREM A ENTRADA DE AR, CONTROLANDO A TEMPERATURA DURANTE A CARBONIZAÇÃO.

ACIMA DE CADA UMA DESTAS ABERTURAS COLOCA-SE 2 CHAPAS METÁLICAS DE 1” DE LARGURA, 3 MM DE ESPESSURA E 20 CM DE COMPRIMENTO, PARA DAR SUSTENTAÇÃO AOS TIJOLOS DA PAREDE ACIMA DOS “TATUS”.





05 Instale os cilindros metálicos na parede do forno

- A)** Os cilindros que serão instalados na parede de cada forno medem 20 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro. Possuem 1 extremidade fechada, que fica voltada para o interior do forno e outra extremidade aberta, na qual, com auxílio de um sensor infravermelho – o pirômetro – pode-se medir a temperatura interna do forno durante a carbonização da madeira e resfriamento.
- B)** Os cilindros devem ser instalados a 75 cm de altura. Deixe uma leve inclinação para escoar água de chuva e evitar acúmulo de sujidades, que impediriam a correta medição da temperatura pelo pirômetro.



ATENÇÃO

OS CILINDROS SERÃO INSTALADOS ENTRE OS "TATUS", A METADE DA DISTÂNCIA, 2 POÇOS DE CADA LADO DO FORNO. ASSIM, REPRESENTAM MELHOR AS TEMPERATURAS MÉDIAS.

06 Continue a construção da parede do forno

Construa a parede até 1,65 m de altura, com as extremidades dos tijolos sobrepostos desencontradas, para favorecer a amarração da estrutura.

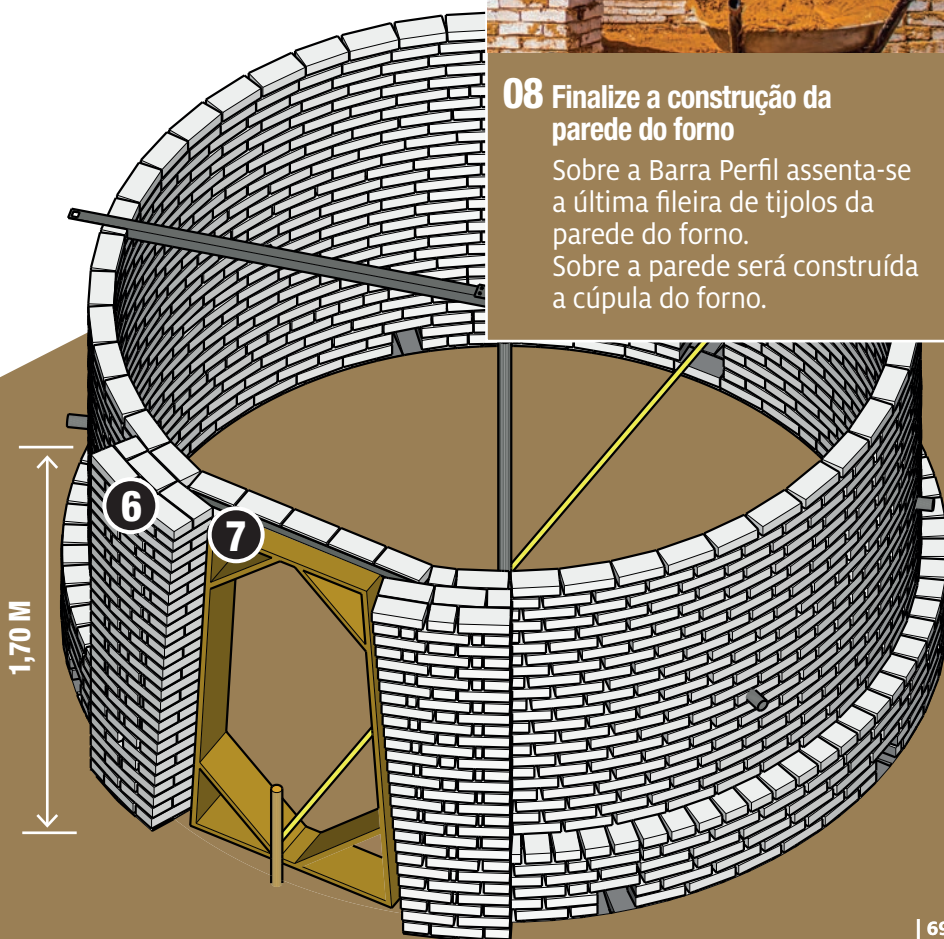
07 Instale a barra de metal denominada Perfil "U" sobre o vão da porta

A barra perfil servirá de suporte para a cúpula.



08 Finalize a construção da parede do forno


Sobre a Barra Perfil assenta-se a última fileira de tijolos da parede do forno.
Sobre a parede será construída a cúpula do forno.



**INSTALAÇÃO DA BARRA
PERFIL EM "U" PARA SUPORTE
DA CÚPULA DO FORNO SOBRE
O VÃO DA PORTA**





A photograph showing three construction workers in dark green uniforms and yellow hard hats working on a large, circular brick dome. The workers are positioned around the perimeter of the dome, which is under construction. One worker in the foreground is handing a metal cylinder to another worker. A third worker is visible on the right side of the frame. The dome's interior is lined with red bricks, and the exterior is a rough, reddish-brown material. A vertical metal pipe is visible at the top of the dome. The sky is clear and blue.

**CONSTRUÇÃO DA CÚPULA
COM OS CILINDROS
METÁLICOS PARA MEDIÇÃO
DE TEMPERATURA**

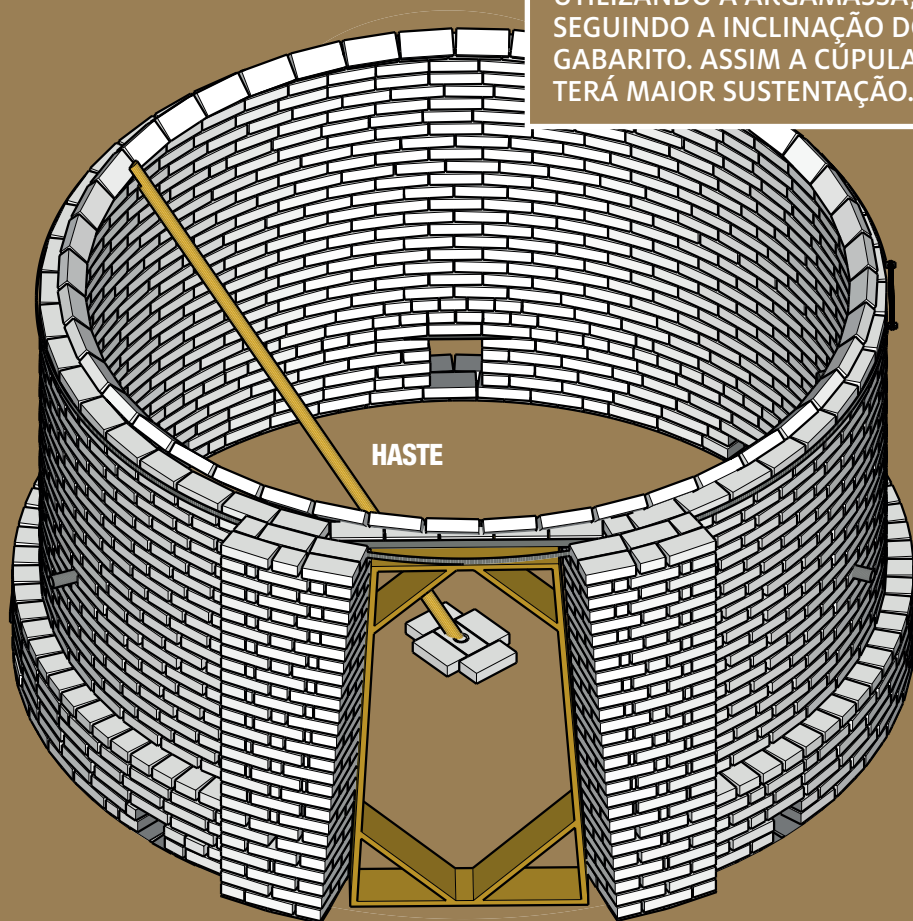
CONSTRUA A CÚPULA DO FORNO

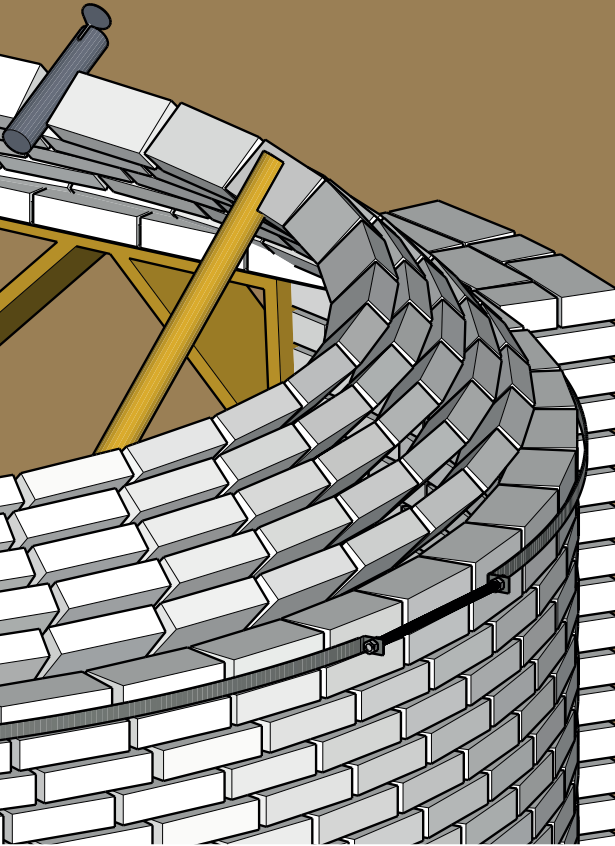
Utilize uma ripa de madeira com 2,40 m como gabarito. Delimite os últimos 10 cm dela, que servirão somente de apoio sobre os tijolos. Apoie a outra extremidade no centro do piso. Os tijolos da cúpula devem sempre seguir a inclinação do gabarito, sendo mais acentuada na sua primeira fileira de tijolos.



ATENÇÃO

FAÇA UMA INCLINAÇÃO ACENTUADA NA PRIMEIRA FILEIRA DE TIJOLOS DA CÚPULA UTILIZANDO A ARGAMASSA, SEGUINDO A INCLINAÇÃO DO GABARITO. ASSIM A CÚPULA TERÁ MAIOR SUSTENTAÇÃO.





