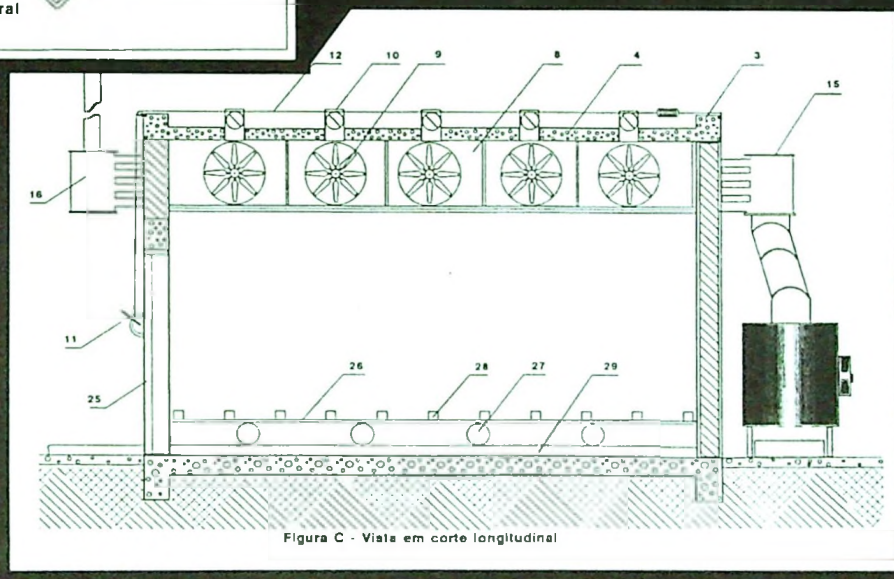
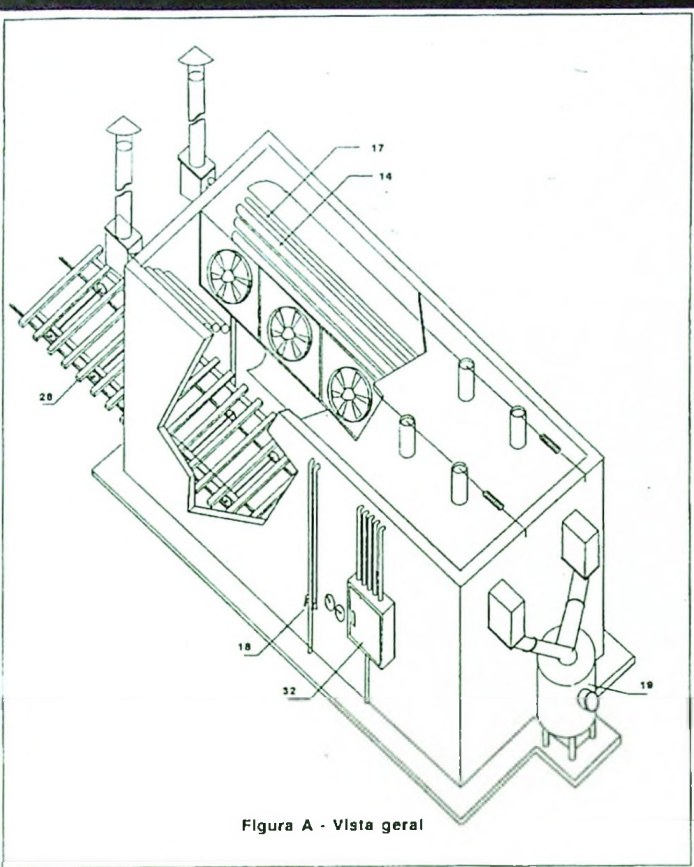


ESTUFA para SECAGEM de MADEIRA SERRADA pela QUEIMA de RESÍDUOS



Manual de construção e operação

Estufa para Secagem de Madeira Serrada pela Queima de Resíduos

Manual de construção e operação

Ministro do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
Gustavo Krause Gonçalves Sobrinho

Presidente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Eduardo Martins

Diretor de Incentivo à Pesquisa e Divulgação
Celso Martins Pinto

Coordenador do Programa de Divulgação Técnico-Científica e Educação Ambiental
José Silva Quintas

Coordenadora do Projeto de Divulgação Técnico-Científica
Maria Luiza Delgado Assad

Diretor de Recursos Naturais Renováveis
Antonio Carlos do Prado

Chefe do Laboratório de Produtos Florestais
Mário Rabelo de Souza

Edição
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação
Programa de Divulgação Técnico-Científica e Educação Ambiental
Projeto de Divulgação Técnico-Científica
SAIN - Av. L4 - Lote 04 - Edifício Sede
CEP: 70800-200 - Brasília - DF - Brasil
Telefones: (061) 316-1191 e 316-1222
Fax: (061) 226-5588

Brasília
1998

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Diretoria de Recursos Naturais Renováveis

Laboratório de Produtos Florestais

Estufa para Secagem de Madeira Serrada pela Queima de Resíduos

Manual de construção e operação

Coordenação:

Varlone Alves Martins
Eng. Florestal, Ph.D.
Pesquisador do LPF/DIRPED/IBAMA

Alfredo de Souza Mendes
Químico, Ph.D.
Pesquisador do CPPF/INPA

Daniel Delgado Murdoch (*in memoriam*)
Agrônomo Silvicultor
Pesquisador visitante, bolsista do MCT/RHAE/CNPq



Colaboração:

Márcia Helena Bezerra. Marques
Eng. Florestal - Pesquisadora do LPF/IBAMA

Jorge Hélio Pereira dos Santos
Eng. Civil - Pesquisador do LPF/IBAMA

Júlio Eustáquio de Melo
Eng. Civil, M.Sc. - Pesquisador do LPF/IBAMA

Edição e Revisão de Texto

Norma Azeredo
Vitória Rodrigues

Diagramação e capa

Denys Márcio

S 444 Estufa para Secagem de madeira serrada pela queima de resíduos : manual de construção e operação / coordenadores: Varlone Alves Martins, Alfredo de Souza Mendes, Daniel Delgado Murdoch. — Brasília : Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998.

60p. il.

ISBN 85-7300-065-1

1. Madeira. 2. Estufa. 3. Combustão. 4. Resíduo. 5. Secagem. 6. Manual. I. Martins, Varlone Alves. II. Mendes, Alfredo de Souza. III. Murdoch, Daniel Delgado. IV. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis.

CDU 674.047.3

Agradecimentos



equipe executora deseja expressar seus mais sinceros agradecimentos a todos que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e, particularmente:

- ao Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas (RHAE), do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), pelo apoio prestado na forma de uma bolsa, na categoria Pesquisador Visitante;
- ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de uma bolsa, na categoria Auxílio Pesquisador Visitante.

Apresentação



O desenvolvimento do setor madeireiro depende da implementação ou adequação de tecnologias que visem ao aumento da produção e que garantam um elevado grau de qualidade aos produtos madeireiros, tornando-os mais competitivos nos mercados externo e interno, cada vez mais exigentes. As micro e pequenas empresas reconhecem que secar apropriadamente a madeira é uma etapa imprescindível no processo industrial de transformação desta matéria-prima em produtos de qualidade. No entanto, devido a dificuldades em encontrar no mercado secadores acessíveis aos seus padrões econômicos, essas empresas acabam por ter a qualidade e, conseqüentemente, a competitividade de seus produtos comprometidas. Paralelamente, essas indústrias geram uma grande quantidade de resíduos que permanecem subaproveitados e, na falta de equipamentos essenciais como estufas de secagem, encontram, também, sérias dificuldades em utilizar as chamadas “novas madeiras” quando estas exigem um maior grau de processamento.

Neste contexto, o Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA e a Coordenadoria de Pesquisa em Produtos Florestais do INPA desenvolveram a estufa de secagem de que trata este manual. Suas principais características são os menores custos de instalação, manutenção e operação aliados à utilização de resíduos ligno-celulósicos como fonte energética e a uma *performance* compatível com a dos secadores convencionais.

Este manual fornece a orientação necessária para a construção da estufa pelos próprios interessados, incluindo plantas técnicas, lista de materiais empregados e detalhes operacionais. Com esta publicação, IBAMA e INPA acreditam estar contribuindo para a melhoria da qualidade e da competitividade de produtos gerados por micro e pequenos empresários e, principalmente, para uma melhor utilização dos recursos florestais.

Sumário

Resumo	11
Abstract	11
1 Introdução	13
2 Descrição Geral	15
3 Construção da Estufa	17
3.1 Câmara de secagem	17
3.2 Componentes metálicos e ventiladores	17
4 Figuras Descritivas	21
5 Preparação da Carga e Operação da Estufa	27
5.1 Preparação da carga	27
5.2 Operação da estufa	27
5.2.1 Procedimentos iniciais	28
5.2.2 Aquecimento inicial	28
5.2.3 Secagem	28
5.3 Igualação e acondicionamento	29
5.4 Sugestões de Leitura	29
6 Plantas construtivas	31
7 Relação de materiais	51

Resumo

 Este manual apresenta uma estufa para secagem de madeira serrada aquecida por meio de fornalha e trocadores de calor. O modelo opera de forma semelhante às estufas convencionais a vapor, porém sem necessitar de caldeira. Os gases provenientes da combustão de resíduos ligno-celulósicos circulam dentro dos trocadores de calor produzindo o aquecimento, não havendo contato entre estes gases e a atmosfera interna da câmara. A estufa é dotada de cinco ventiladores reversíveis para circulação do ar, situados na parte superior da câmara, de aberturas para exaustão (*dampers*), de sistema de umidificação por aspersão e de termômetros de bulbo seco e úmido para verificação da temperatura e da umidade relativa do ar. Plantas e detalhes técnicos sobre a construção e operação da estufa estão também incluídos.

Abstract

 This manual describes a batch type, single track-loaded lumber dry kiln heated by means of a furnace and flue radiators using ligno-cellulosic residues as fuel. The model requires no steam generator and operates in a similar way to the steam-heated conventional dry kilns. The hot gases produced by burning ligno-cellulosic residues flow into the kiln through pipes and radiate heat to the kiln atmosphere. These hot gases have no contact with the drying wood inside the chamber. Forced-air circulation is provided by five internal reversible fans placed overhead in a cross-shaft arrangement. Temperature and relative humidity are controlled manually and monitored by means of a dry and wet-bulb hygrometer. Detailed plans and notes on construction and operation are included.

2 Descrição Geral



O presente modelo de estufa para secagem de madeira serrada opera por aquecimento indireto, fazendo uso dos gases provenientes da queima de resíduos em fomalha. O equipamento dispensa a utilização de caldeira, pois o aquecimento da câmara é realizado pela própria chaminé da fomalha, composta por dutos metálicos que atravessam a câmara longitudinalmente, atuando como trocadores de calor. O ar, no interior da câmara, é recirculado por ventiladores internos e o controle da umidade relativa é obtido por meio de um sistema de aspersão a frio e por aberturas reguláveis (*dampers*) que propiciam a renovação do ar. Todo o controle da secagem no protótipo apresentado é feito manualmente. Para facilitar a operação, um sistema semi-automático de controle pode ser facilmente instalado. Sistemas totalmente automáticos devem ser também considerados, embora sejam mais complexos e possam acarretar aumento substancial dos custos.

O protótipo construído foi dimensionado para uso industrial, com uma carga útil aproximada de 17 m³ de madeira serrada de 2,5cm de espessura.

3 Construção da Estufa

3.1 Câmara de secagem

Para facilitar o entendimento e a visualização, as descrições a seguir são ilustradas pelas figuras descritivas de **A** a **E** e os detalhes nelas constantes são indicados no texto pelos números entre parênteses.

A câmara de secagem, com dimensões internas de 700 x 320 x 355cm, foi projetada especialmente para ser construída sobre qualquer tipo de terreno com resistência acima de 0,5kgf/cm² e o material empregado pode variar de acordo com a disponibilidade da região de implantação.

- a) Preparo do terreno: deve-se remover todo o material superficial que possa conter matéria orgânica e substituí-lo por argila, cascalho ou areia compactados, formando uma camada de, pelo menos, 30cm de espessura (1).
- b) Fundações: em placa duplamente armada, do tipo *radier* (2), que recebe toda a carga, distribuindo-a pela sua área de contato com o solo. É dimensionada para resistir aos esforços nas situações de carga e descarga em diversos tipos de terreno. No caso de terreno estável ou composto de material de grande resistência mecânica, poderá optar-se por fundações do tipo “estaca” moldada *in loco*, tubulões ou até mesmo alicerces simples (sobre rocha, por exemplo). Para estes casos, devem-se providenciar os cálculos estruturais necessários.
- c) Vigamentos: apresentam cintas sob as paredes e vigas invertidas (3) sobre a laje de cobertura (4), que têm a função de distribuir adequadamente as cargas, além de garantir a rigidez necessária à estrutura.
- d) Alvenaria: para garantir um bom isolamento térmico e a utilização de materiais conhecidos e de fácil aplicação, optou-se por tijolos cerâmicos convencionais em alvenaria dobrada (5). Assim como as paredes, os dois defletores inferiores (6), localizados junto às paredes laterais, também são construídos em alvenaria.
- e) Revestimento: emassamento interno de 30mm de espessura com argamassa composta de cinco partes de vermiculita, uma de areia saibrosa e uma de cimento. Esta camada, depois de lixada, recebeu três demãos de asfalto diluído em querosene para impermeabilização. Externamente, aplicou-se chapisco com a mesma argamassa.

3.2 Componentes metálicos e ventiladores

- a) Defletores superiores (7): possuem comprimento de 700cm e estão localizados nos dois cantos longitudinais superiores. Sua estrutura é constituída de perfis

metálicos (metalon) de 30 x 20mm, revestidos numa das faces com chapa galvanizada rebitada. A fixação à estrutura da câmara é feita com chumbadores.

- b) Divisória central (8): com estrutura em perfil metálico (metalon) de 30 x 20mm, é revestida numa das faces com chapa galvanizada rebitada e fixada com chumbadores perpendicularmente à laje e nas duas extremidades da câmara. É vazada em cinco pontos equidistantes, onde são fixados os ventiladores.
- c) Ventiladores (9): são cinco, com pás de 653mm de diâmetro especialmente projetadas para este fim. Motores de 4cv de potência e 1750rpm, proteção IP 54 (MBR 6146); isolamento classe "B" (130°C) NBR-7094; dimensões NBR 5432; mancais com rolamentos de esferas; tensão 220/380V - 380/660 volts; frequência 50 ou 60Hz. Toda a estrutura é em chapa de ferro de 3,41mm (nº 10). Possuem chave de reversão para melhor circulação do ar na câmara.
- d) Válvulas de ventilação - *dampers* (10): são construídas em chapa de ferro de 3mm (nº 12). Estão inseridas na laje da câmara, em aberturas previamente preparadas, alinhadas com o eixo dos ventiladores, sendo cinco de cada lado. Possuem alavanca reguladora (11) que aciona um cabo de aço (12) para abrir ou fechar cada conjunto de cinco válvulas.
- e) Teto falso (13): posicionado paralelamente à laje, logo abaixo da divisória central, é construído em estrutura de perfil metálico (metalon) de 30 x 20mm e revestido numa das faces com chapa galvanizada, sendo fixado à laje por meio de tirantes de ferro e chumbadores.
- f) Dutos de aquecimento (14): a câmara é atravessada longitudinalmente, a 70cm de ambas as paredes, por dois conjuntos de quatro tubos de 4" ASTM - A120 - 57T Schedule 40 peso standard, colocados paralelamente entre si e com inclinação de 40° em relação à vertical e cujo eixo encontra-se alinhado ao eixo dos ventiladores. Estes tubos funcionam como trocadores de calor. São construídos em chapa de ferro de 3mm (nº 12) e têm origem nos coletores de entrada dos gases (15). Atravessam as paredes traseira e frontal da câmara e vão encaixar-se nos coletores de saída (16).
- g) Aspersores (17): a câmara possui dois aspersores construídos com cano galvanizado de 2mm (3/4"), furados com broca de dois milímetros de cinco em cinco centímetros ao longo do comprimento. Estes canos estão colocados sobre os dutos de aquecimento e fixados à laje. Externamente à câmara, encontram-se duas válvulas (18) para operação dos aspersores que, quando acionadas, liberam água sobre os dutos de aquecimento. Esta, por sua vez, converte-se instantaneamente em vapor de baixa pressão, elevando a umidade relativa do ar na câmara.
- h) Caixas coletoras de entrada (15): possuem dimensões de 50 x 50 x 90cm e são construídas em chapa de ferro de 5mm (3/16"), revestidas internamente com argamassa refratária de 50mm de espessura. Suas tampas são flangeadas nas partes superiores e inferiores para limpeza e acoplamento dos dutos de saída da fornalha, respectivamente. Estas caixas estão colocadas externamente à parede traseira da câmara e apoiadas sobre suportes de ferro fixados no solo.
- i) Caixas coletoras de saída (16): construídas em chapa de ferro de 5mm (3/16"), com dimensões de 35 x 35 x 71,4cm, sem revestimento interno. São dotadas de porta frontal do tipo gaveta, para manutenção e limpeza dos dutos com escova

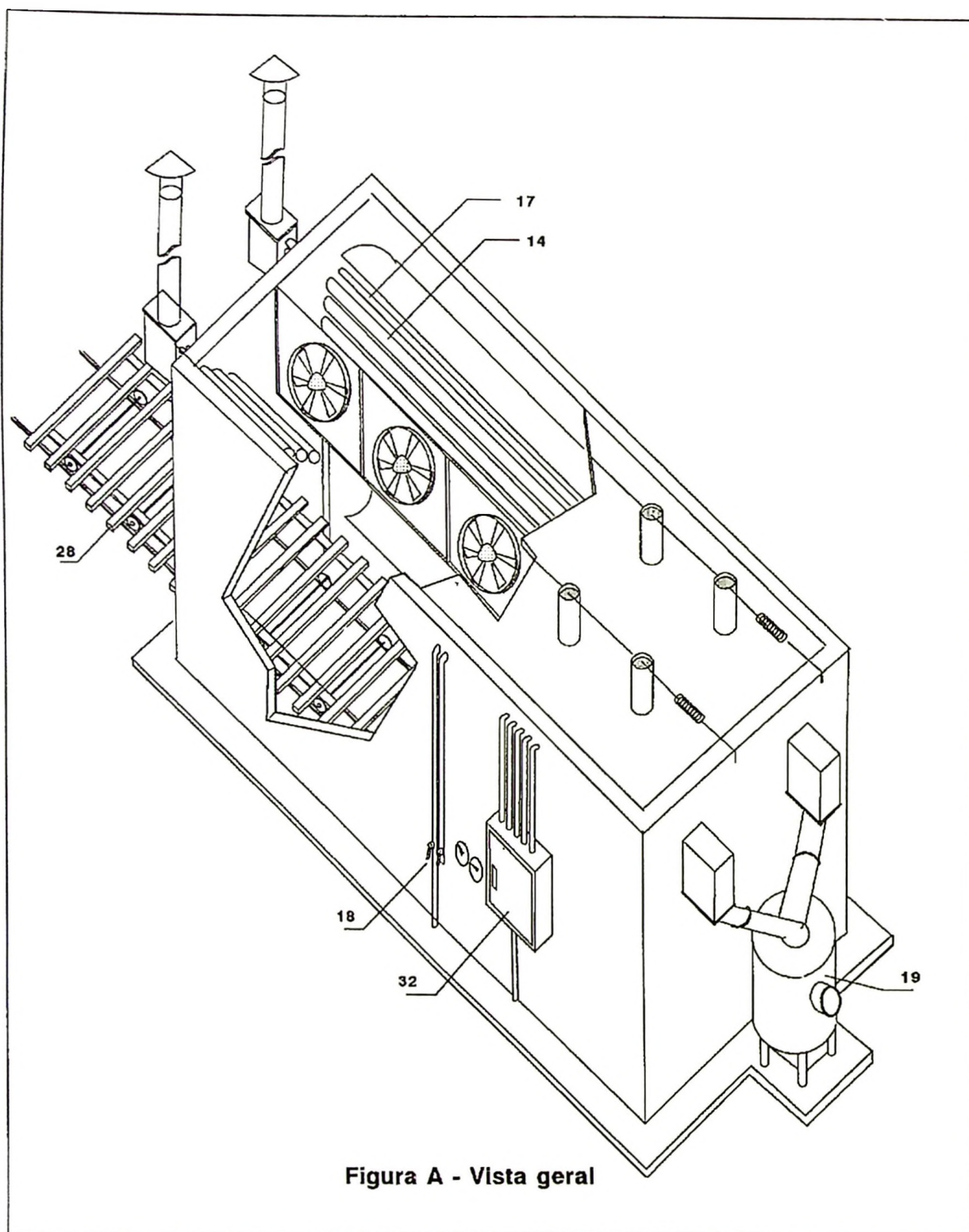
de aço, e de tampa superior flangeada, onde são fixadas as chaminés de 500cm de altura e 20cm de diâmetro. Encontram-se posicionadas na parede frontal da câmara, no espaço acima da porta.

- j) Fornalha metálica (19): de forma cilíndrica, é construída em chapa de ferro de 13mm (1/2"), tendo 110cm de diâmetro e 100cm de altura. Possui grelha em ferro fundido de 40mm de espessura (20), cinzeiro (21), porta de alimentação (22) e abertura para entrada de ar (23). Internamente, é toda revestida com argamassa refratária de 70mm de espessura. O duto de saída em forma de "Y" (24) é construído em chapa de ferro de 3,41mm (nº 10), revestido internamente com argamassa refratária de 50mm de espessura e flangeado, para facilitar a limpeza e manutenção.
- k) Portal e porta (25): o portal é construído com cantoneira de ferro fixado por chumbadores nos pilares e nas vigas do vão da porta. A porta, por sua vez, é formada por duas partes independentes com abertura central para carga e descarga da estufa. Possui estrutura em chapa de ferro de 3mm (nº 12) dobrada em "U" e, para efeito de isolamento, todo o vão interno da porta é preenchido com vermiculita, sendo as duas faces revestidas com chapa galvanizada de 2mm (nº 14) rebitada à estrutura.
- l) Vagonete de carga (26): para facilitar os procedimentos de carga e descarga, a estufa é dotada de um vagonete com estrutura em chapa de 5mm (3/16"), composta por duas longarinas em "U", fixadas aos mancais das quatro rodas de ferro, com 30cm de diâmetro (27). Nas longarinas, estão soldadas 11 travessas em "U" (28) de 200cm de comprimento (largura útil da base onde é empilhada a carga) e com espaçamento entre si de 60cm. O vagonete, que possui medidas de 700 x 200cm e é dimensionado para suportar uma carga de 20 toneladas, trafega sobre trilhos TR-37 (29). Estes trilhos devem possuir batentes nos extremos internos para segurar o vagonete, evitando danos à parede da estufa.
- m) Acompanhamento da secagem: do lado externo da estufa, situam-se dois termômetros (30) com espelho mostrador de 15cm de diâmetro e haste angular traseira de 30cm, com graduação de 0°C a 100°C e divisões de 2°C. As hastes (31) atravessam a parede da câmara para que os sensores entrem em contato com a atmosfera interna e forneçam as leituras de bulbo seco e úmido nos espelhos mostradores externos. O termômetro de bulbo úmido é convencional, isto é, possui um pavio que permanece mergulhado em um pequeno depósito de água. Externamente, ao lado dos termômetros, localiza-se a caixa de comandos dos ventiladores (32), com todos os componentes de proteção dos motores, chave de reversão, *timer*, botoeiras e sinalizadores. Ainda próximo aos termômetros, encontram-se as válvulas para abertura dos aspersores (18).

4 Figuras Descritivas

Relação dos componentes indicados

Componente	Número	Figura(s)
Terreno compactado	1	C e D
Fundações	2	C e D
Vigamentos	3	C e D
Laje de cobertura	4	C e D
Alvenaria	5	B, C e D
Defletores inferiores	6	D
Defletores superiores	7	D
Divisória central	8	C e D
Ventiladores	9	B, C e D
Válvulas de ventilação dos <i>dampers</i>	10	B, C e D
Alavanca reguladora dos <i>dampers</i>	11	B e C
Cabo de aço de acionamento dos <i>dampers</i>	12	C
Teto falso	13	C e D
Dutos de aquecimento (trocadores de calor)	14	A e D
Caixas coletoras de entrada de gases	15	B e C
Caixas coletoras de saída de gases	16	B e C
Aspersores	17	A e D
Válvulas dos aspersores	18	A e B
Fornalha metálica	19	B, C e E
Grelha	20	C
Cinzeiro	21	C e E
Porta de alimentação	22	B, C e E
Abertura para entrada de ar	23	E
Duto de saída em forma de "Y"	24	C e E
Portal e porta	25	B e C
Vagonete de carga	26	C
Mancais das quatro rodas	27	C e D
Travessas em "U"	28	A, C e D
Trilhos	29	C e D
Termômetros	30	A e B
Hastes	31	B e D
Caixa de comando dos ventiladores	32	A, B e C