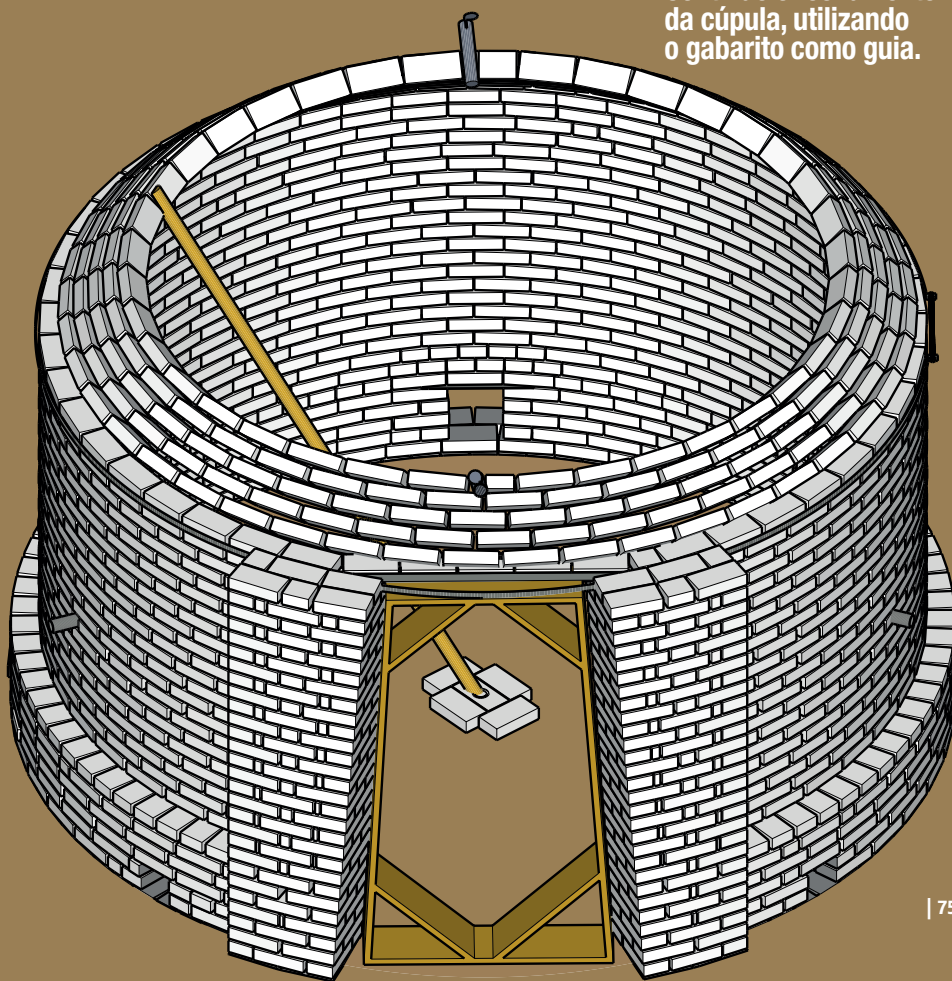
- **Instale uma cinta metálica na parte externa do forno, depois de construídas as primeiras camadas da cúpula** | Ajusta-se a cinta unindo suas pontas com a barra rosqueada, arruelas e porcas. A função da cinta é reforçar o forno, impedindo a expansão da sua parede para garantir maior estabilidade a cúpula.



- **Instale cilindros metálicos na cúpula do forno** | Serão instalados 2 cilindros na cúpula do forno, a 1,90 m acima do solo: um, a 20 cm acima do vão da porta de entrada e o outro na mesma altura, porém no lado oposto. Esses cilindros, medem 25 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro.



■ Continue o fechamento da cúpula, utilizando o gabarito como guia.



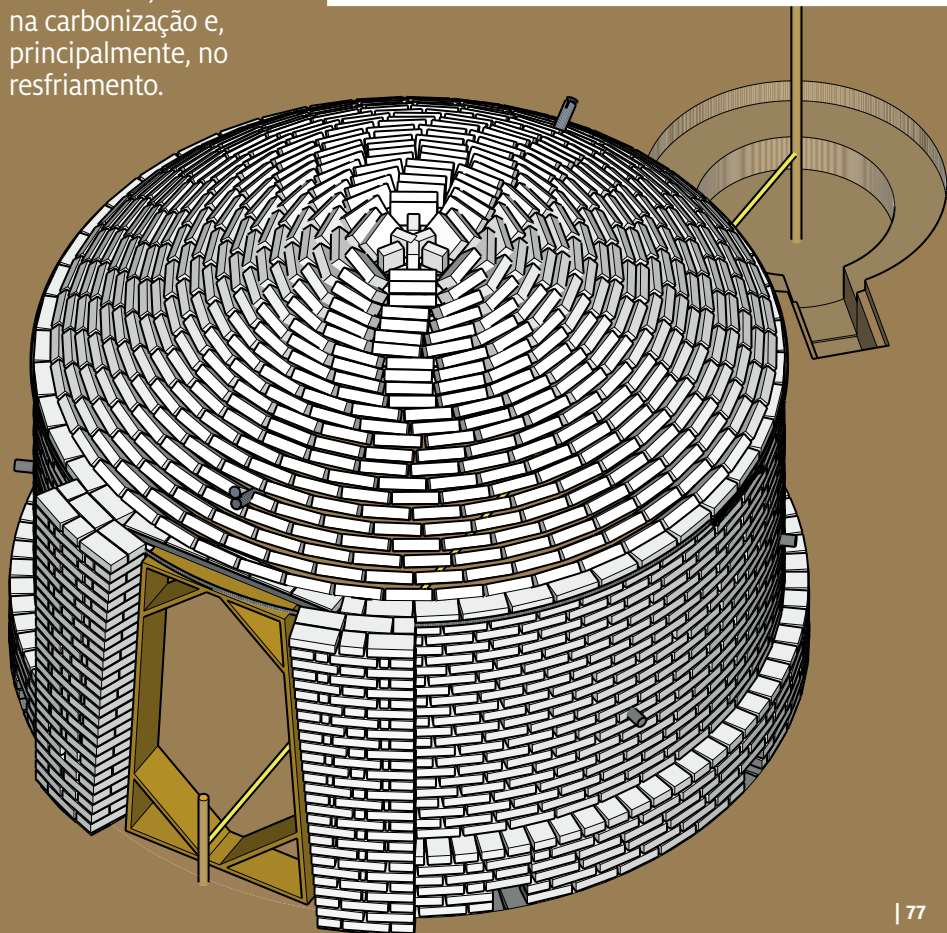


■ **Faça o travamento dos tijolos do topo da cúpula**

Utilizam-se pedaços de tijolo na forma de cunha, por cima do forno, de fora para dentro.

■ **Aplique a argamassa de revestimento sobre todo o forno e também no seu interior**

Aplica-se no forno uma barreira de textura fina, feita com solo argiloso peneirado, água e silicato de sódio. Este revestimento servirá como uma película recobrendo todo o forno, evitando vazamentos, auxiliando na carbonização e, principalmente, no resfriamento.







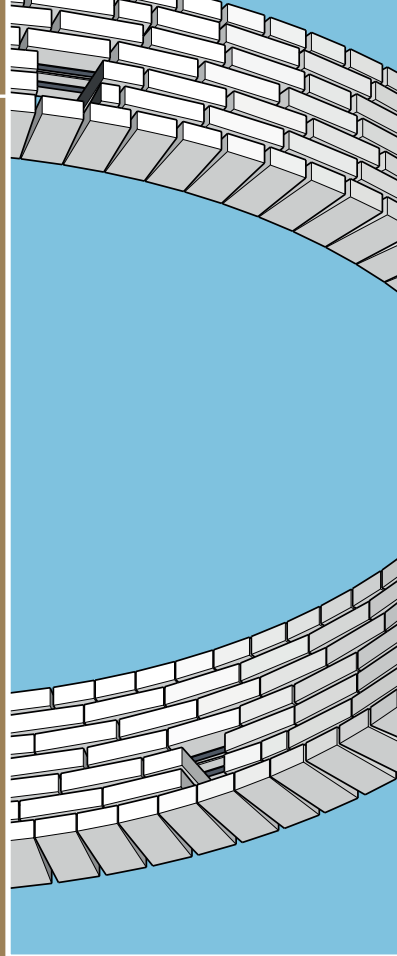
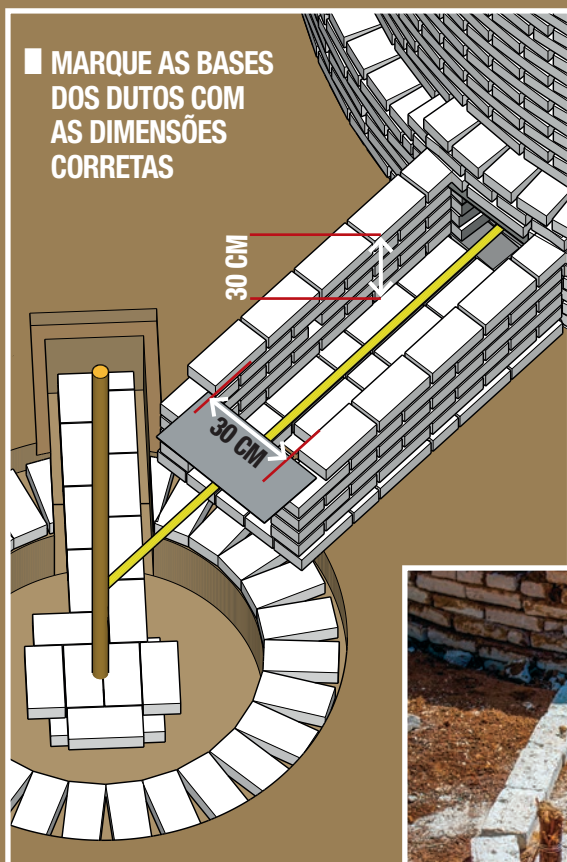
**BARRELAMENTO DO SISTEMA
FORNOS-FORNALHA**



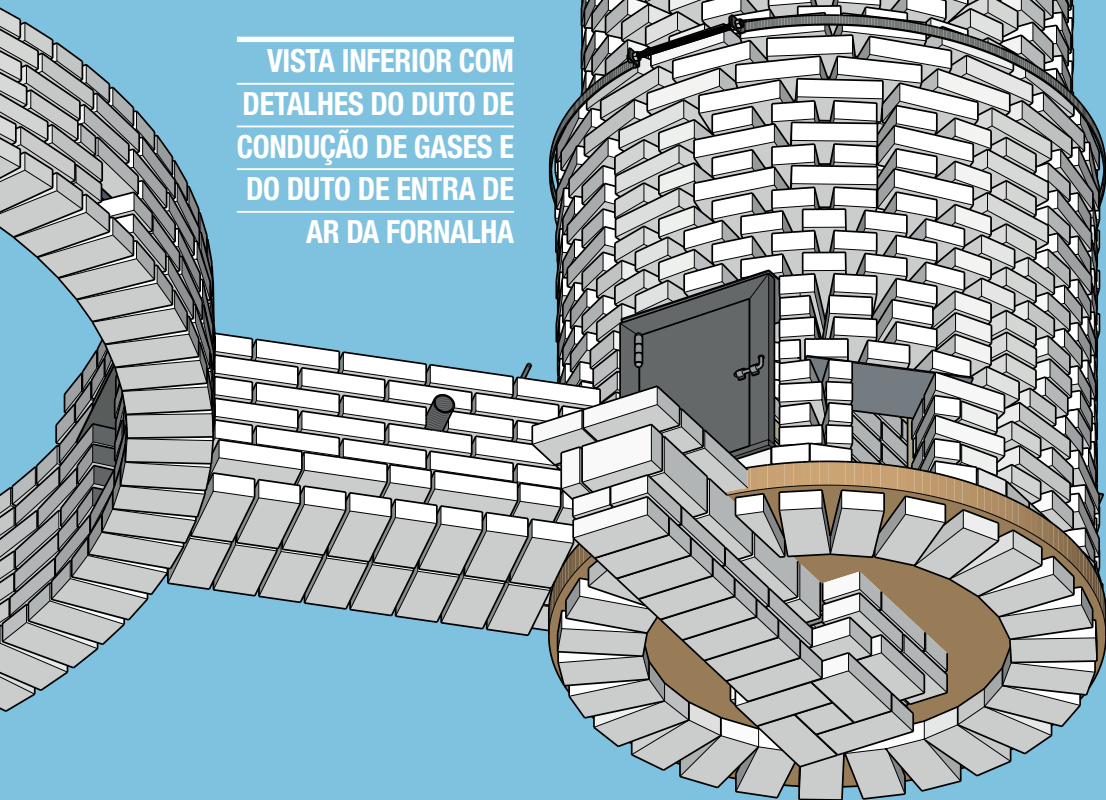
CONSTRUA AS BASES DOS 4 DUTOS

Os dutos ou canais, medindo 1 metro de comprimento e 30 cm de largura interna, 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.

■ MARQUE AS BASES DOS DUTOS COM AS DIMENSÕES CORRETAS



VISTA INFERIOR COM
DETALHES DO DUTO DE
CONDUÇÃO DE GASES E
DO DUTO DE ENTRA DE
AR DA FORNALHA



■ NIVELAS BASES DOS DUTOS

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



CONSTRUA A FORNALHA

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

A fornalha é composta pela câmara de combustão, porta de alimentação de combustível auxiliar, duto subterrâneo para entrada de ar, grelha, paredes defletoras e chaminé.

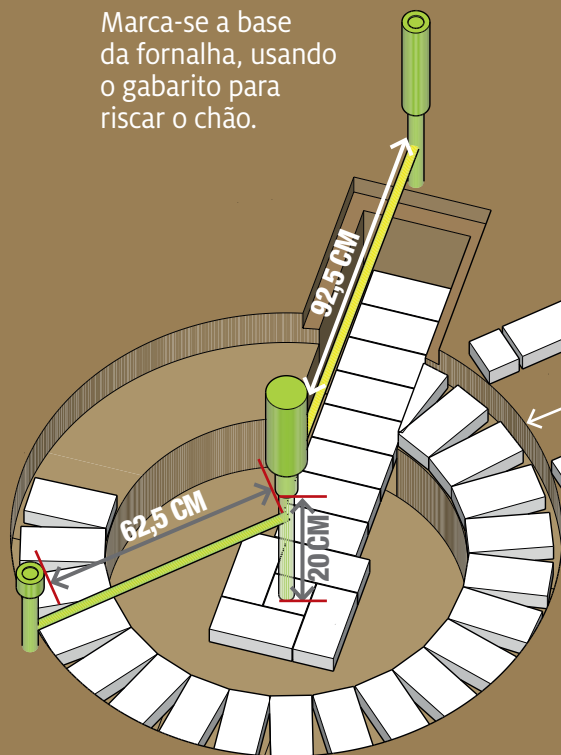






01 MARQUE A BASE DA FORNALHA

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



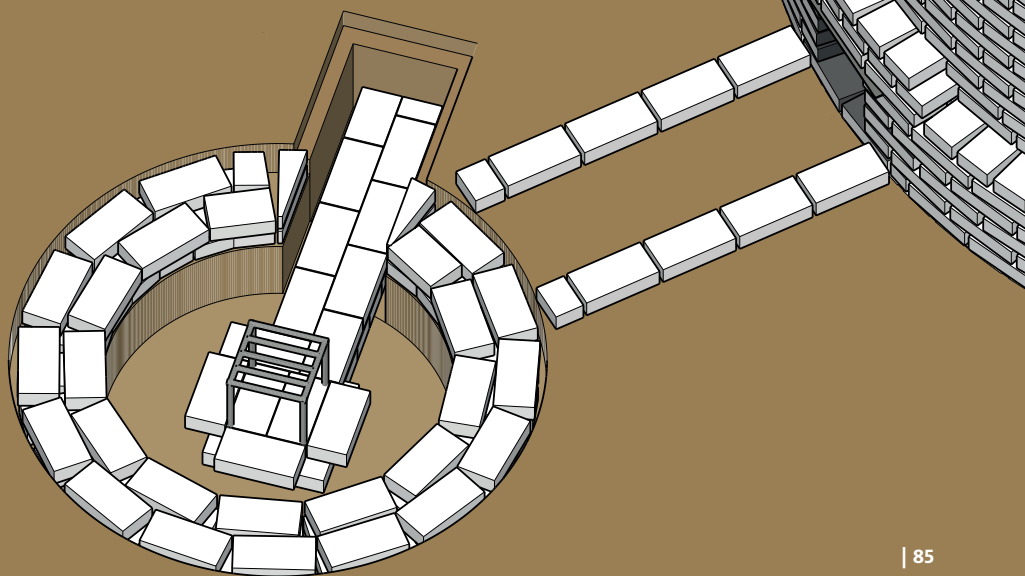
02 ESCAVE UMA CANALETA ONDE ESTÁ O RISCO FEITO COM O GABARITO

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



03 ESCAVE A BASE DO DUTO SUBTERRÂNEO DA FORNALHA

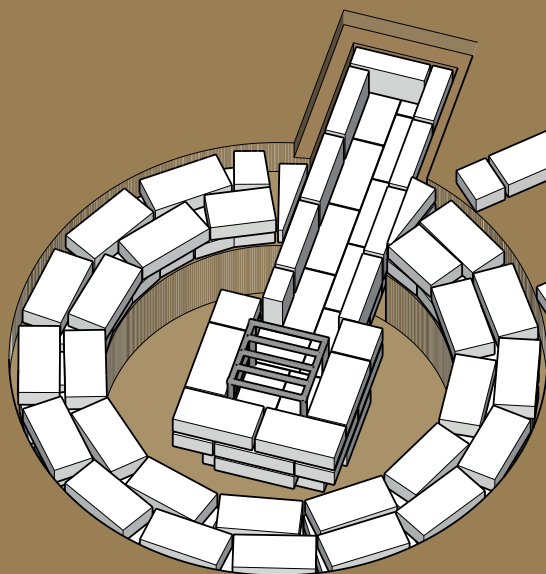
A escavação é feita para colocação da grelha e entrada de ar no interior da câmara de combustão. A base do duto é escavada do centro da fornalha para fora, na direção da porta, com 92,50 cm de comprimento, por 20 cm de altura e de largura.





04 FORRE O PISO DO DUTO SUBTERRÂNEO COM TIJOLOS

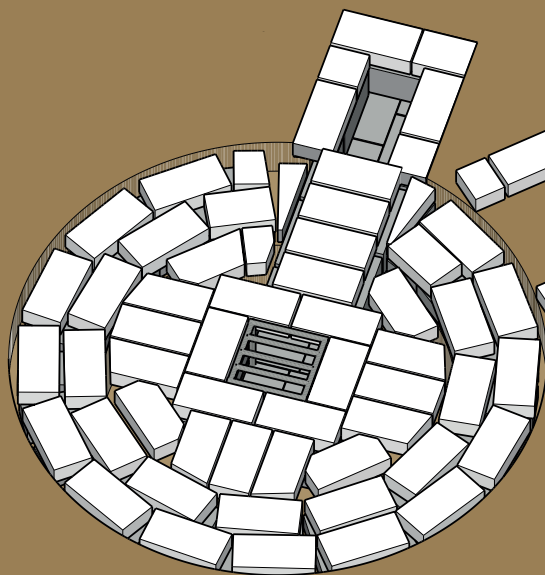
No duto subterrâneo será colocada a grelha que possibilitará a entrada de ar para o interior da câmara de combustão da fornalha.



05 INSTALE A BASE PARA A GRELHA DA FORNALHA, NIVELANDO SUA ALTURA COM O NÍVEL DO SOLO

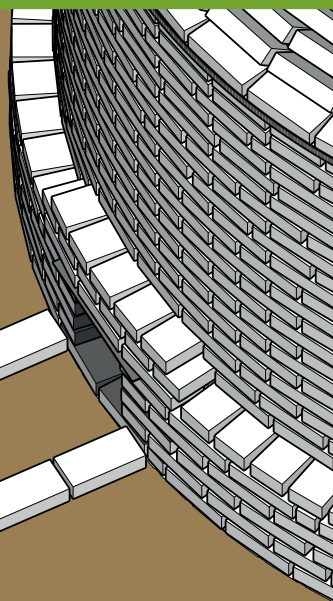


06 CONSTRUA A BASE DA CÂMARA DE COMBUSTÃO DA FORNALHA COM TIJOLOS E ARGAMASSA



07 INSTALE A GRELHA NA CÂMARA DE COMBUSTÃO

A grelha, com dimensões de 20 cm por 20 cm, será instalada dentro do duto subterrâneo, no centro da câmara de combustão da fornalha.



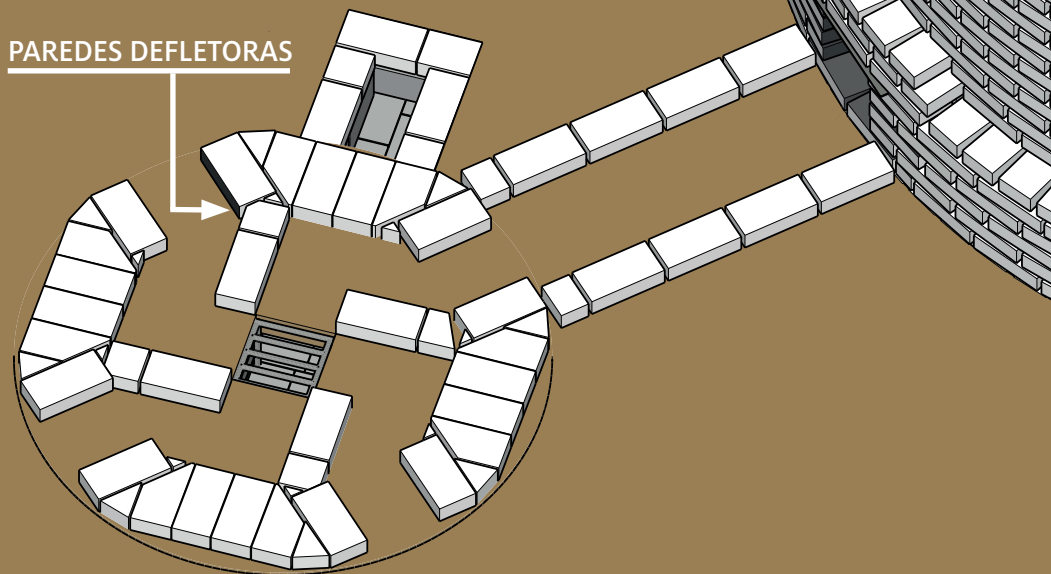


CONSTRUA A CÂMARA DE COMBUSTÃO DA FORNALHA

01 INICIE A CONSTRUÇÃO DA CÂMARA DE COMBUSTÃO

Inicia-se a construção colocando uma camada dupla de tijolos, com 20 cm de espessura, sobre o piso da base da fornalha.