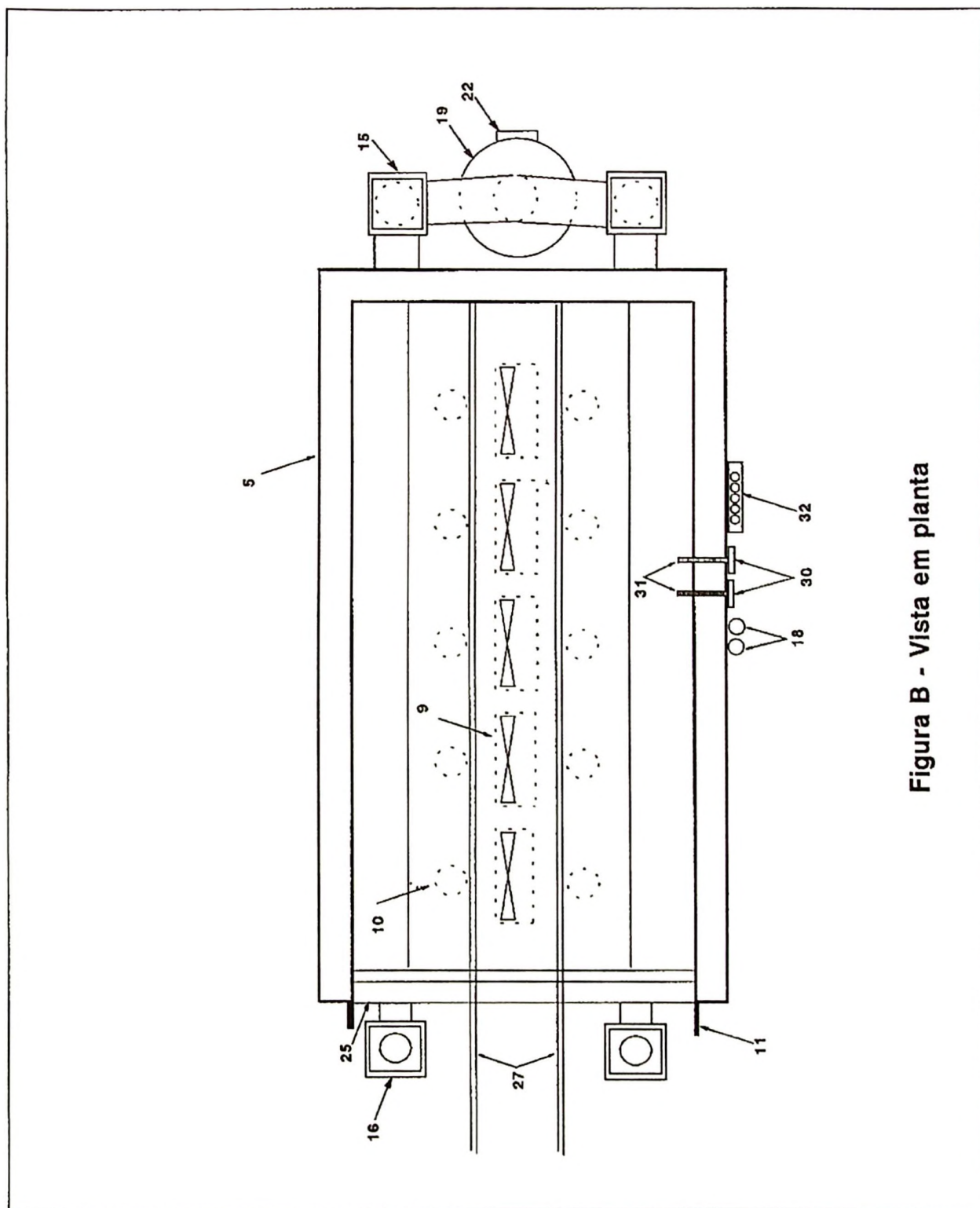
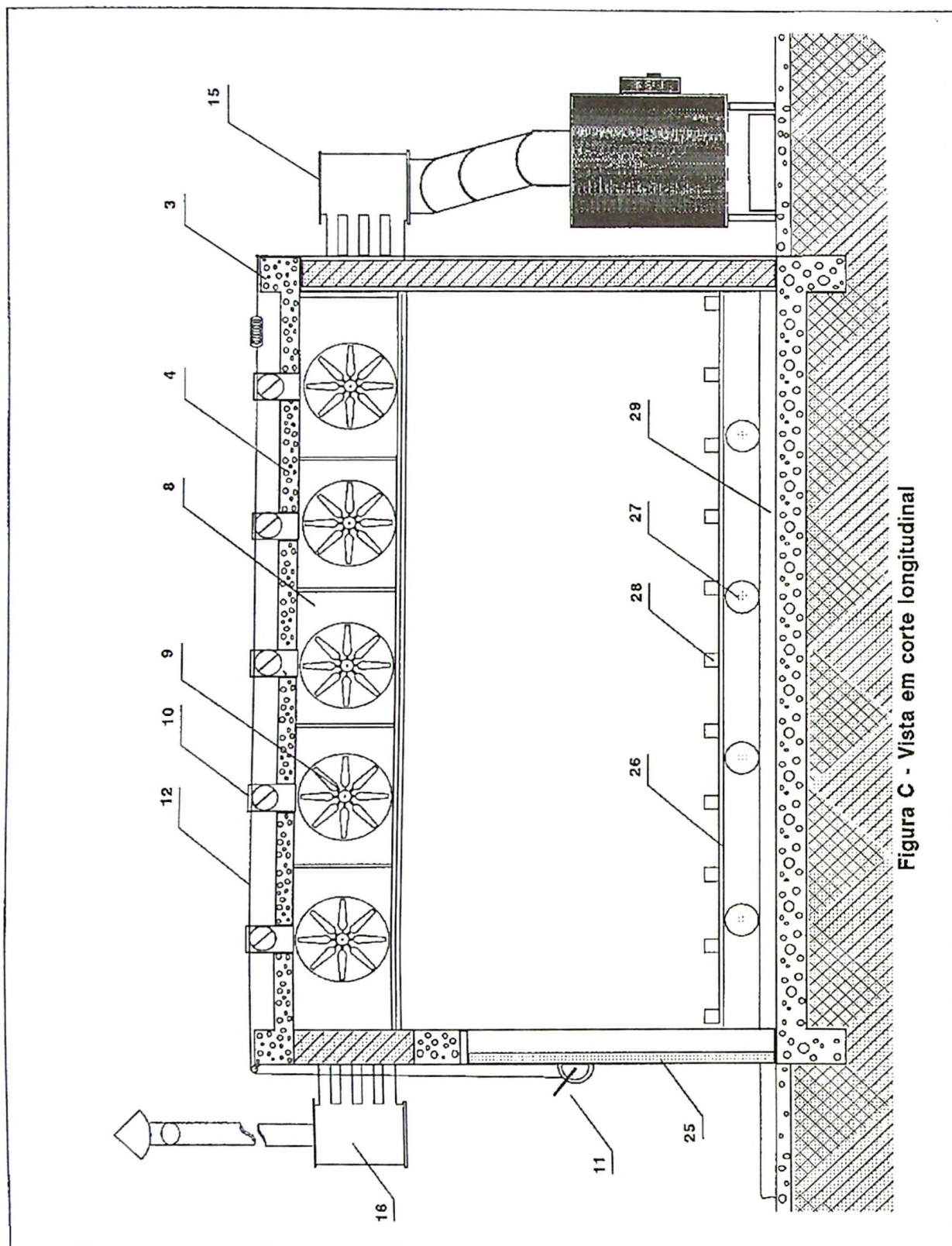
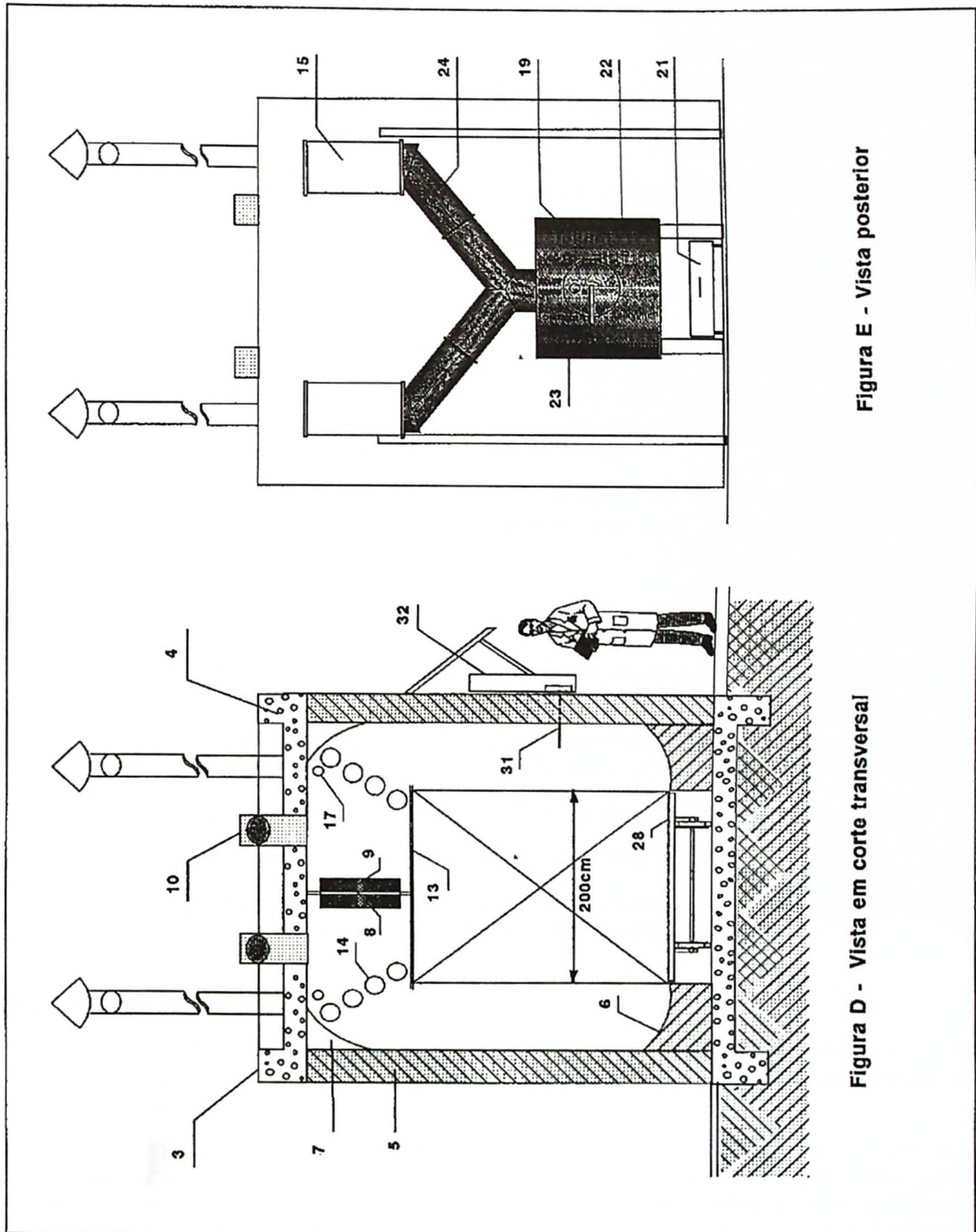


Figura B - Vista em planta





5 Preparação da Carga e Operação da Estufa

 câmara de secagem possui as mesmas características das estufas convencionais a vapor e os processos de preparação da carga e operação da estufa são também bastante semelhantes. Desta maneira, as recomendações básicas encontradas na literatura podem ser aplicadas ao presente modelo. Como nas estufas convencionais a vapor, os parâmetros estabelecidos nos programas de secagem (temperatura e umidade de equilíbrio) são obtidos por meio dos sistemas de aquecimento, de umidificação e do acionamento dos *dampers* (aberturas para troca de ar).

Quanto à manutenção, a principal diferença deste modelo em relação às estufas convencionais é a necessidade de se escovar o interior dos dutos trocadores de calor com escova de aço. O objetivo é retirar os depósitos de resíduos provenientes da queima do material ligno-celulósico que são isolantes e reduzem a eficiência dos trocadores de calor.

A seguir, são apresentados de forma resumida, os procedimentos para a preparação da carga e operação da estufa. Maiores detalhes podem ser encontrados na literatura sobre secagem, relacionada ao final desta seção.

5.1 Preparação da carga

- Empilhar as peças sobre o vagonete, posicionando os separadores na pilha, perfeitamente alinhados na vertical.
- Preparar, no mínimo, quatro amostras-testes por carga para o acompanhamento da secagem e para a determinação do teor de umidade inicial da carga.
- Distribuir as amostras adequadamente na carga de madeira.
- Anotar os dados em uma ficha de acompanhamento.
- Vedar os extremos das amostras-testes e de todas as peças que compõem a carga com produto apropriado (asfalto hidrossolúvel ou tinta a óleo).

5.2. Operação da estufa

Consiste em alterar as condições de temperatura e umidade relativa do ar no momento apropriado em função do teor de umidade da madeira, conforme determinado no programa de secagem recomendado.

Para se alterar a temperatura do termômetro de bulbo seco, deve-se controlar o fogo na fornalha. Isto, por si só, pode causar, também, alteração na temperatura do bulbo úmido, indicando variação da umidade relativa do ar na câmara. Porém, variações mais efetivas na

umidade relativa são obtidas ao abrir-se (diminuição) ou ao fechar-se (aumento) os *dampers*. Sendo necessário aumentar ainda mais a temperatura do bulbo úmido, deve-se usar o sistema de umidificação.

5.2.1. Procedimentos iniciais

- Checar o termômetro de bulbo úmido, completando a água do reservatório.
- Fechar os *dampers*.
- Acionar os ventiladores.
- Acender a fornalha, iniciando o pré-aquecimento.

5.2.2. Aquecimento inicial

Tem por objetivo aquecer toda a câmara de secagem, o ar circulante e a carga de madeira até a temperatura inicial de secagem estabelecida pelo programa adotado.

Neste procedimento, deve-se elevar a temperatura do termômetro de bulbo seco e conservar os *dampers* fechados de forma a manter a umidade relativa dentro da câmara a mais alta possível. Se necessário, ligar o sistema de umidificação. Ao atingir a temperatura inicial prevista no programa, reduzir a alimentação da fornalha ao mínimo suficiente para a manutenção desta temperatura pelo período recomendado, que é de aproximadamente uma hora por centímetro de espessura da madeira. Em testes preliminares com o protótipo deste modelo de estufa, observou-se que o tempo médio para elevar a temperatura do sistema, incluindo a carga de madeira, desde a temperatura ambiente até cerca de 60°C, variou de 14 a 18 horas.

5.2.3. Secagem

Mesmo nas condições de alta umidade relativa mantidas na etapa anterior é impossível evitar que a madeira perca umidade. No entanto, para minimizar o aparecimento de rachaduras na superfície da madeira, a secagem propriamente dita só deve ser iniciada após o aquecimento da carga. Nesta etapa deve-se:

- reduzir a umidade relativa do ar na câmara (ou o teor de umidade de equilíbrio) para aquela indicada no programa nesta fase, abrindo-se os *dampers*;
- elevar a temperatura, intensificando a alimentação da fornalha;
- prosseguir a secagem, abrindo os *dampers*, para reduzir a umidade de equilíbrio, ou fechando-os, para aumentá-la. Se necessário, acionar o sistema de umidificação;
- examinar periodicamente a carga, verificando o aparecimento de empenos ou rachaduras;
- fazer a reversão dos ventiladores a cada seis horas;
- acompanhar a secagem, verificando o teor de umidade da madeira por meio da pesagem das amostras-teste, até o teor de umidade final desejado.