PAREDES DEFLETORAS

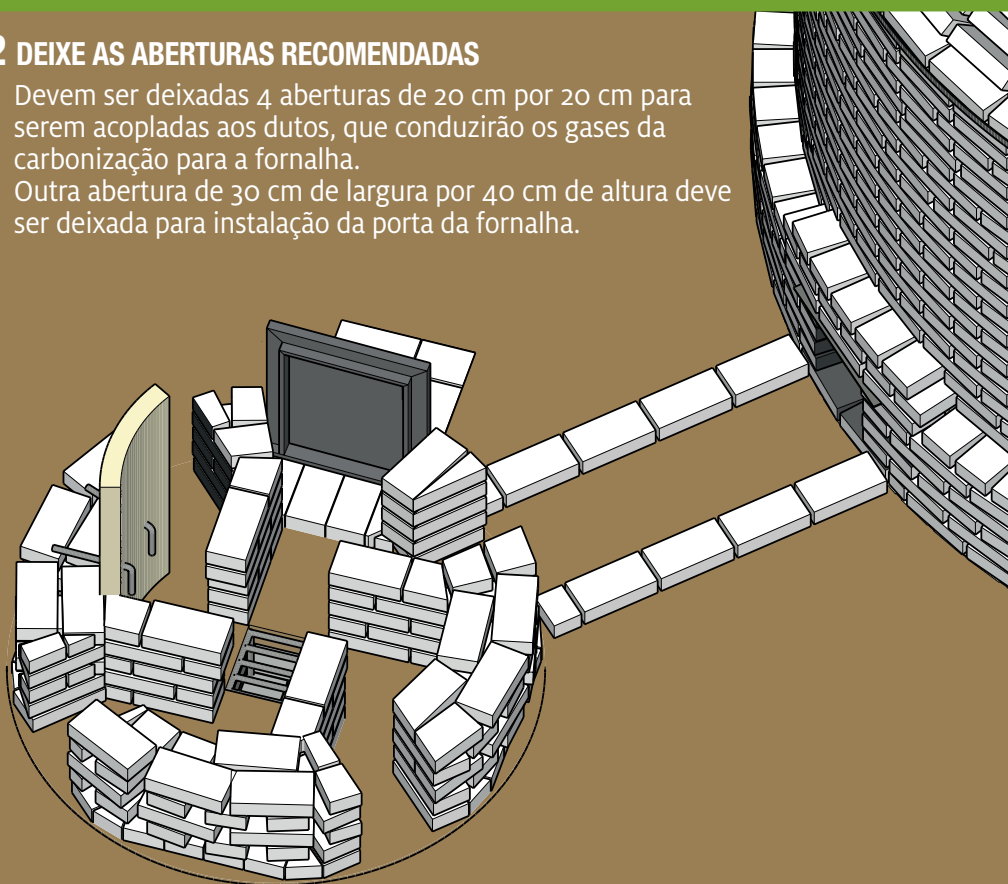




02 DEIXE AS ABERTURAS RECOMENDADAS

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.

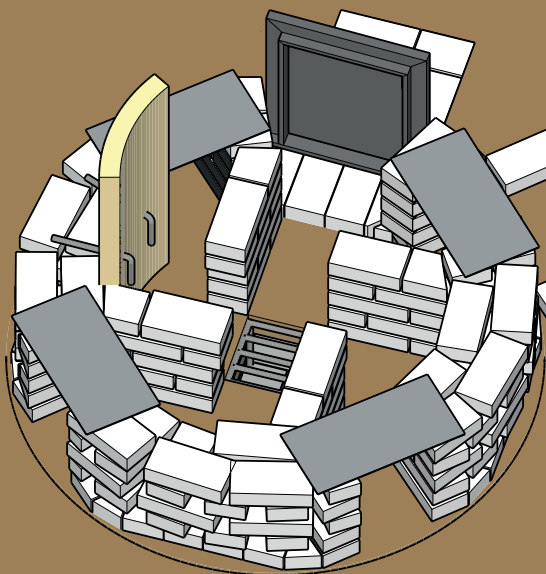
Outra abertura de 30 cm de largura por 40 cm de altura deve ser deixada para instalação da porta da fornalha.





03 CONSTRUA AS PAREDES DEFLETORAS

As paredes defletoras serão construídas próximas às aberturas de entrada dos gases, até 60 cm de altura, seguindo o alinhamento da grelha

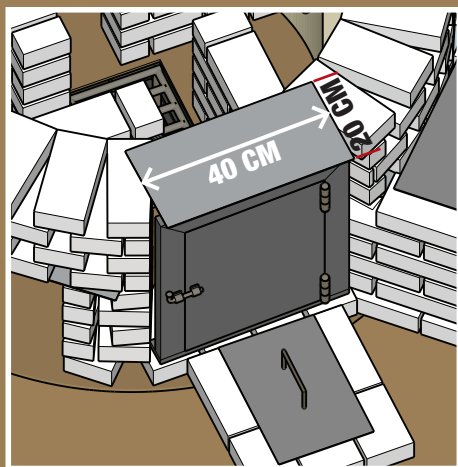


04 COLOQUE A MANTA CERÂMICA NA CÂMARA DE COMBUSTÃO

A manta favorece o isolamento térmico da câmara de combustão. Ela é fixada pelos pinos de aço formato de L, de 20 cm por 10 cm.

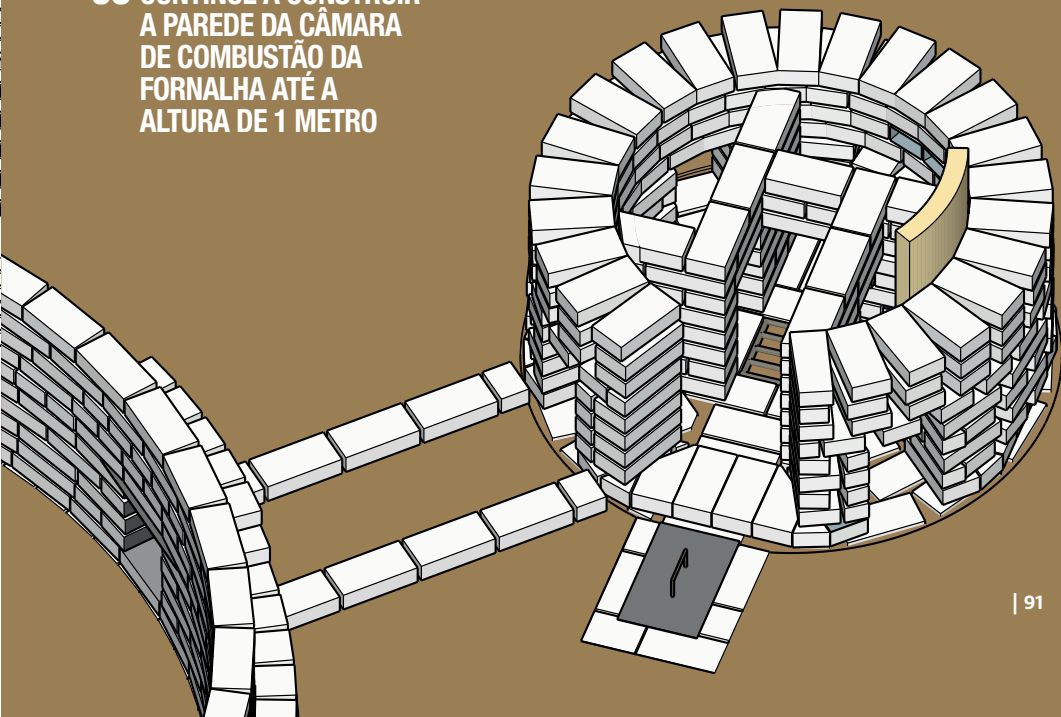
ATENÇÃO

05 COLOQUE AS CHAPAS METÁLICAS SOBRE AS 4 ABERTURAS DESTINADAS AO ACOPLAMENTO DOS DUTOS A CÂMARA DE COMBUSTÃO E, TAMBÉM, SOBRE A ABERTURA DA PORTA DE ABASTECIMENTO



As chapas metálicas servem de suporte para as demais fileiras de tijolos da parede da câmara de combustão da fornalha. A chapa colocada sobre a abertura da porta mede 20 cm de largura por 40 cm de comprimento. As 4 outras chapas medem 20 cm de largura por 30 cm de comprimento. A espessura das chapas pode ser de 2 mm a 3 mm.

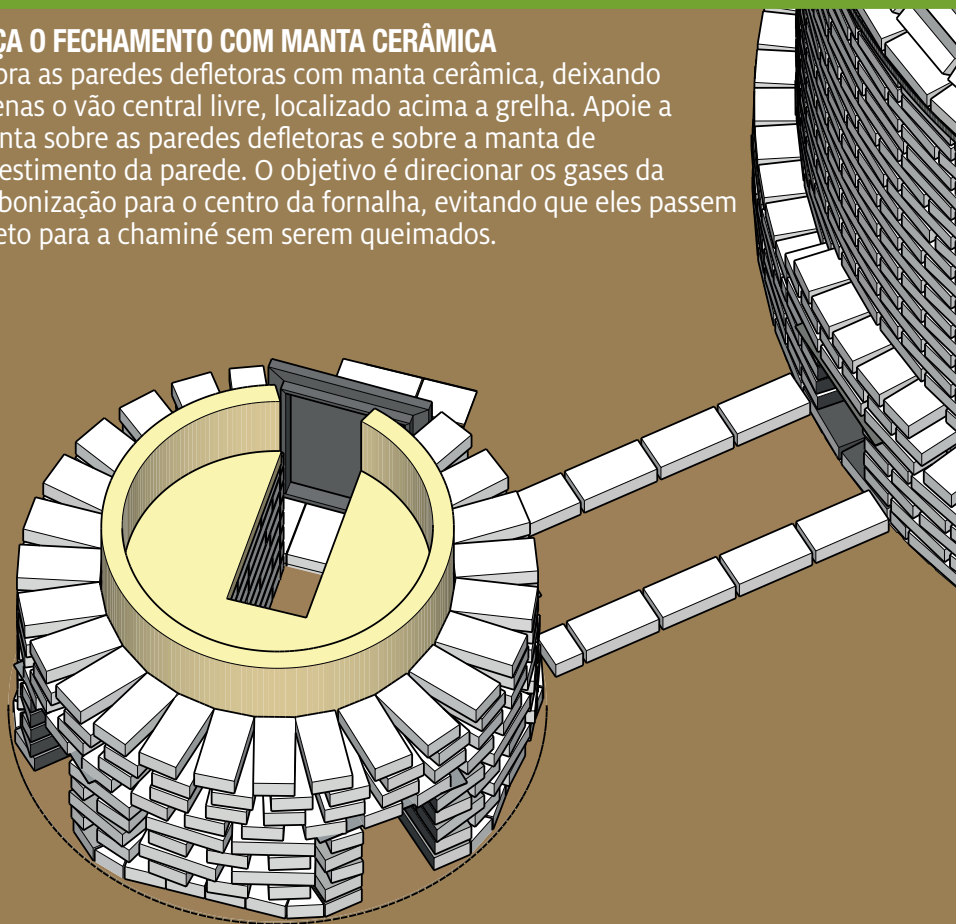
06 CONTINUE A CONSTRUIR A PAREDE DA CÂMARA DE COMBUSTÃO DA FORNALHA ATÉ A ALTURA DE 1 METRO