5.3. Igualação e acondicionamento

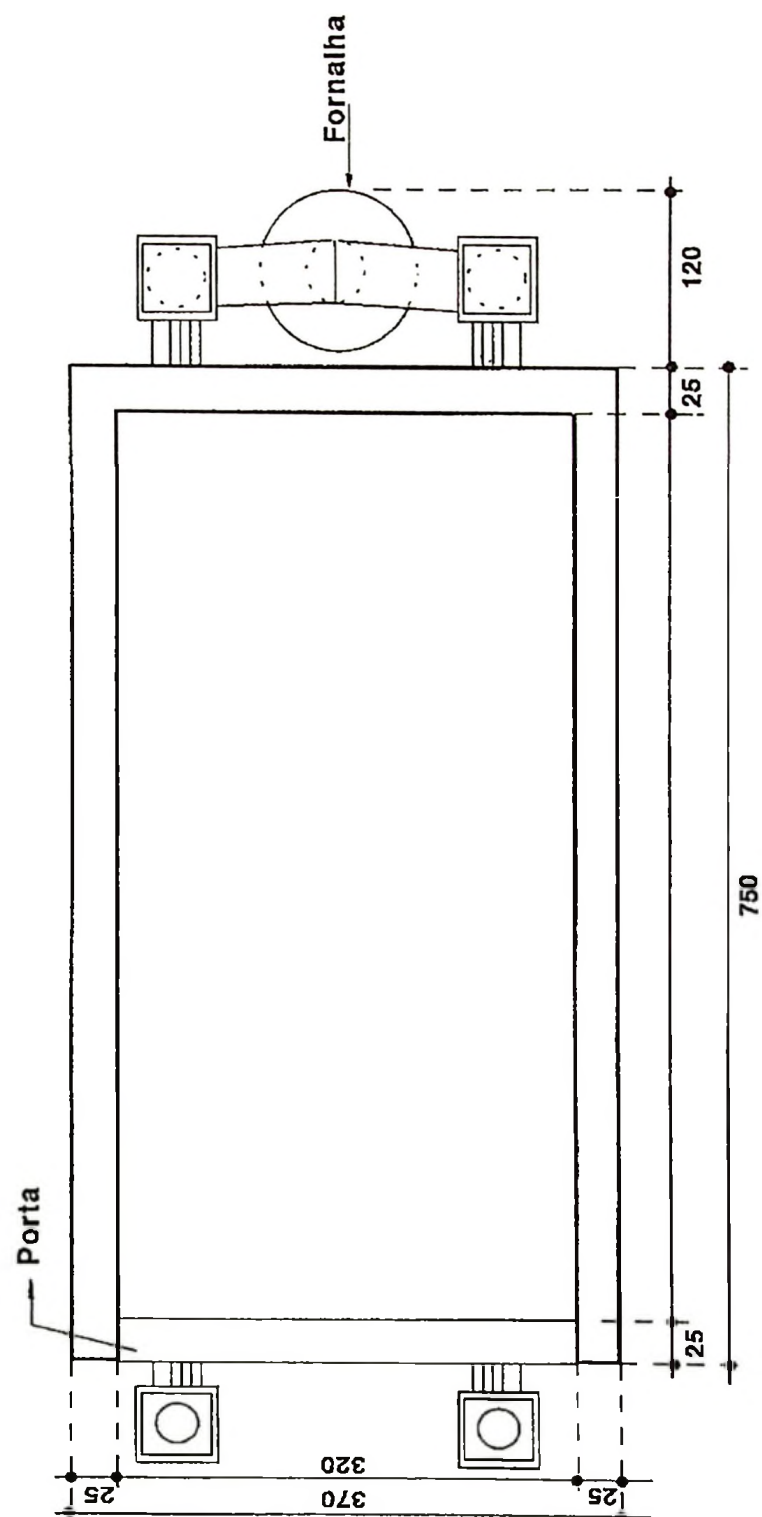
São procedimentos realizados ao final da secagem para reduzir as diferenças de teor de umidade entre as peças da carga (igualação) e para diminuir as tensões que se desenvolvem na madeira durante a secagem (acondicionamento). Estes procedimentos são os mesmos descritos na literatura para estufas convencionais a vapor.

5.4. Sugestões de Leitura

1. GALVÃO, A. P. M. & JANKOWSKY, I. P. *Secagem racional da madeira*. São Paulo: Nobel, 1985. 122p.
2. MARTINS, V.A. *Secagem de madeira serrada*. Brasília: IBDF/DPq-LPF, 1988. 56p. il.
3. MENDES, A. S. *A secagem da madeira*. Manaus: INPA, 1996. 64p. il.
4. PONCE, R. M. & WATAI, L. T. *Manual de secagem da madeira*. Brasília: MIC/STI/IPT, 1985. 70p. (Série Documentos, 22).
5. SIMPSON, W. T. *DryKiln operator's manual*. Madson, USDA/Forest Products Laboratory, 1991. 274p. (Agriculture Handbook, 188).

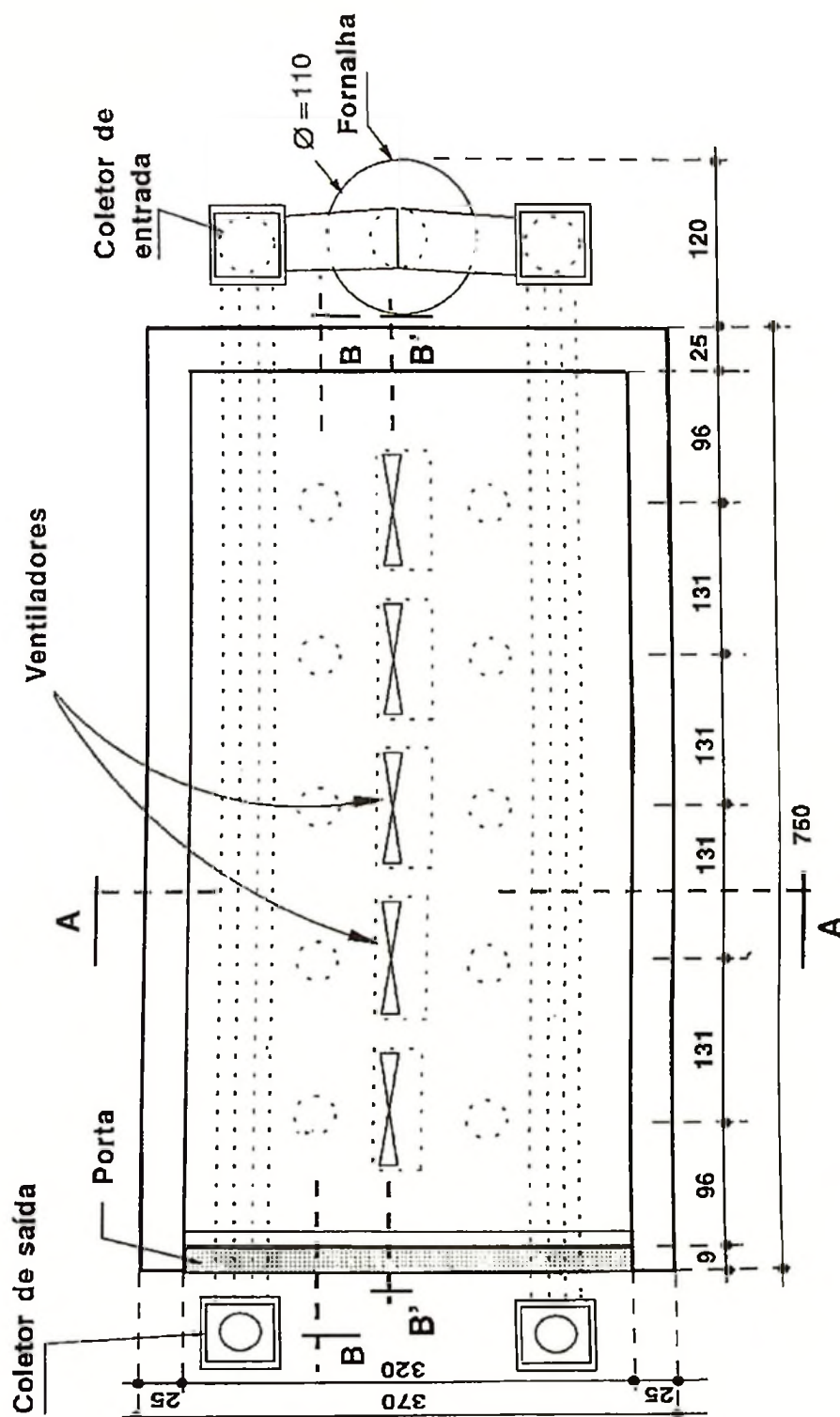
6 Plantas construtivas

Figura 1 - Planta baixa (cotas em cm)



Obs.: desenho sem escala

Figura 2 - Planta baixa (cotas em cm)



Obs.: desenho sem escala

Figura 3 - Vista frontal e corte A-A da Figura 2 (cotas em cm)

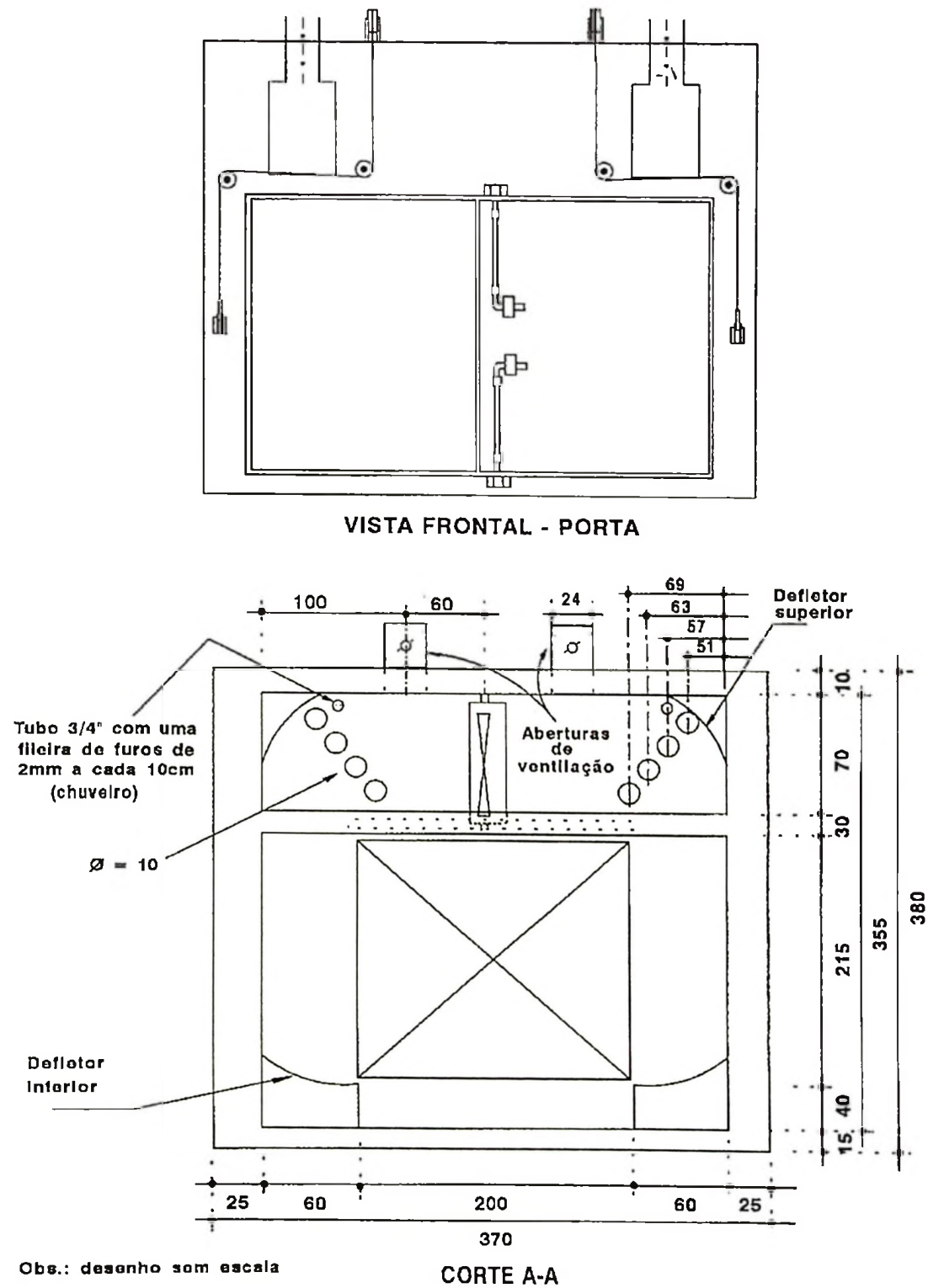


Figura 4 - Cortes B-B e B'-B' da Figura 2 (cotas em cm)