07 FAÇA O FECHAMENTO COM MANTA CERÂMICA

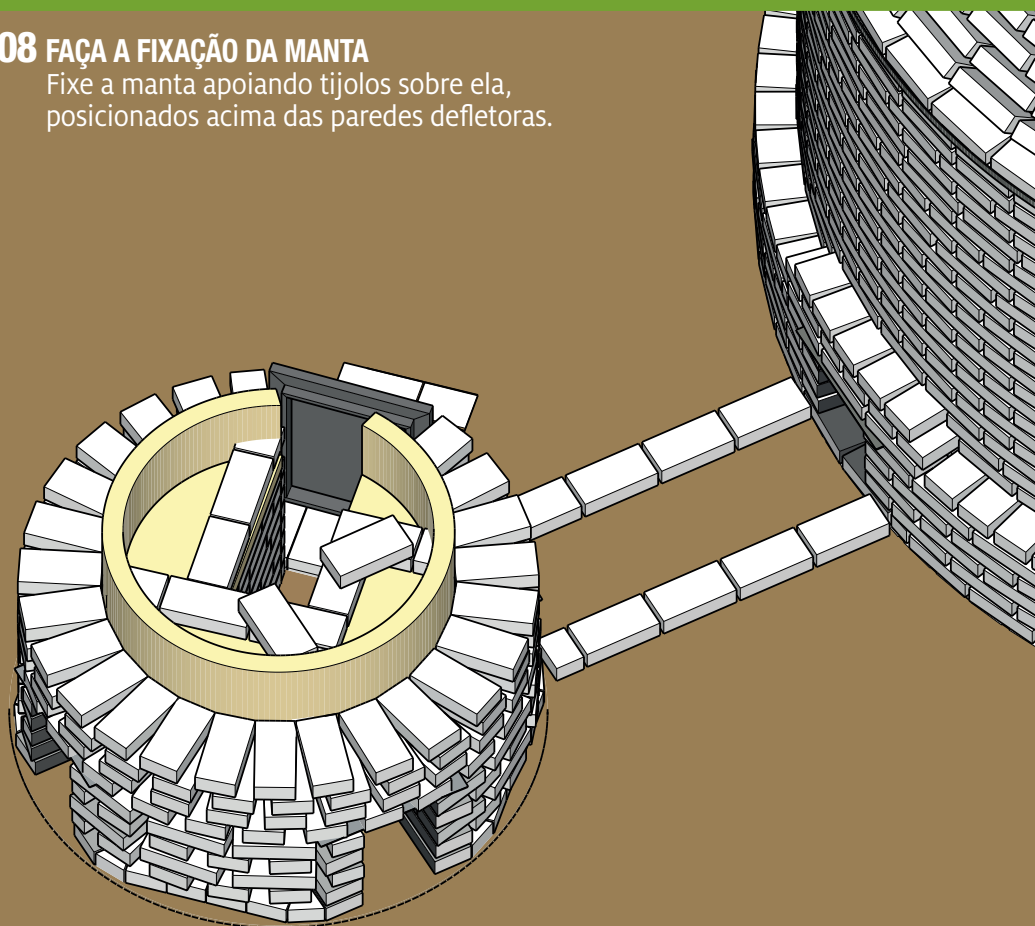
Cubra as paredes defletoras com manta cerâmica, deixando apenas o vão central livre, localizado acima a grelha. Apoie a manta sobre as paredes defletoras e sobre a manta de revestimento da parede. O objetivo é direcionar os gases da carbonização para o centro da fornalha, evitando que eles passem direto para a chaminé sem serem queimados.





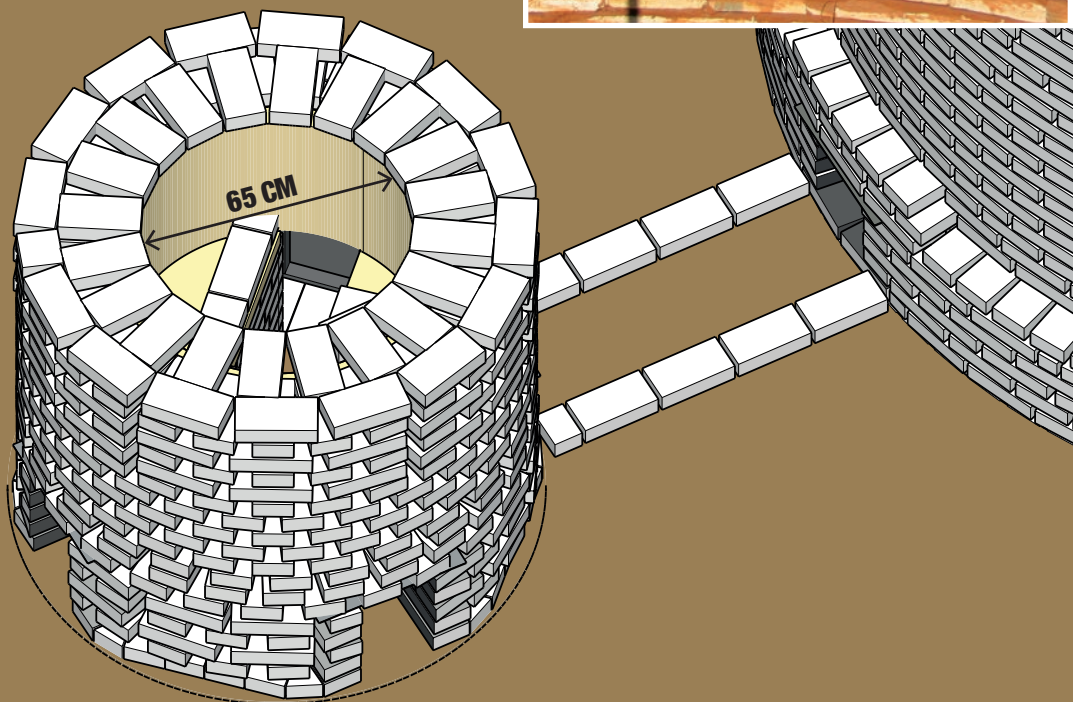
08 FAÇA A FIXAÇÃO DA MANTA

Fixe a manta apoiando tijolos sobre ela, posicionados acima das paredes defletoras.



09 FAÇA UM ESTRANGULAMENTO DE 35 CENTÍMETROS NO TÉRMINO DA CÂMARA DE COMBUSTÃO

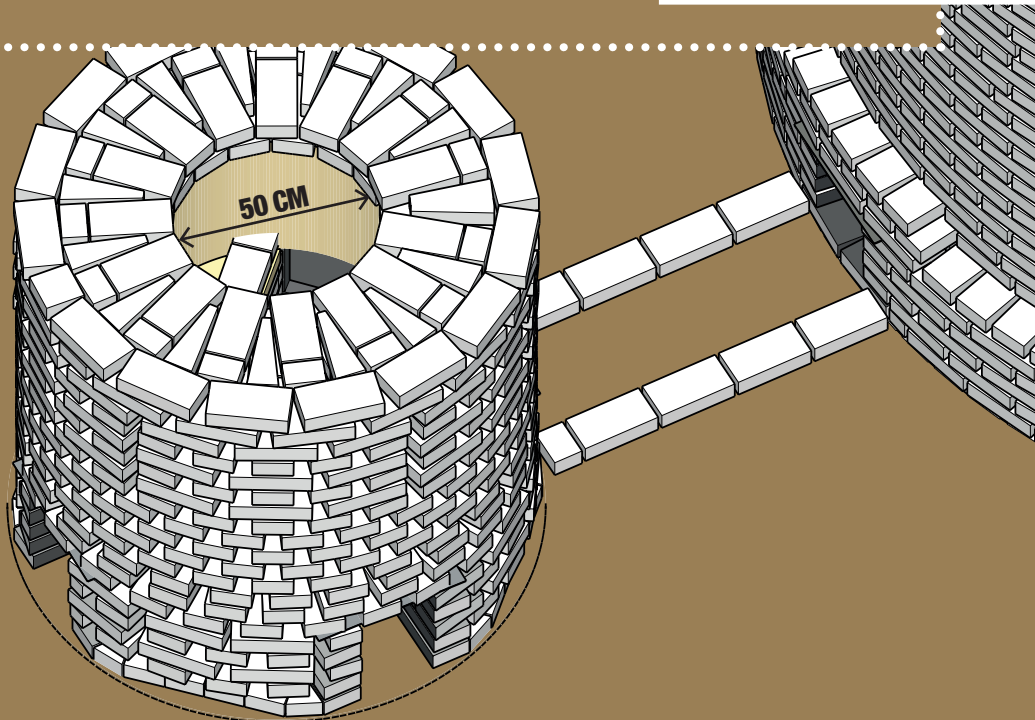
Após 1 m de altura da parede da câmara de combustão, realize um estrangulamento de 35 centímetros, que consiste na diminuição do diâmetro interno de 85 cm para 50 cm, feito nas duas próximas fileiras de tijolos.



ATENÇÃO

A DIMINUIÇÃO DO DIÂMETRO DA FORNALHA FAZ COM QUE OS GASES PERMANEÇAM POR MAIS TEMPO NA CÂMARA DE COMBUSTÃO, FAVORECENDO SUA QUEIMA.

- O ESTRANGULAMENTO FEITO NA PRIMEIRA FILEIRA SERÁ REDUZINDO EM 20 CM O DIÂMETRO INTERNO, ASSENTANDO OS TIJOLOS DESLOCADOS EM 10 CM EM DIREÇÃO AO CENTRO DA CIRCUNFERÊNCIA.
- NA SEGUNDA FILEIRA DESLOQUE OS TIJOLOS 7,5 CM EM DIREÇÃO AO CENTRO DA CIRCUNFERÊNCIA, O QUE REDUZIRÁ O DIÂMETRO EM MAIS 15 CM. ASSIM, O DIÂMETRO SERÁ REDUZIDO EM 35 CM NO TOTAL.
- NA TERCEIRA FILEIRA SERÁ FEITA A AMARRAÇÃO EXTERNA DA ESTRUTURA COM A CINTA METÁLICA. A PARTIR DELA SERÁ CONSTRUÍDA A CHAMINÉ, COM 75 CM DE DIÂMETRO INTERNO.



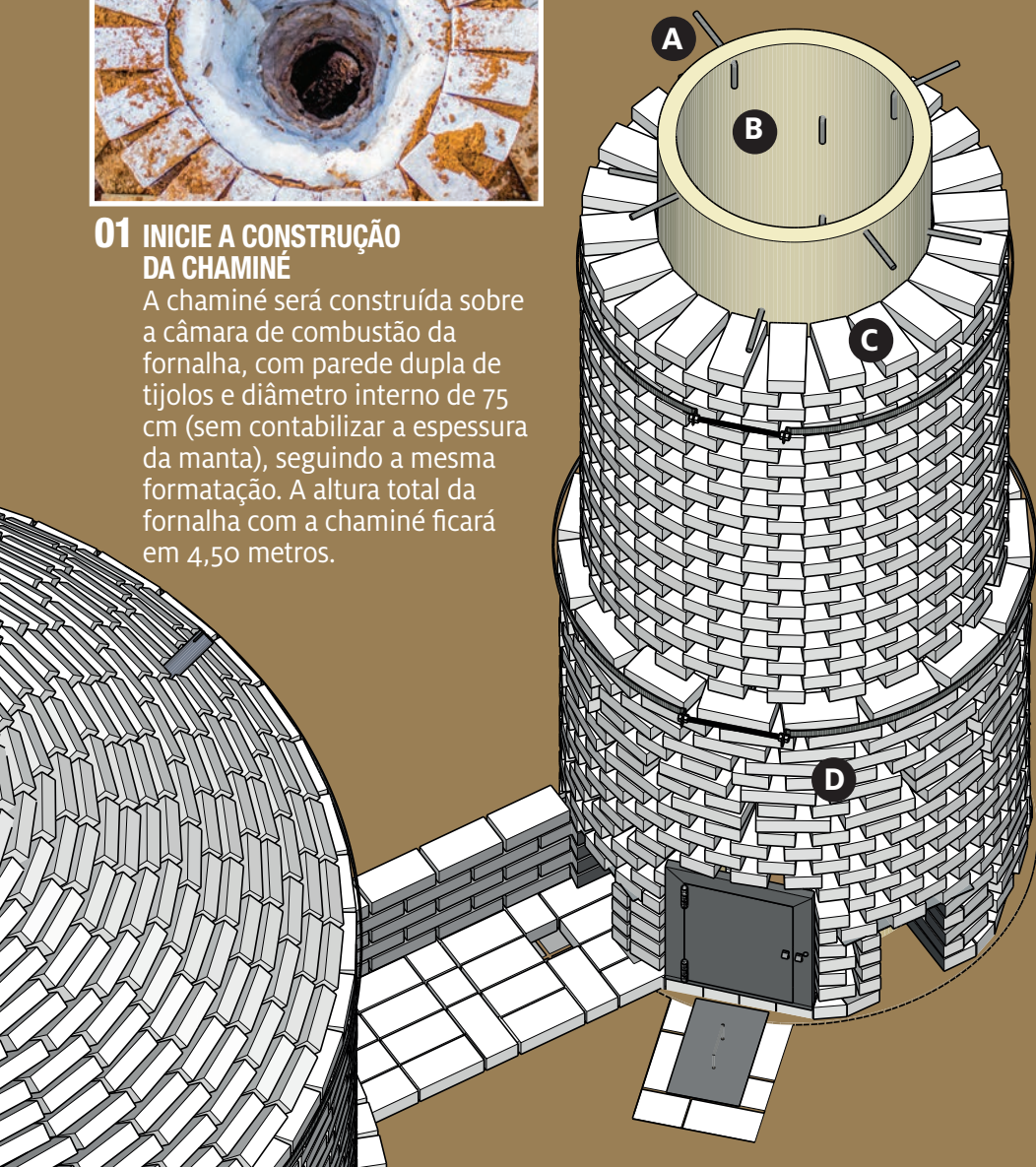
CONSTRUA A CHAMINÉ ACIMA DO ESTRANGULAMENTO DA CÂMARA DE COMBUSTÃO

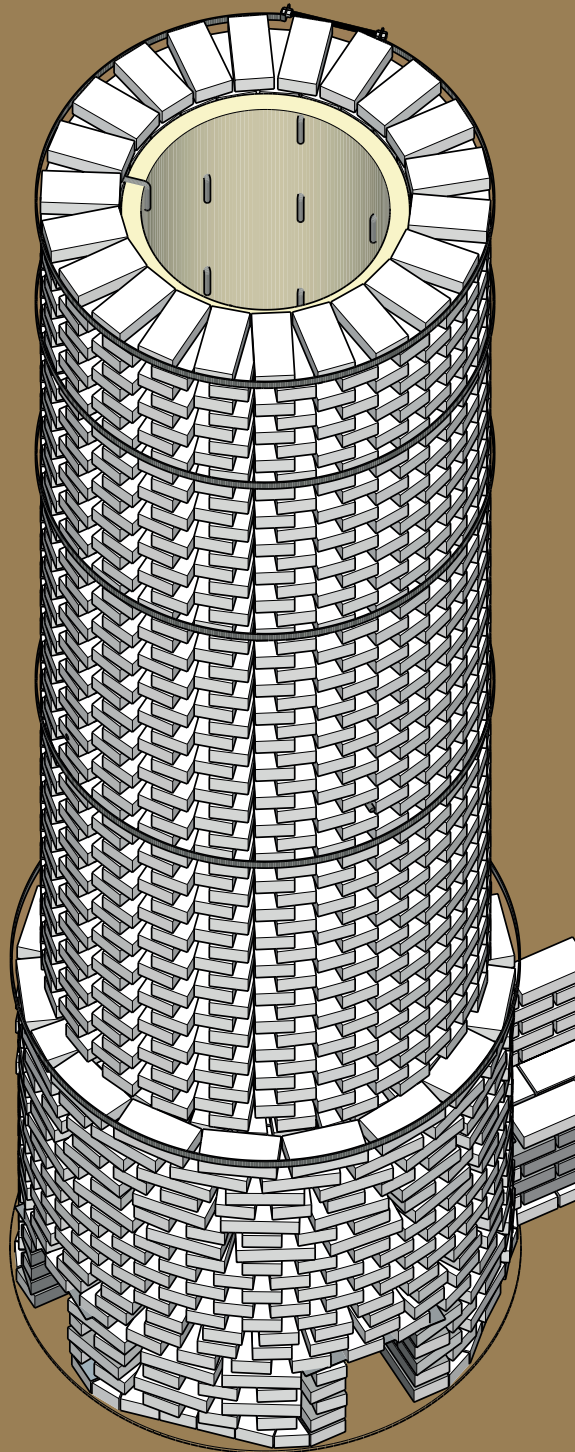


01 INICIE A CONSTRUÇÃO DA CHAMINÉ

A chaminé será construída sobre a câmara de combustão da fornalha, com parede dupla de tijolos e diâmetro interno de 75 cm (sem contabilizar a espessura da manta), seguindo a mesma formatação. A altura total da fornalha com a chaminé ficará em 4,50 metros.

- A) PINO DE FIXAÇÃO DA MANTA
- B) MANTA
- C) PAREDE DA CHAMINÉ
- D) PAREDE DA CÂMARA DE COMBUSTÃO





02 FAÇA A FORRAÇÃO DO INTERIOR DA CHAMINÉ COM A MANTA CERÂMICA

Ao longo da construção, tanto da câmara de combustão quanto da chaminé, deve ir se revestindo internamente a estrutura com a manta cerâmica, fixando-a com os pinos de aço

03 COLOQUE AS CINTAS METÁLICAS DE SUSTENTAÇÃO NA CÂMARA DE COMBUSTÃO E NA CHAMINÉ

Na parte externa da parede da fornalha, ao longo da chaminé, serão colocadas quatro cintas metálicas, com espaçamento de 1 metro entre elas. A primeira cinta metálica será colocada a 1 m de altura em relação ao nível do solo.

04 PROTEJA A MANTA

Assente com argamassa a última fileira de tijolos deslocada 5 cm para o interior, de modo que recubram a manta para sua maior proteção, em caso de chuvas durante a carbonização.

05 FAÇA O REVESTIMENTO EXTERNO DA FORNALHA

Faça o revestimento com argamassa de barro e silicato de sódio ou com a argamassa especial desenvolvida pela Universidade Federal de Viçosa, que também pode ser utilizada para revestir os fornos. Ela melhora o acabamento e aumenta a vida útil.



06 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. Ele tem a função de impedir a entrada de chuva na chaminé, o que poderia estragar a manta cerâmica. O chapéu chinês deve ser fechado somente quando não houver carbonização.

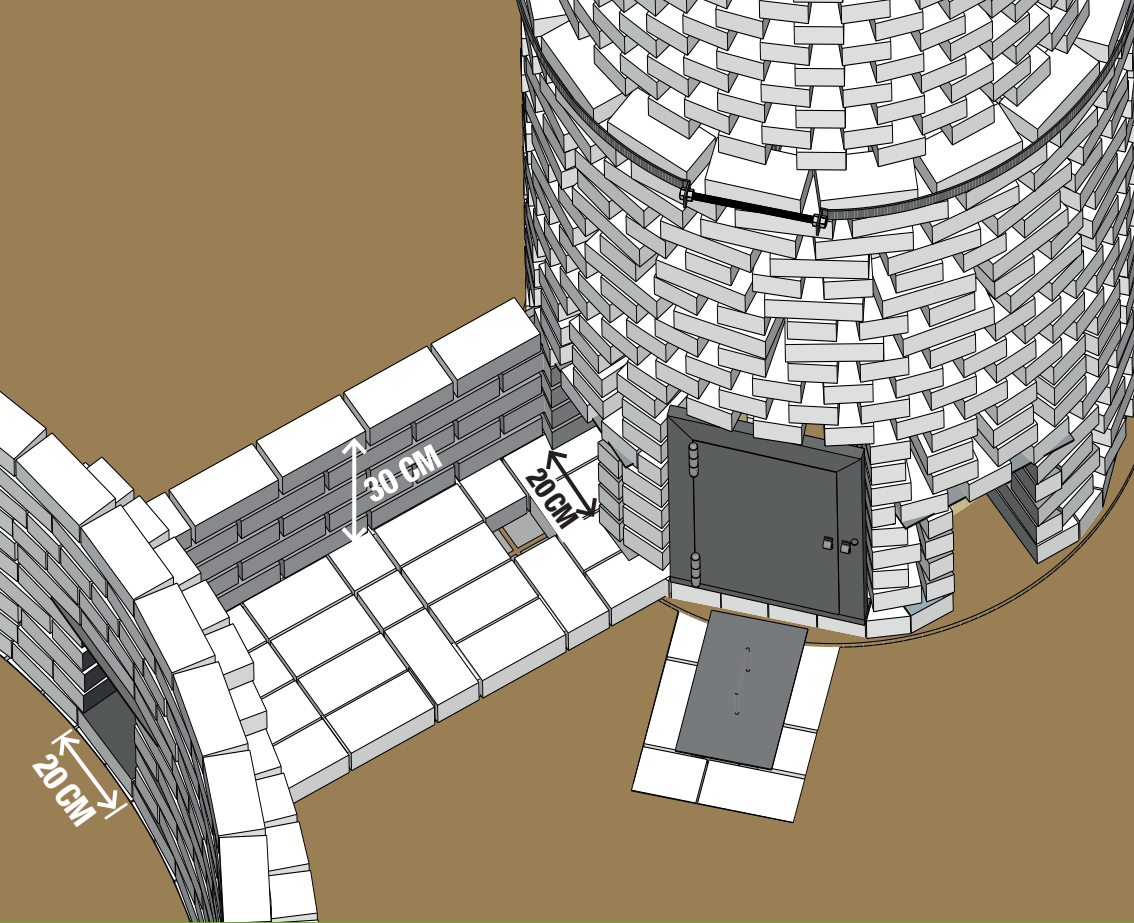


ATENÇÃO

A ARGAMASSA ESPECIAL É COMPOSTA POR:

- 10 KG DE ARGAMASSA REFRAATÁRIA
- 240 KG DE AREIA
- 20 KG DE CIMENTO
- 10 KG DE CAL
- 2,5 KG DE AÇÚCAR
- ÁGUA NECESSÁRIA PARA MISTURAR OS COMPONENTES ATÉ O PONTO DE TEXTURA FINA.