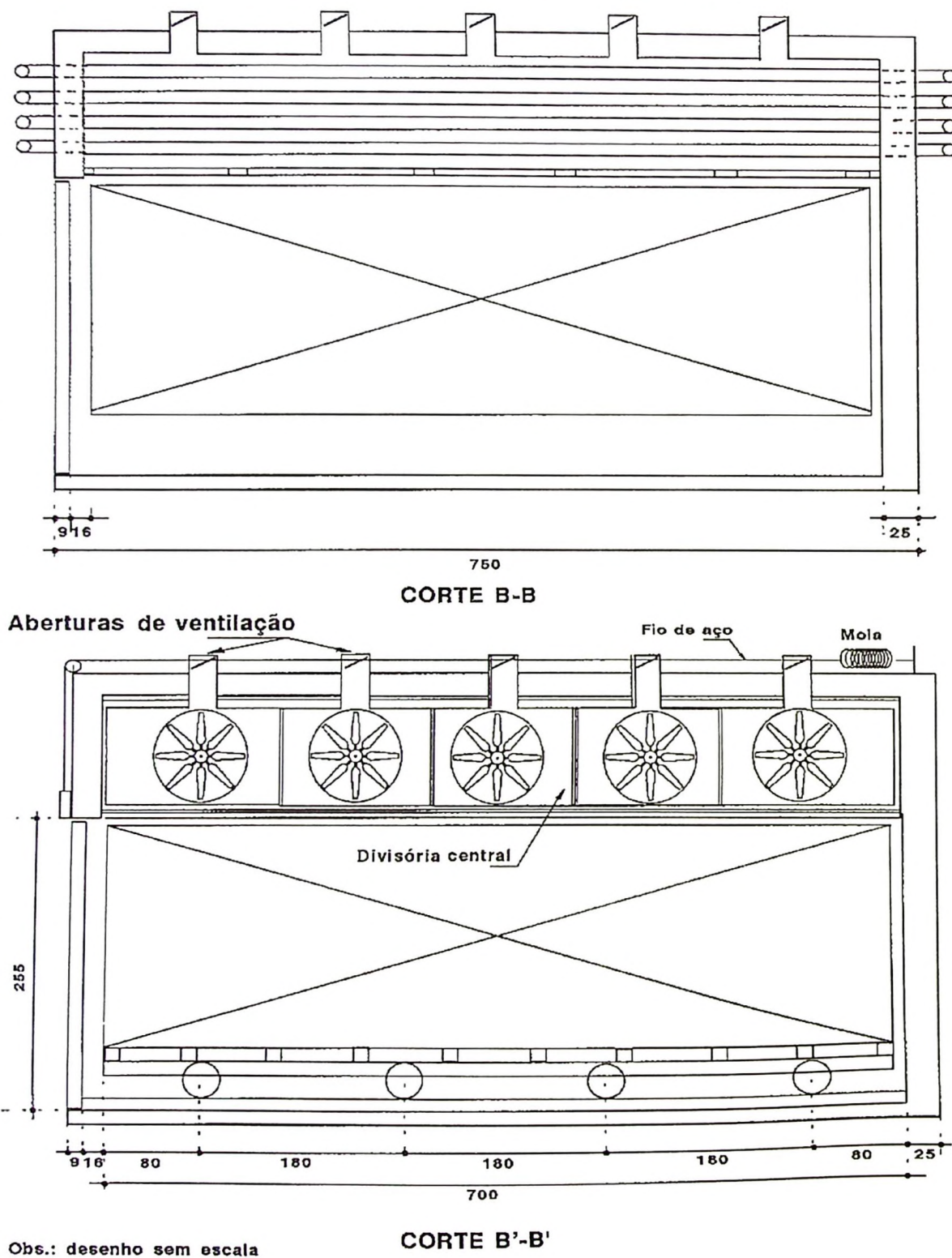
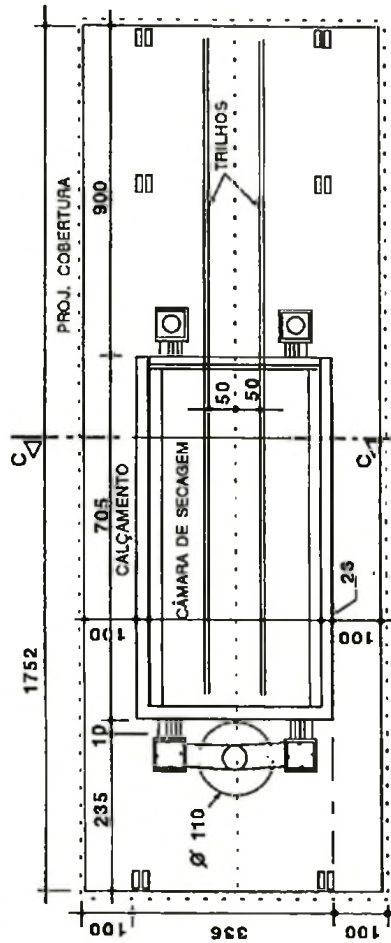
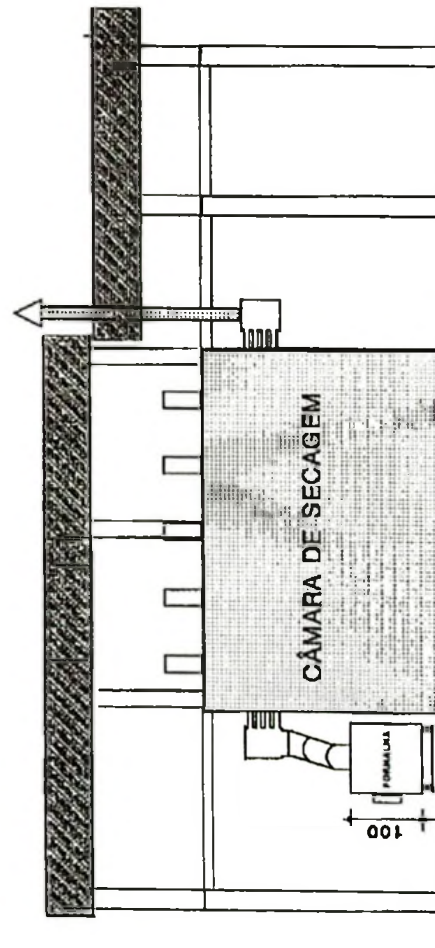


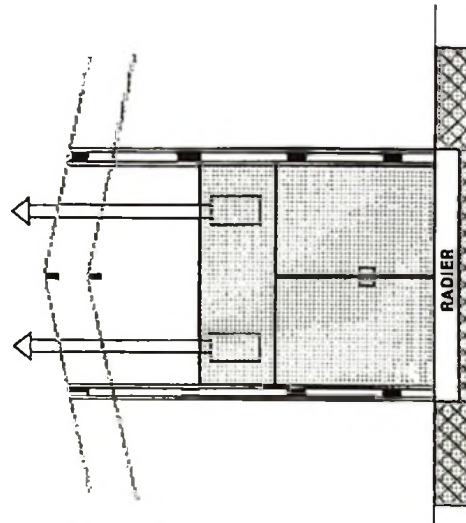
Figura 5 - Planta baixa com cobertura e fachadas (cotas em cm)



PLANTA BAIXA COM COBERTURA



FACHADA LATERAL



VISTA FRONTAL

Obs.: desenho sem escala

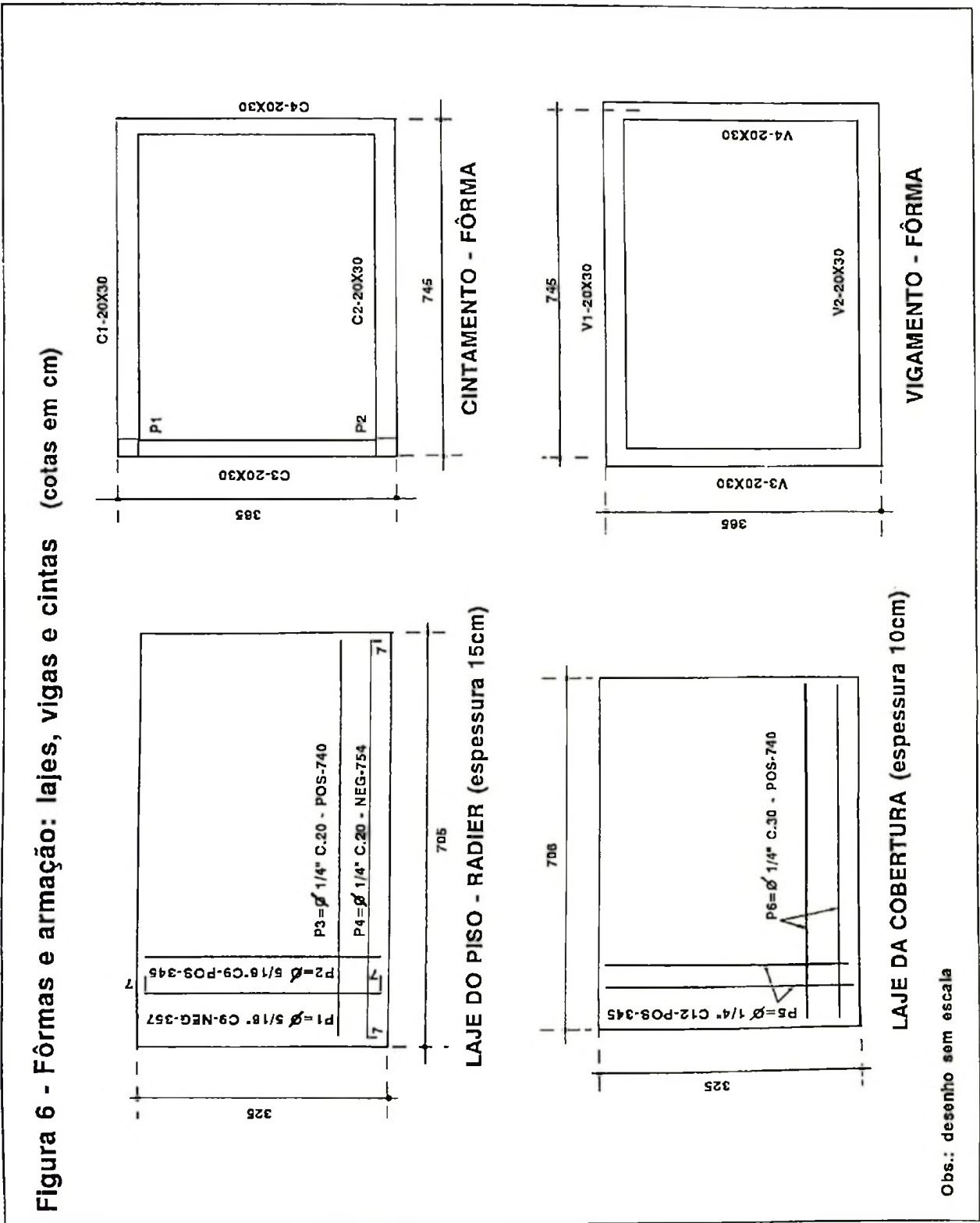
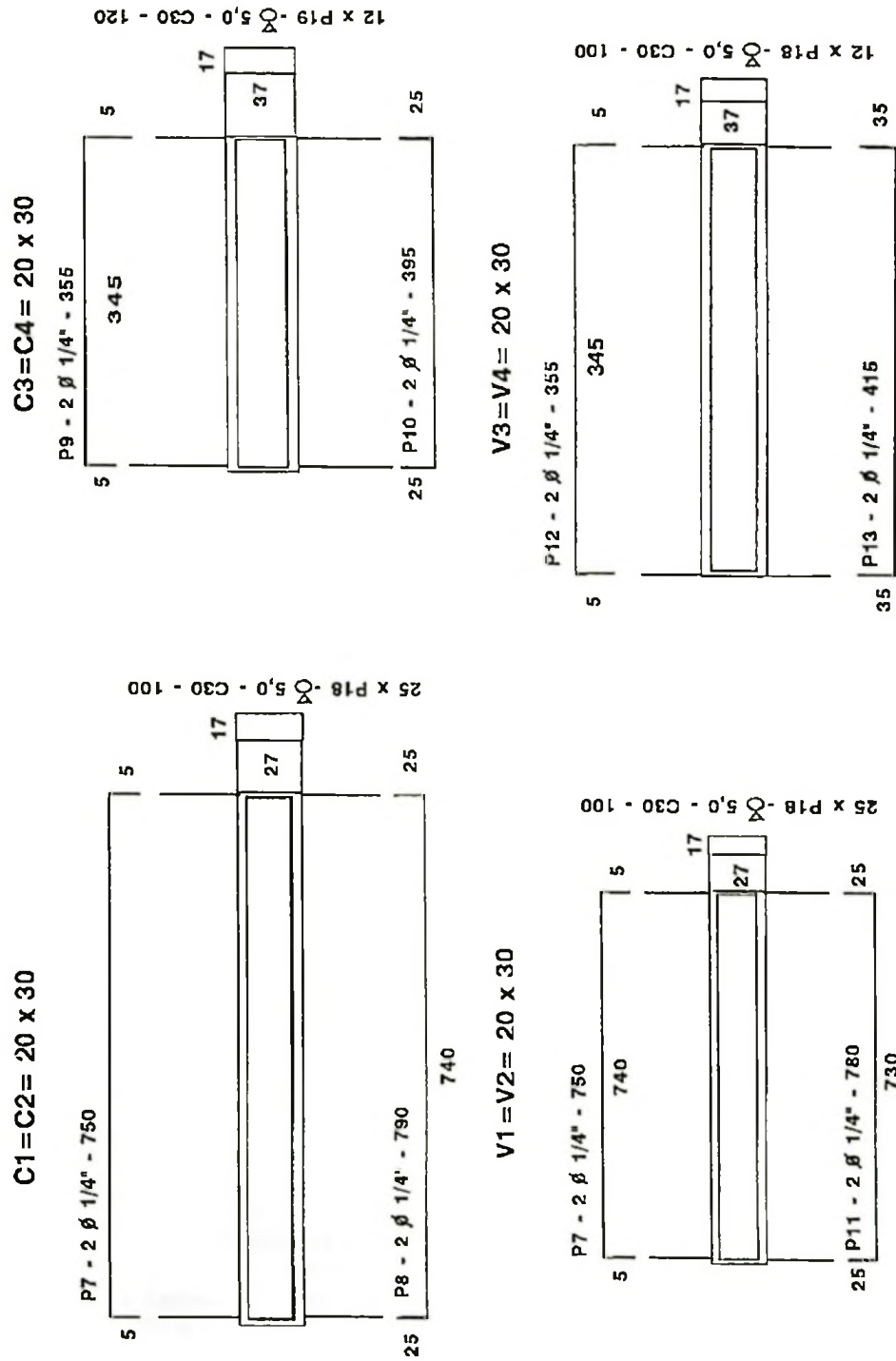
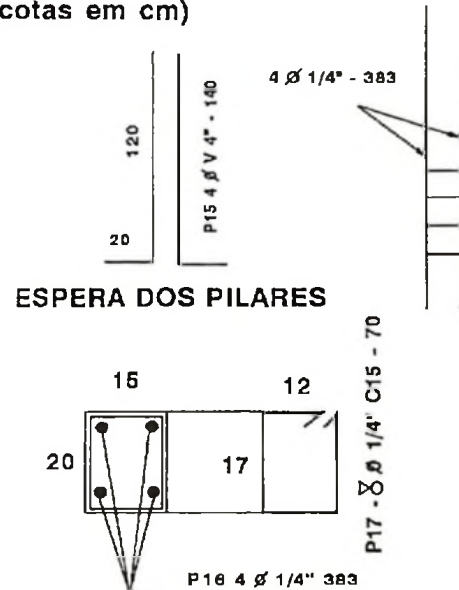
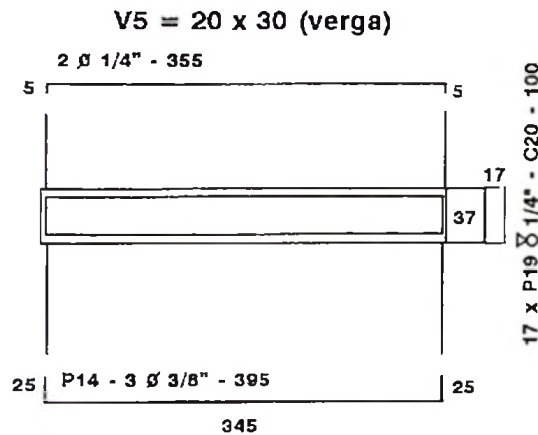