CONSTRUÇÃO DOS DUTOS

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



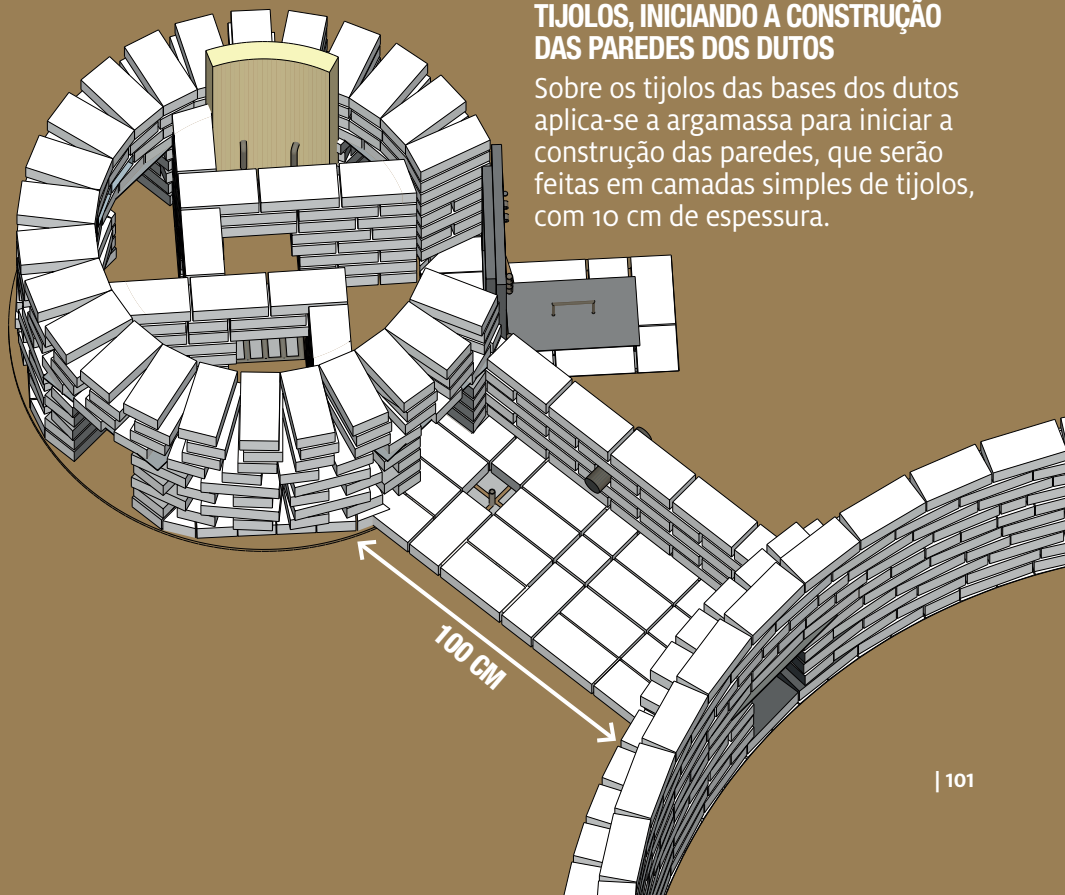
01 CUBRA AS BASES DOS DUTOS COM TIJOLOS

Assente os tijolos da base dos dutos forrando a canaleta, mantendo o mesmo nível do forno e da fornalha. Depois continue a construção da paredes laterais do duto.



02 APLIQUE ARGAMASSA SOBRE OS TIJOLOS, INICIANDO A CONSTRUÇÃO DAS PAREDES DOS DUTOS

Sobre os tijolos das bases dos dutos aplica-se a argamassa para iniciar a construção das paredes, que serão feitas em camadas simples de tijolos, com 10 cm de espessura.





03 INSTALE AS CANTONEIRAS NOS DUTOS

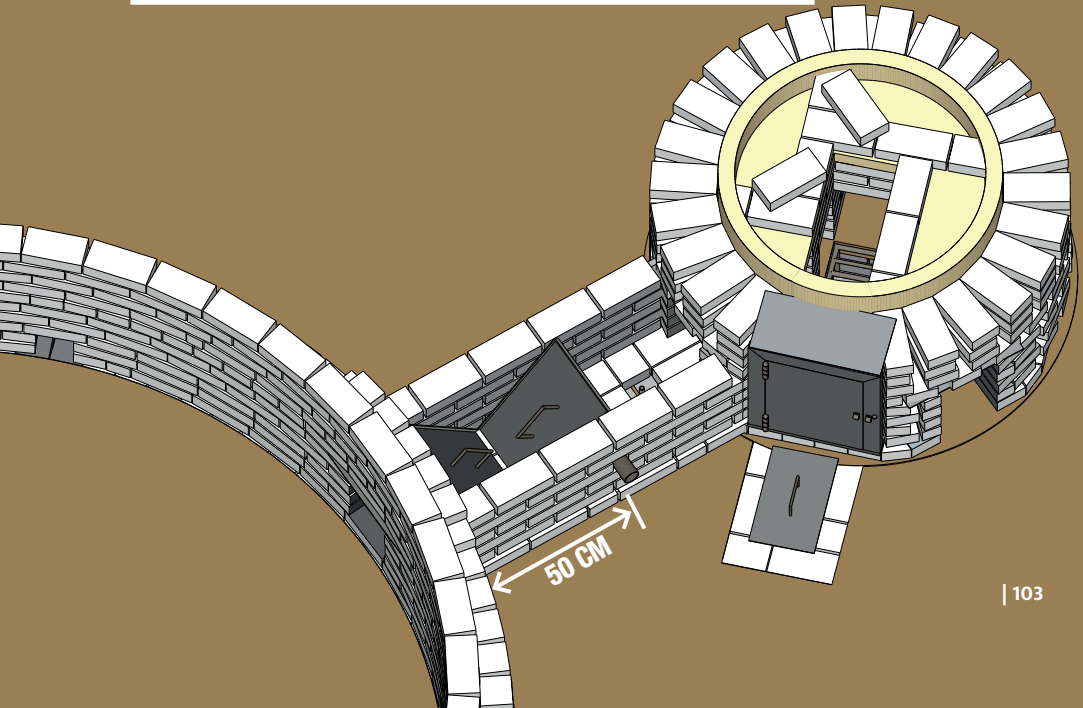
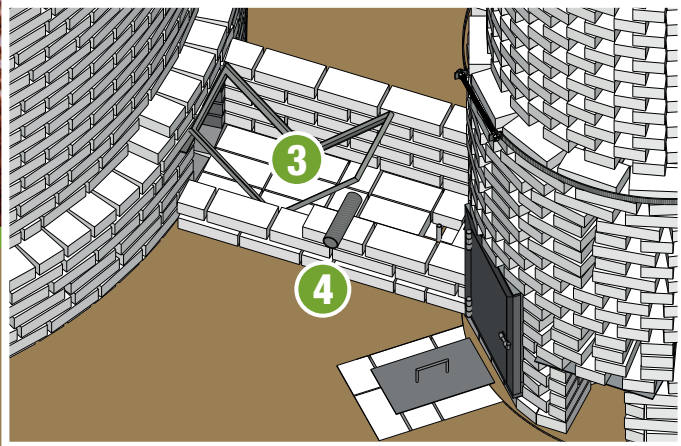
As cantoneiras, para encaixe das chapas de fechamento do forno e de obstrução do duto da fornalha, tem espessura de 3 mm, 30 cm de largura por 40 cm de comprimento. A primeira cantoneira deve ser instalada inclinada, indo da parede acima da saída de gases, a cerca de 30 cm de altura, até o piso do duto. A segunda cantoneira deve ser instalada a partir da base da primeira, até a altura da parede do duto.

04 INSTALE OS CILINDROS METÁLICOS NAS PAREDES DOS DUTOS

Um cilindro será instalado na metade da parede de cada duto, a 50 cm de comprimento e a 15 cm de altura.

Os cilindros medem 20 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro, e, como todos os outros, possuem uma extremidade fechada, que fica voltada para o interior e outra aberta, para medir a temperatura de saída dos gases com o pirômetro.







05 INSTALE A VÁLVULA BORBOLETA

A função da válvula borboleta é regular a vazão dos gases da carbonização, ou seja, controlar o fluxo de fumaça dos fornos para fornalha. Ela é operada manualmente, sendo movimentada quando necessário durante a carbonização.

A válvula borboleta é composta de 2 chapas de 3 mm de espessura, uma delas medindo 40 cm x 40 cm e a outra medindo 28 cm x 28 cm.

A) Fixe um tubo metálico para encaixe da chapa menor

Um tubo metálico de 10 cm de comprimento com 1 cm de diâmetro interno é fixado ao solo, na metade da largura de cada duto, a 15 cm da sua parede interna e a 20 cm da entrada de gases para a câmara de combustão da fornalha.

B) Instale a chapa menor (de 28 cm x 28 cm) no centro de cada duto

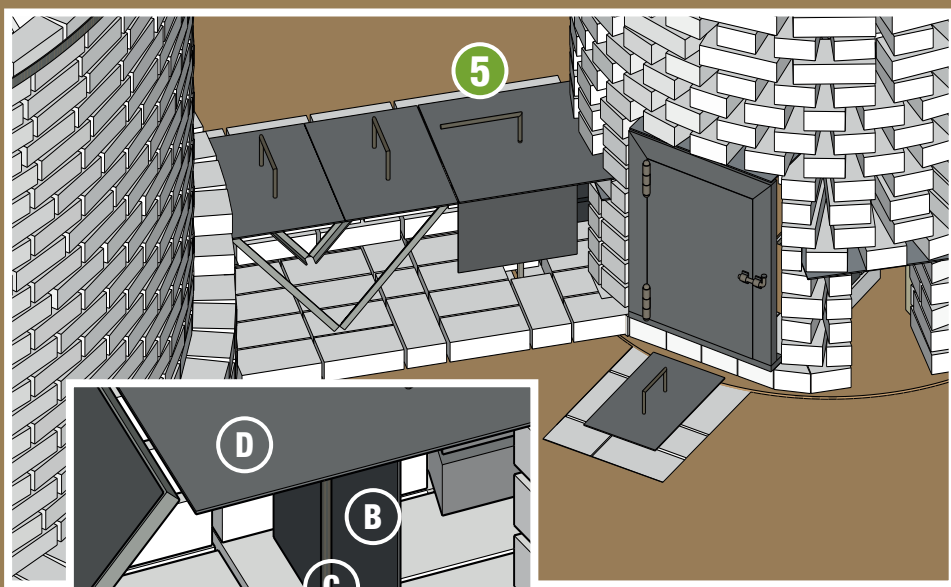
Esta chapa ficará perpendicular à chapa maior que recobre o duto. No centro da chapa menor é soldado um eixo, feito em barra de aço 3/8" com 60 cm de comprimento, ultrapassando a base da chapa em 10 cm.

C) Encaixe o eixo da chapa menor no tubo metálico

A parte inferior do eixo central da chapa menor será encaixada no tubo metálico, para auxiliar na movimentação da válvula borboleta.