Figura 7 - Armação das cintas e vigas (cotas em cm)



Obs.: desenho sem escala

Figura 8 - Armação de verga e pilares (cotas em cm)



LISTA DE FERRO				
P	$\varnothing$	Unid.	Compr. Unid.	Compr. Sub-total
1	5/16"	85	357	303,4
2	"	109	345	376,1
3	1/4"	17	740	125,8
4	1/4"	17	754	128,2
5	"	61	345	210,5
6	"	12	740	88,8
7	"	8	750	60,0
8	"	4	790	31,6
9	"	4	355	14,2
10	"	4	395	15,8
11	"	4	810	32,4
12	"	6	355	21,3
13	"	4	415	16,6
14	3/8"	3	395	11,8
15	1/4"	16	140	22,4
16	1/4"	16	345	55,2
17	"	44	70	30,8
18	5,0	124	100	124,0
19	"	24	120	28,8
20	1/4"	51	100	51,0

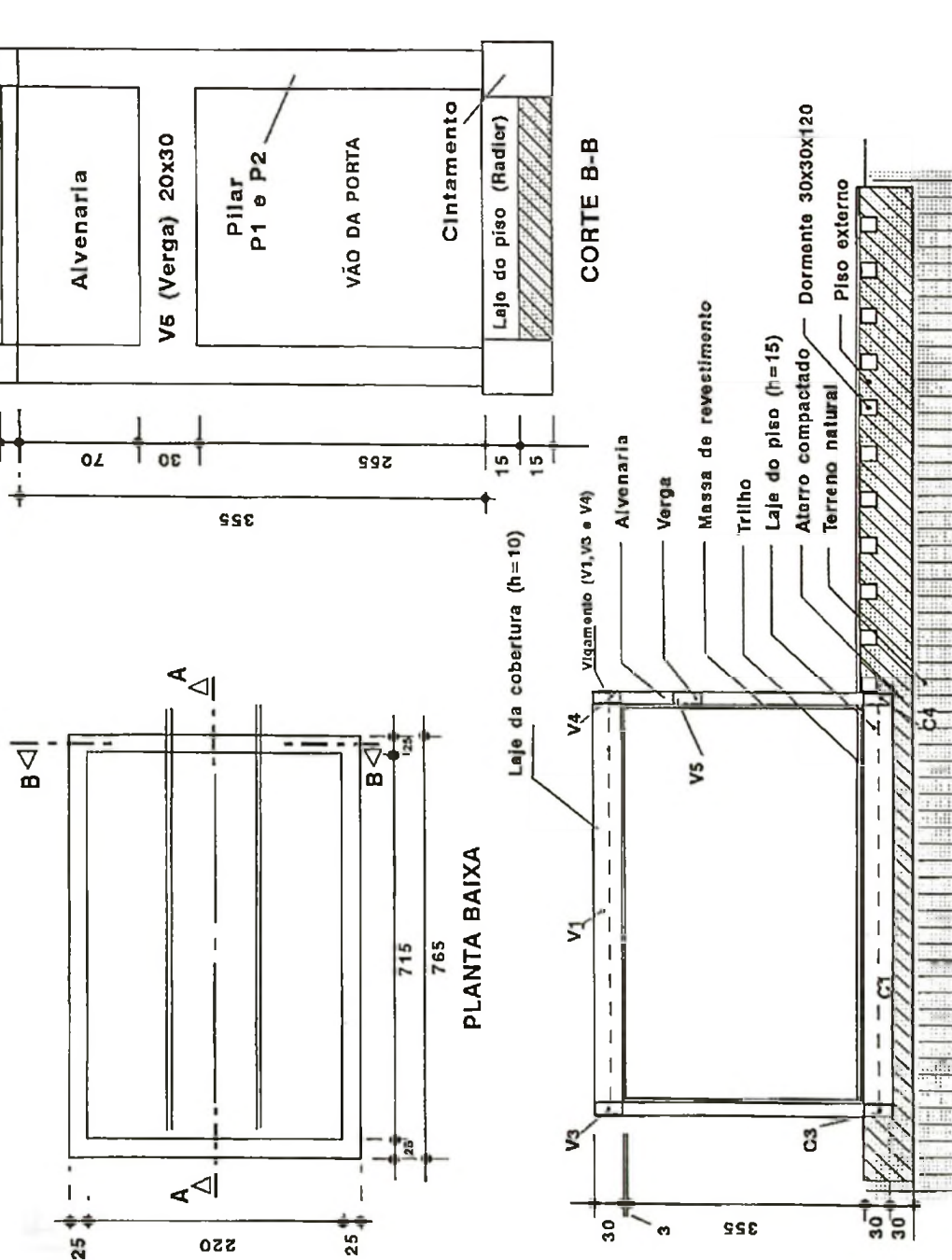
RESUMO			
$\varnothing$	COMPRIMENTO TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg)	AÇO
5,0	152,8	24	CA 60
1/4"	904,6	227	CA 50
5/16"	679,5	261	CA 50
3/8"	11,8	7	CA 50
TOTAL = 519 kg			

Observações

- 1- Todo vlgamento tem base=20cm
- 2- Recobrimento mínimo de 1,5cm
- 3- A compactação não pode permitir recalque diferencial
- 4- Aterro compactado=30cm, com no mínimo 2kgf/cm²
- 5- As vigas da cobertura são invertidas
- 6- Concreto Fck=15,0 MPa

Obs.: desenho sem escala

Figura 9 - Planta civil (cotas em cm)

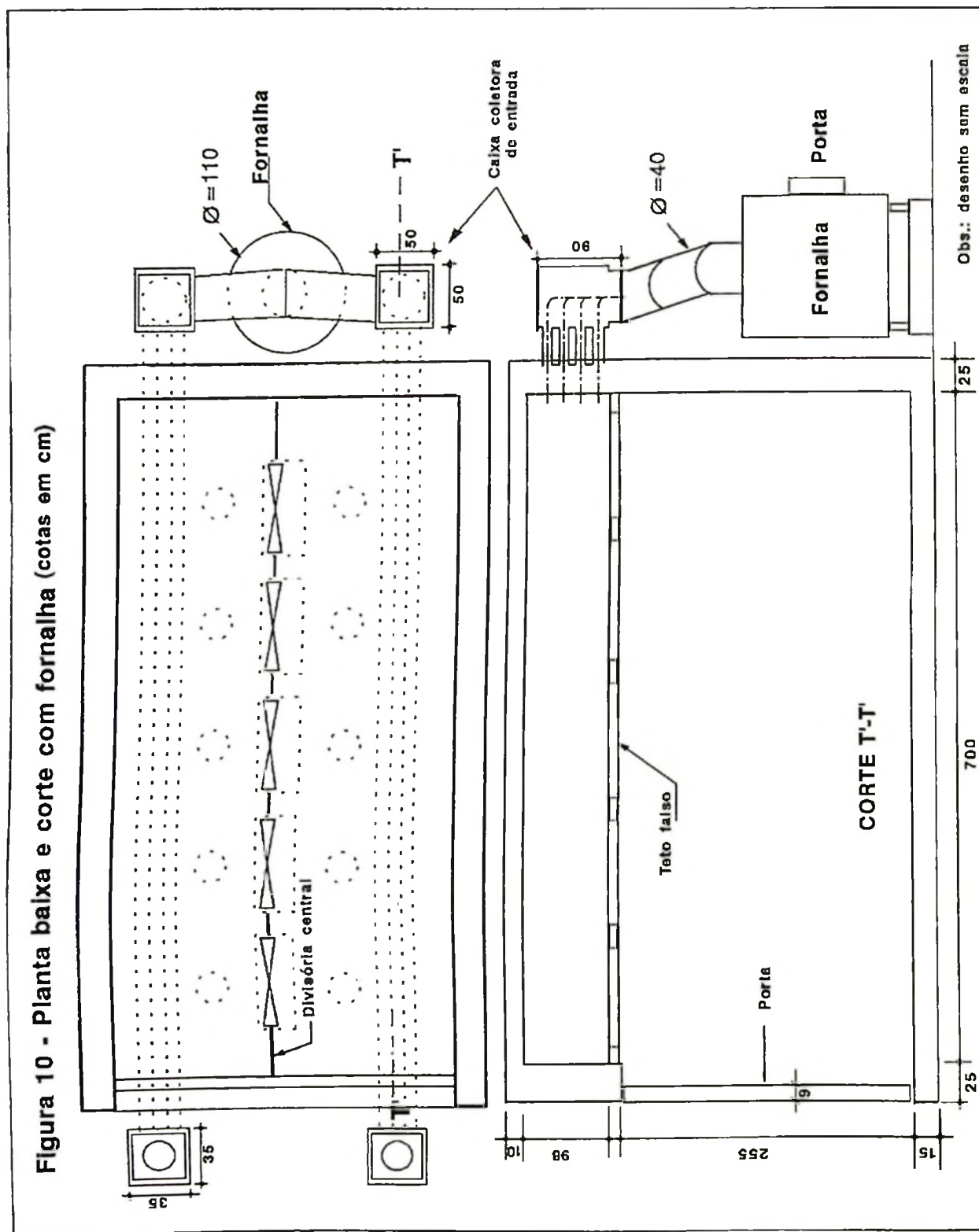


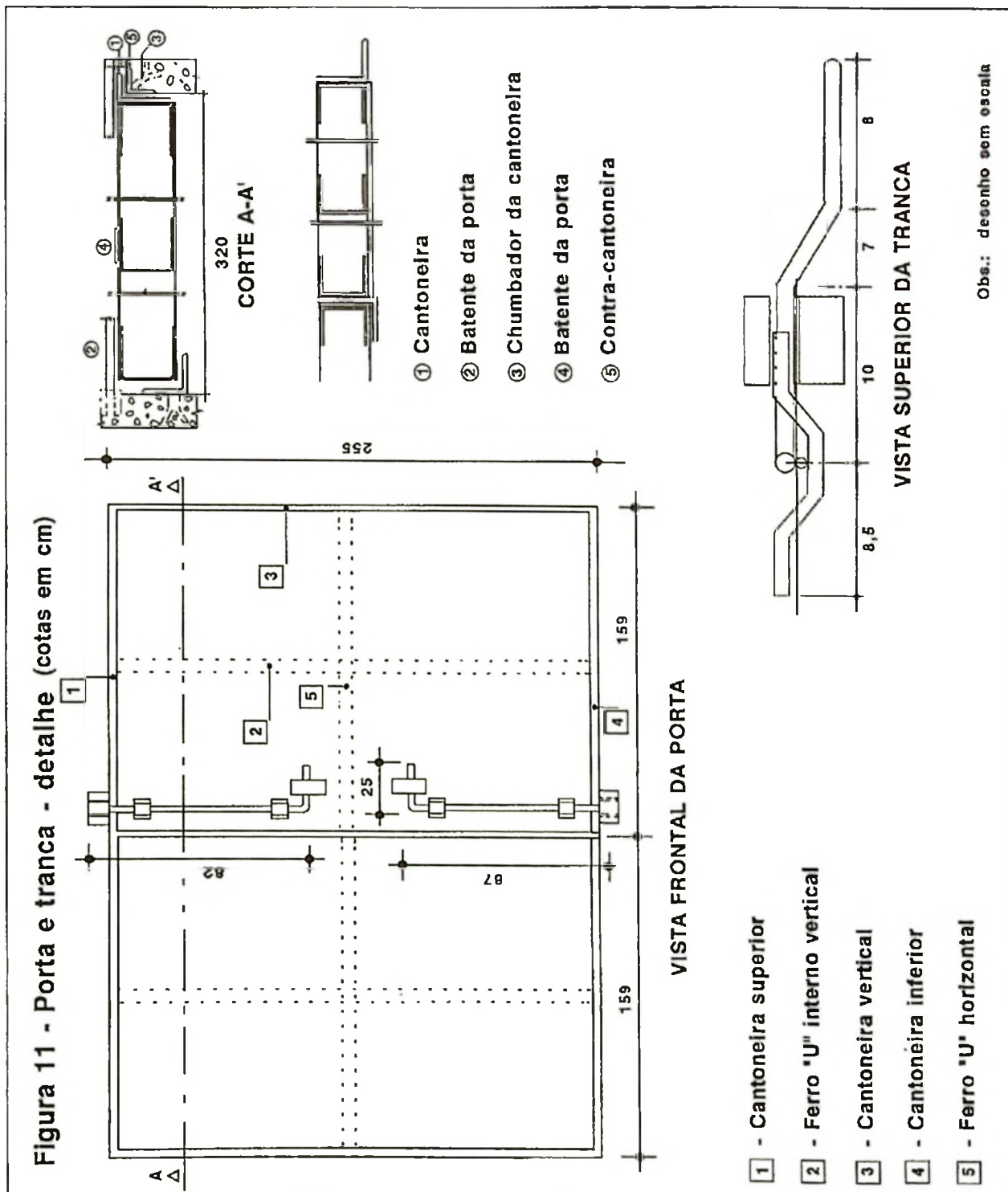
Obs.: desenho sem escala

CORTE A-A

CORTE B-B

PLANTA BAIXA





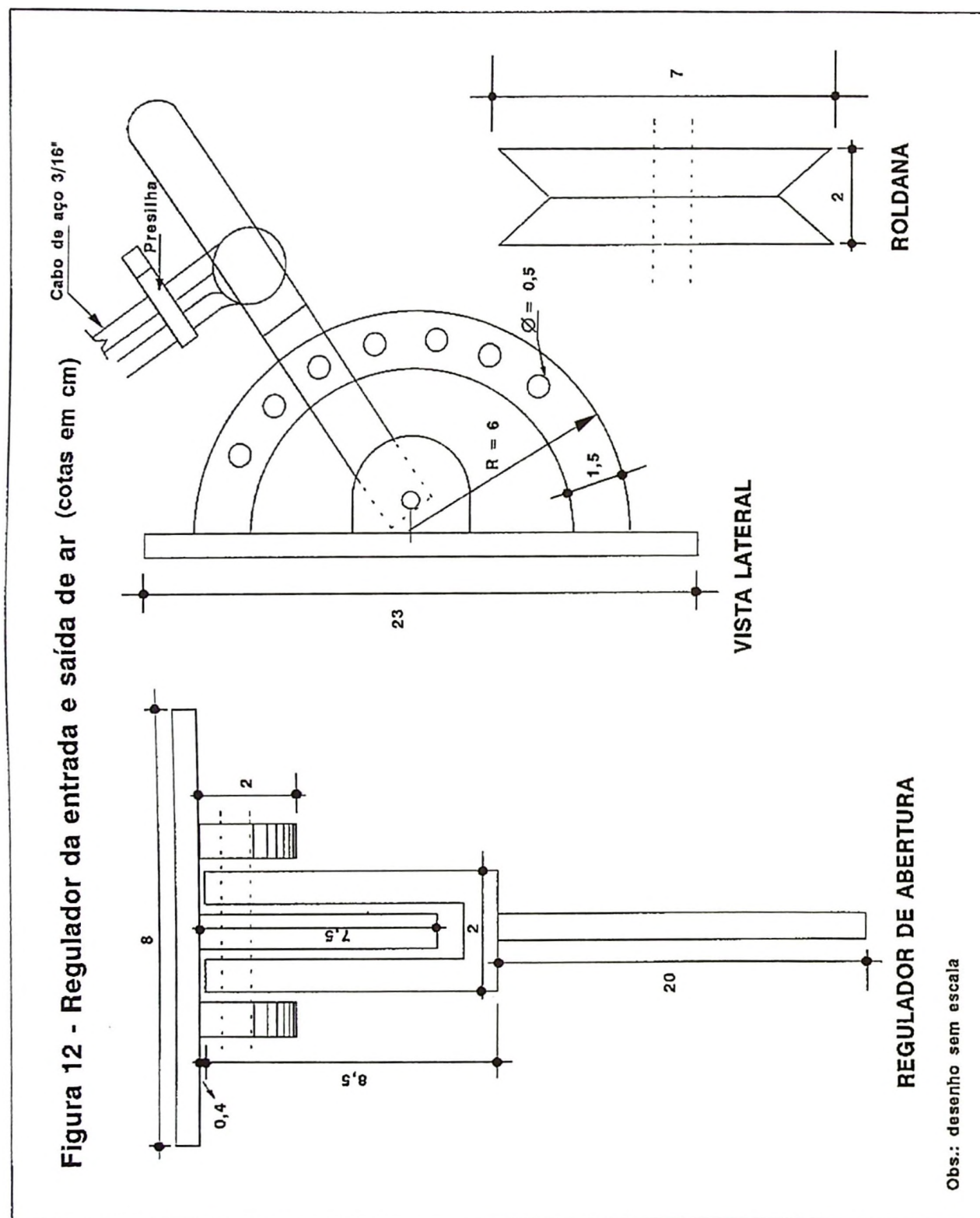


Figura 13 - Vistas frontal, lateral e detalhes do suporte do ventilador (cotas em cm)

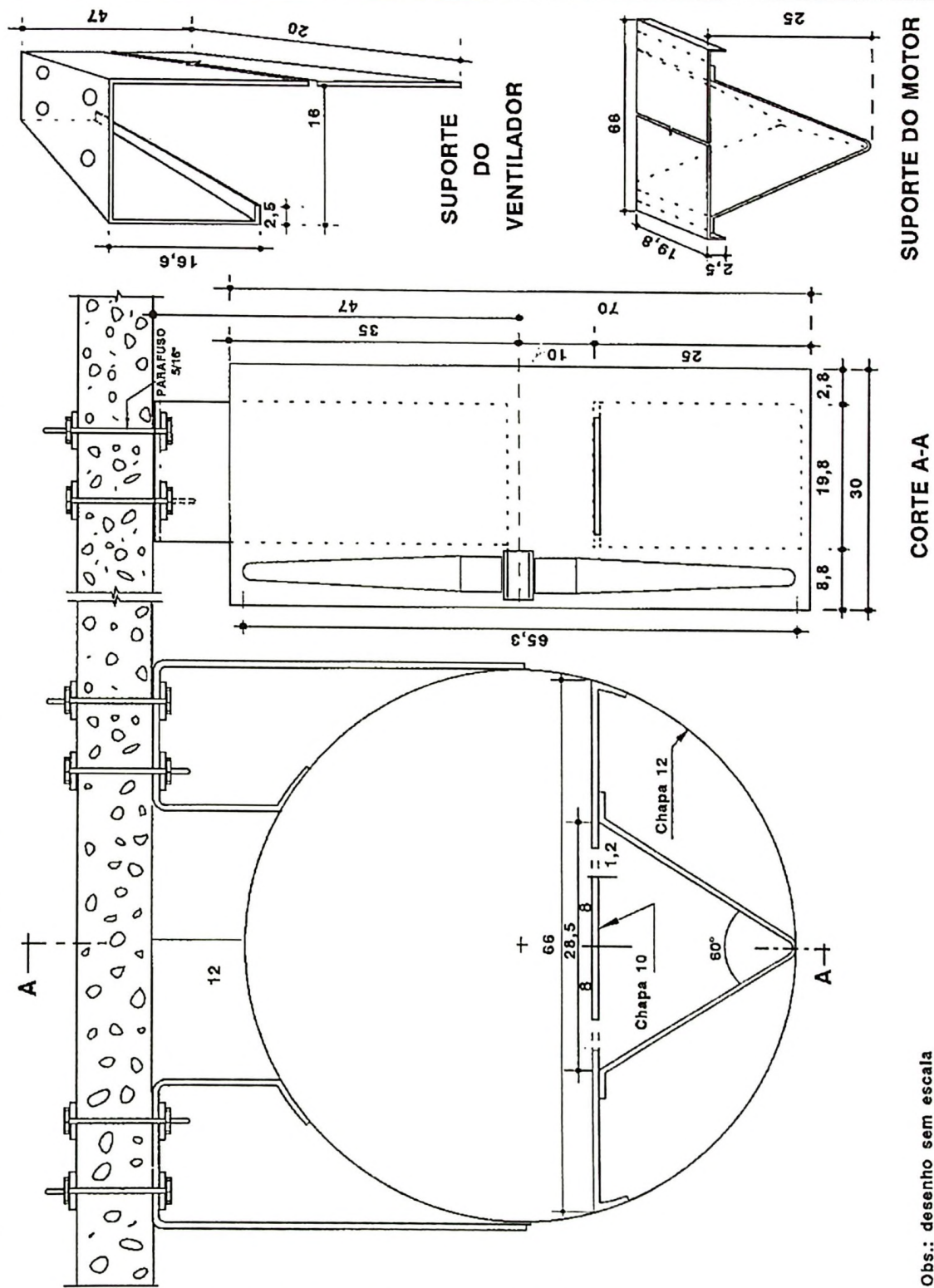


Figura 14 - Coletores de gases (saída) e chaminé (cotas em cm)

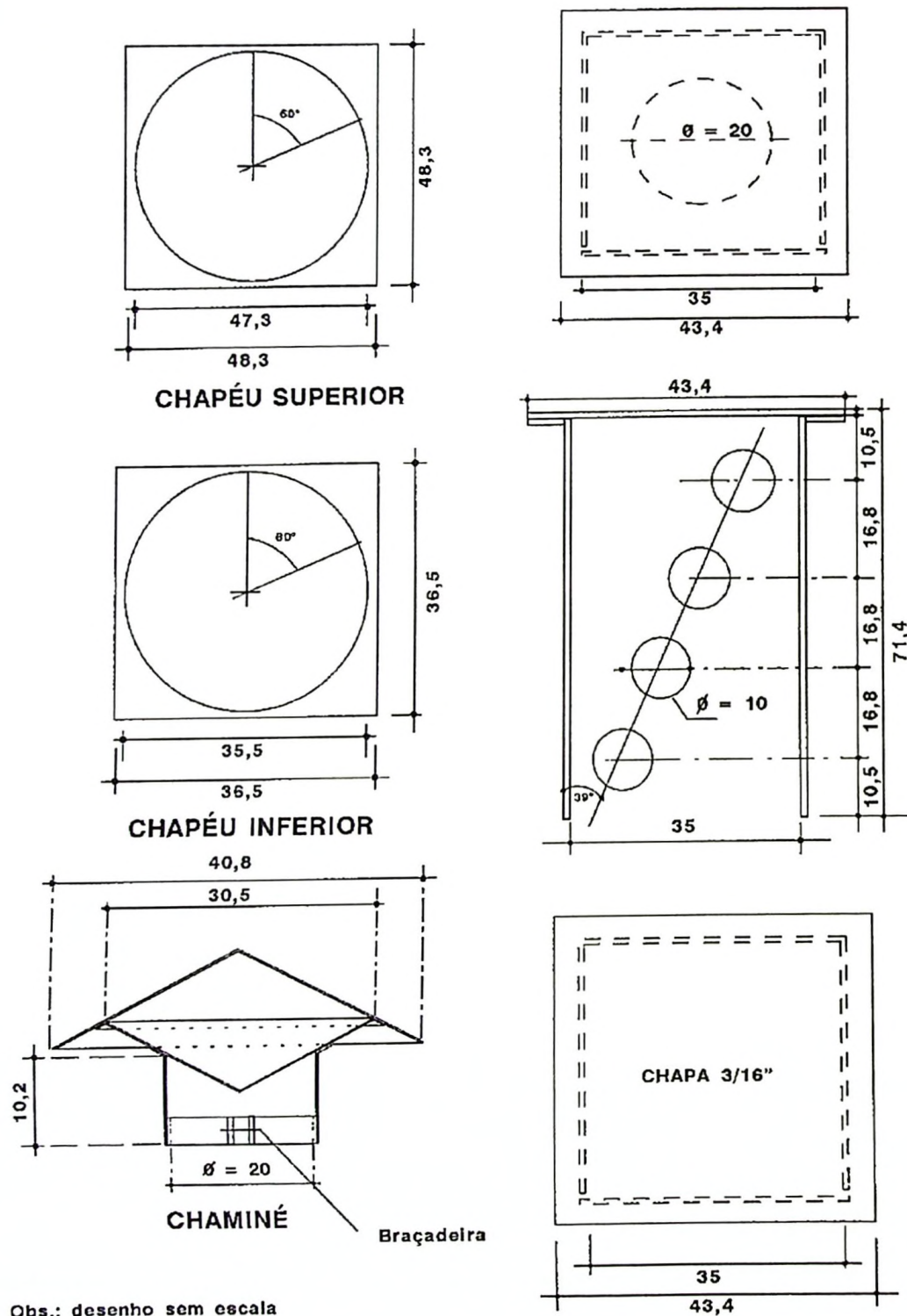


Figura 15 - Coletores de gases (entrada) (cotas em cm)