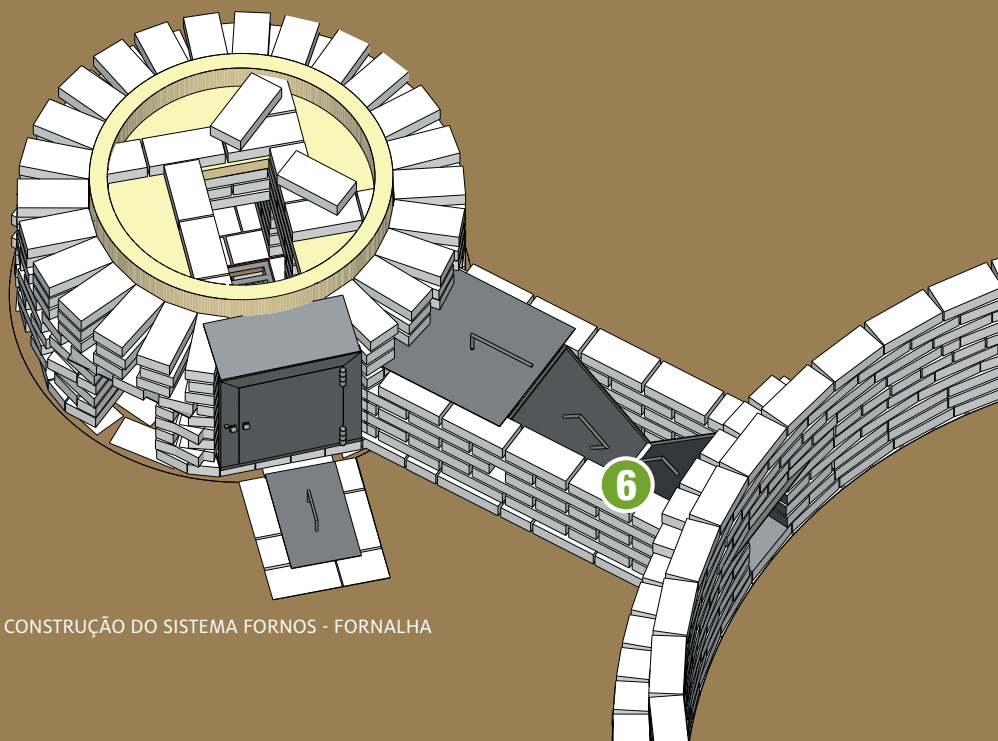
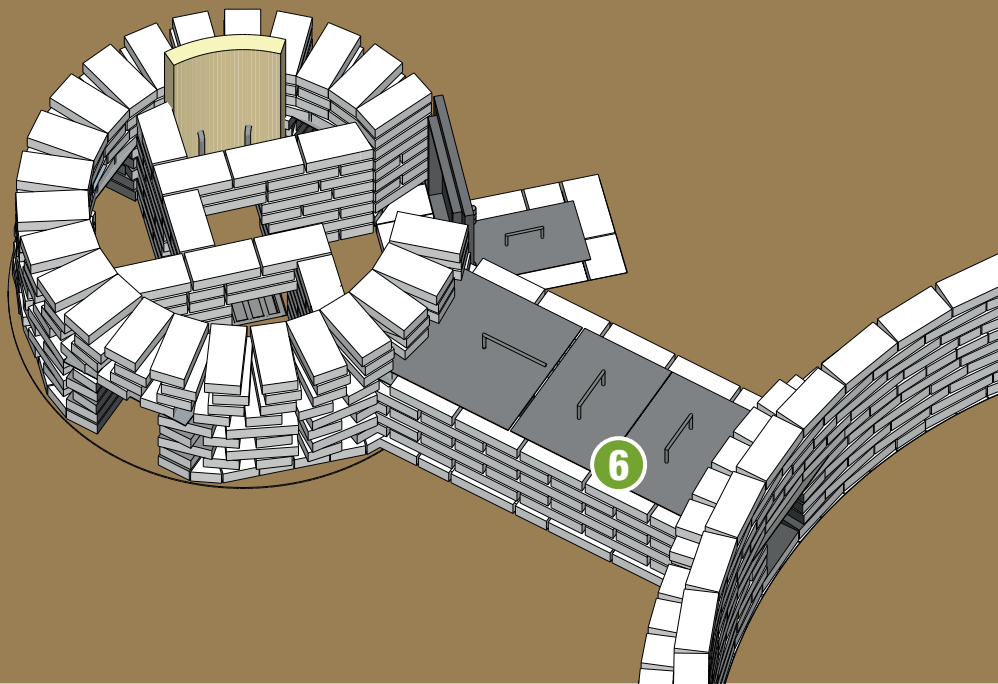
D) Fixe a chapa maior (de 40 cm por 40 cm)

A chapa maior deverá ser encostada na fornalha e fixada sobre cada duto.



ATENÇÃO

A VÁLVULA BORBOLETA DEVE FICAR TOTALMENTE ABERTA NO INÍCIO DA CARBONIZAÇÃO. AO LONGO DO PROCESSO, PODE SER PARCIALMENTE FECHADA, AUXILIANDO NO CONTROLE DA CARBONIZAÇÃO.



06 INSTALE 2 CHAPAS METÁLICAS PARA RECOBRIMENTO DE CADA DUTO

Serão instaladas 2 chapas metálicas com dimensões de 29 cm de largura por 40 cm de comprimento e 3 mm de espessura, para fazer o recobrimento dos dutos. Além do recobrimento dos dutos elas fazem também o fechamento do forno e da lateral da fornalha no período de resfriamento dos fornos.



07 FAÇA O BARRELAMENTO DOS DUTOS

O barrelamento é feito com argamassa de textura mais fina, que além de deixar os dutos com uma boa aparência, serve também de proteção, aumentando sua vida útil.



FAÇA A LIMPEZA GERAL NO SISTEMA FORNOS-FORNALHA

Finalizadas as construções deve-se limpar toda a área construída, deixando-a pronta para realização da "cura" das estruturas.

LIMPE TUDO USANDO EQUIPAMENTOS APROPRIADOS

Retire restos de tijolos e de argamassa, varrendo dentro e fora dos fornos, limpando as entradas de ar, os dutos e a fornalha.

DÊ DESTINAÇÃO CORRETA AO LIXO

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

ATENÇÃO

DURANTE A CARBONIZAÇÃO RECOMENDA-SE COLOCAR ARGAMASSA E TIJOLOS NOS ENCONTROS DAS CHAPAS PARA EVITAR POSSÍVEIS ENTRADAS DE AR.



3.6 CONDUZA A CURA DOS FORNOS E DA FORNALHA

Recomenda-se, após a construção, fazer a cura dos 4 fornos e da fornalha, queimando resíduos de madeira ou qualquer outra biomassa, por um período de pelo menos 30 minutos.

A) FAÇA O ENCHIMENTO DOS FORNOS E DA FORNALHA

Enche-se os fornos e a câmara de combustão da fornalha com lenha ou resíduo de biomassa, tais como: casca, atíços, resíduos agrícolas, até aproximadamente 10% da sua capacidade.

B) CONDUZA A QUEIMA DO MATERIAL NO FORNO E NA FORNALHA

Todo o material deverá ser totalmente queimado.

C) 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.



D) DEPOIS DE LIMPOS, AVALIE O ESTADO DOS FORNOS E DA FORNALHA

ATENÇÃO

- AVALIA-SE A CURA DAS ESTRUTURAS VERIFICANDO SE EXISTEM TRINCAS E/OU FUROS. CASO IDENTIFIQUE ALGUM LOCAL QUE NECESSITE DE MANUTENÇÃO APLIQUE A "BARRELA" COM SILICATO, QUE DEIXA A ARGAMASSA MAIS RESISTENTE. QUANTIDADE: APROXIMADAMENTE 400 ML DE SILICATO DE SÓDIO PARA CADA CARRINHO DE SOLO ARGILOSO PENEIRADO (3 LATAS DE 18 LITROS).
- DEPOIS DA INSPEÇÃO VISUAL, SE TUDO ESTIVER CORRETO, REPETE-SE A LIMPEZA DOS FORNOS E FORNALHA DEIXANDO TUDO EM CONDIÇÃO IDEAL DE FUNCIONAMENTO PARA FAZER A CARBONIZAÇÃO.





LEMBRETES



Você que já trabalha ou vai trabalhar na produção de carvão vegetal tem agora em mãos este manual, que contém os ensinamentos básicos sobre como construir o Sistema de Fornos-Fornalha para produzir um carvão vegetal de forma sustentável.

Este sistema traz como vantagens principais a "PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CARVÃO VEGETAL", promovendo a preservação ambiental, a melhoria das condições de trabalho, a obtenção de carvão de melhor qualidade e rendimento superior aos sistemas tradicionais utilizados pelos pequenos e médios produtores.

Observação: Além de utilizar os Manuais de Construção e Operação do Sistema de Fornos-Fornalha no trabalho que desenvolve ou vai desenvolver, consulte também o Vídeo de Construção e Operação do Sistema Fornos-Fornalha. Se necessitar de Assistência Técnica, busque a EMATER e o SENAR para ajudá-lo(a) na implementação do Projeto de Produção Sustentável do Carvão Vegetal.

BOA SORTE!

CONTATOS:

■ EMATER-MG

Telefone: (31) 3349-8071 ou
(31) 3349-8070

E-mail: detecger@emater.mg.gov.br

■ SENAR-MG

Telefone: (31) 3074- 3074

E-mail: senar@senarminas.org.br



REFERÊNCIAS

CARNEIRO, A. C. O.; OLIVEIRA, A. C. **Produção sustentável de carvão vegetal**. v. 1. Viçosa: UFV, 2013. 39 p.

CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **produção e utilização de carvão vegetal** – Séries Técnicas CETEC, Belo Horizonte, 1982. 393 p.

DONATO, B. D. **Desenvolvimento e avaliação de fornalha para combustão dos gases da carbonização da madeira**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2017.

FAEMG/SENAR. Carvão vegetal: em busca da sustentabilidade. **Revista FAEMG/SENAR**, ano 4, n. 30, p. 31, ago. 2017.

IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Anuário estatístico 2017, ano base 2016**. Brasília, 2017. 80 p.

SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIRÓZ, J. H. **Bioenergia & biorrefinaria cana-de-açúcar & espécies florestais**. Viçosa MG: [s.n.], 2013. 551 p.

VALENTE, O. F. Carbonização de madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 74-79, 1986.

PROJETO

Produção de Carvão de Biomassa Renovável Sustentável para a Indústria Siderúrgica no Brasil



*Empoderando vidas.
Fortalecendo nações.*



MINAS GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

ENTIDADES DE APOIO ENVOLVIDAS

EMATER
Minas Gerais

POLO DE EXCELÊNCIA
EM FLORESTAS



UFV
Universidade Federal de Viçosa



Este manual é destinado a você, prezado(a) leitor(a), seja produtor(a) de carvão vegetal, forneiro(a) ou empresário(a) que se interessa pela atividade. Ela contém informações importantes sobre como construir fornos de carbonização com queima de gases, um sistema que permite produzir melhor e reduzir a emissão de fumaça.


SIDERURGIA
SUSTENTÁVEL