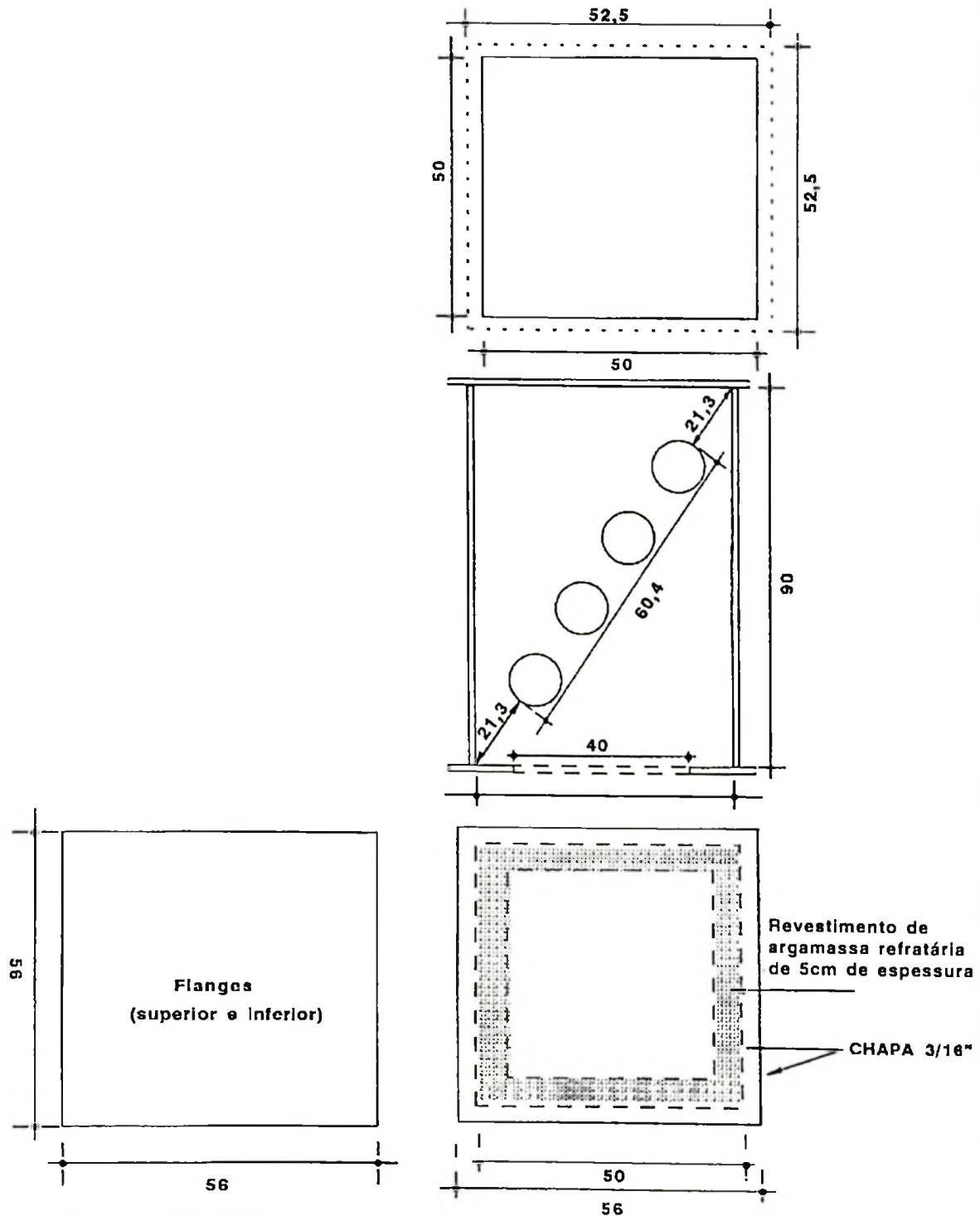
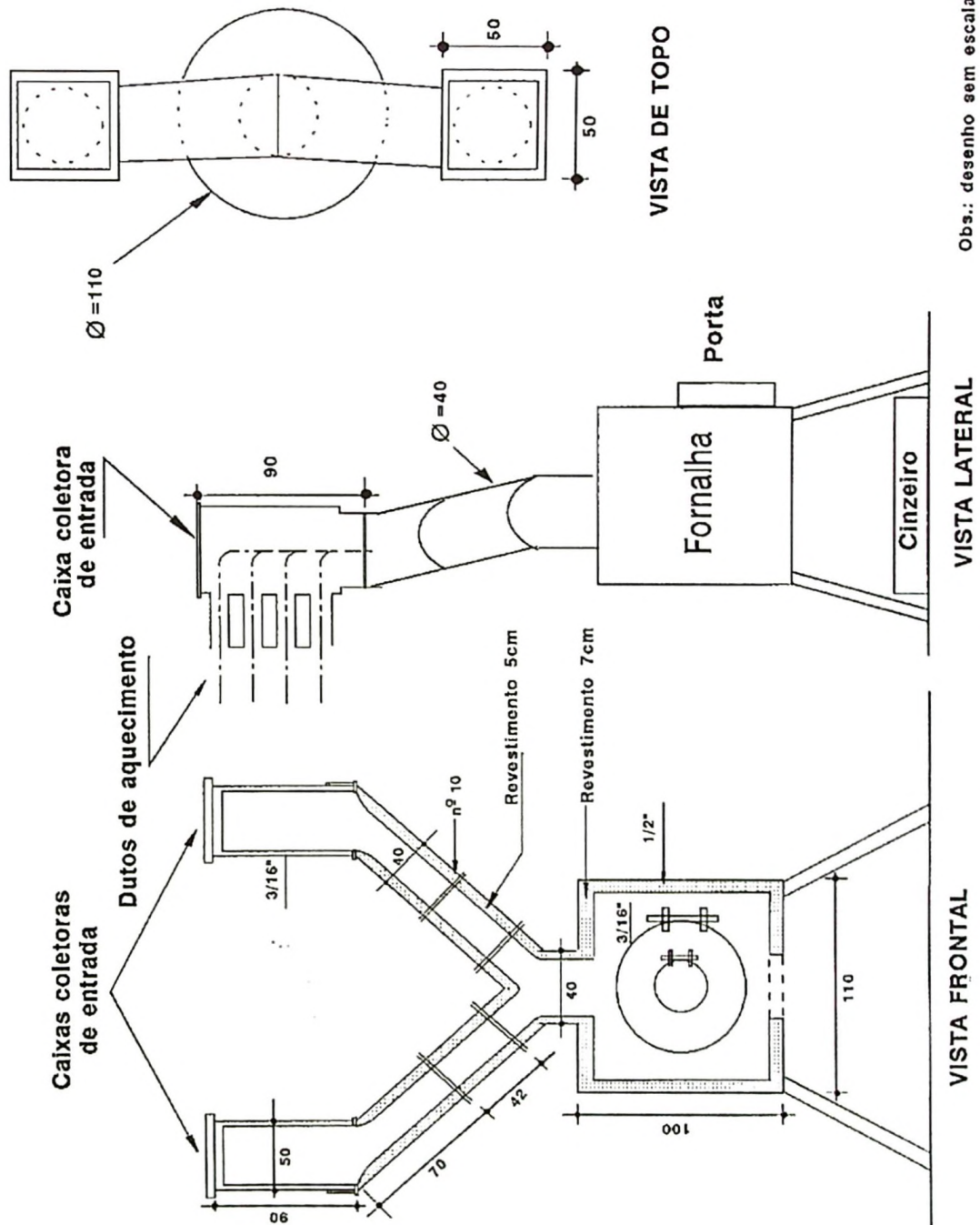


Figura 17 - Fornalha (cotas em cm)



Obs.: desenho sem escala

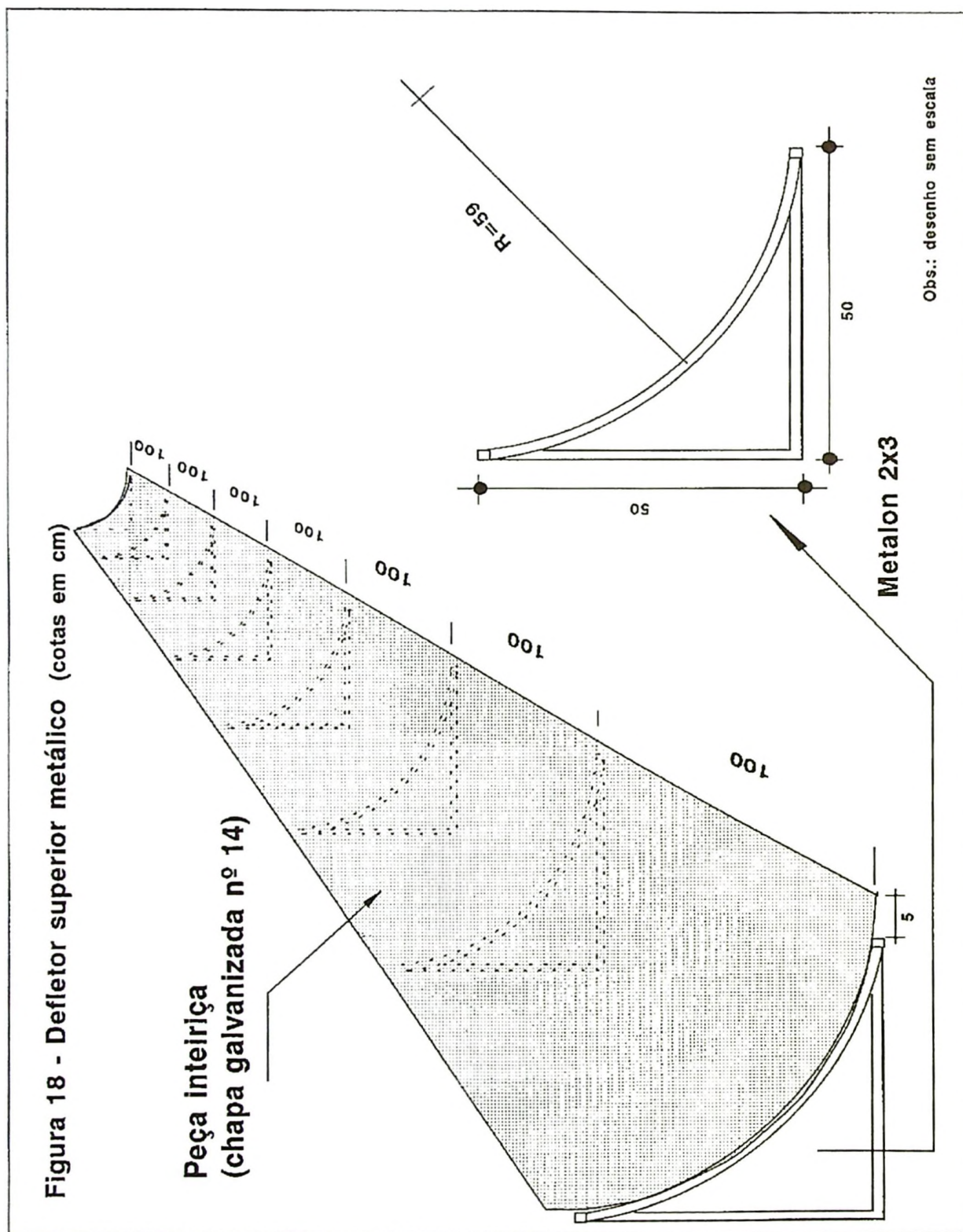
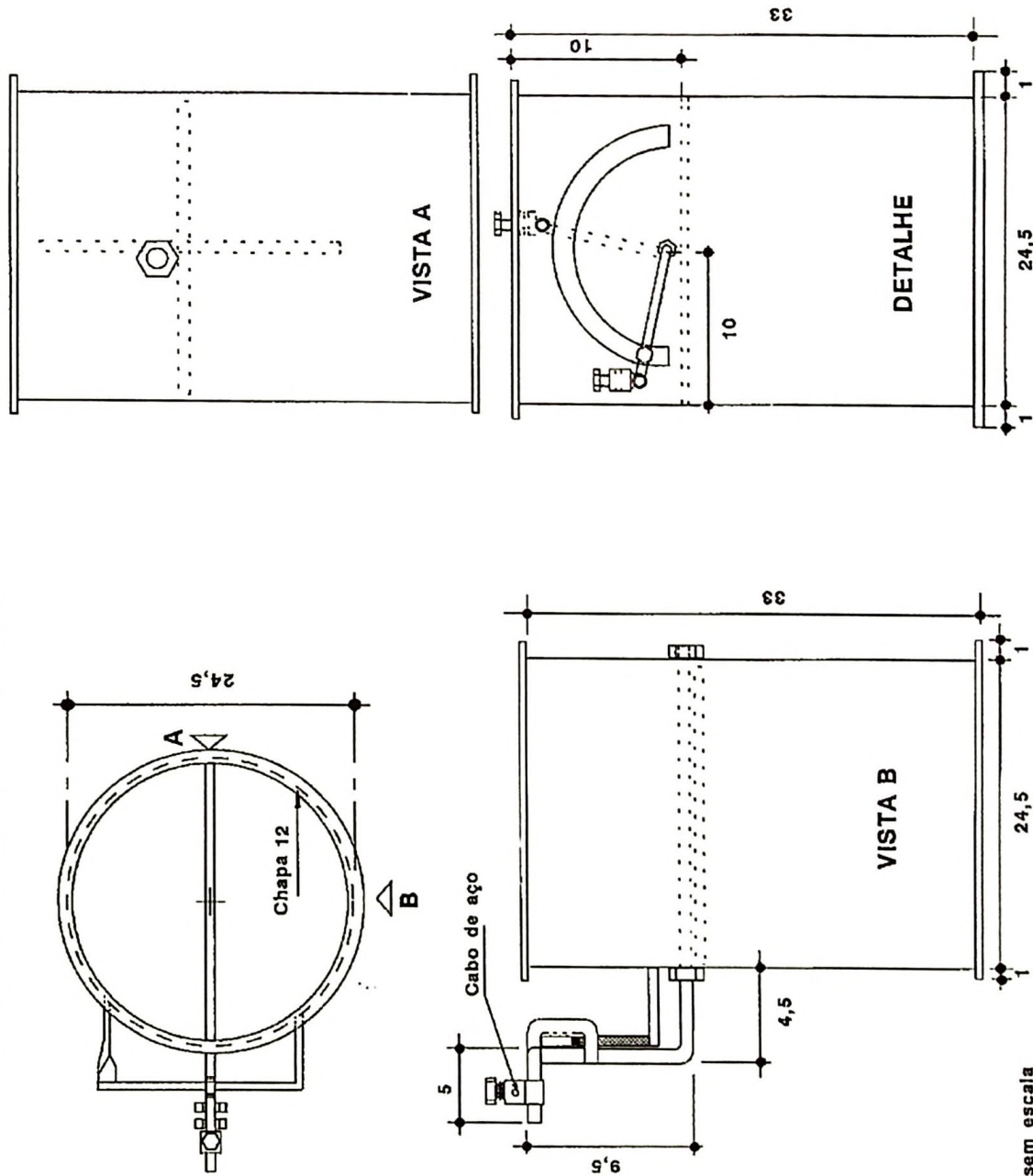


Figura 19 - Plantas das entradas e saídas de ar (cotas em cm)



Obs.: desenho sem escala

7 Relação de materiais

Alvenaria, estrutura e cobertura

- Sistema “radier”

12,50m ³	concreto usinado 15,0MPa com brita 1
525m	aço CA 50, diâmetro 6,3mm (1/4")
360m	aço CA 50, diâmetro 10mm (3/8")
160m	aço CA 60, diâmetro 5,0mm
10kg	arame recozido nº 18 AWG
3.800 unidades	tijolo furado 20 x 20 x 10cm
5m ³	saibro
3m ³	vermiculita
20 sacos	cimento Portland
120m	vigota 6 x 12cm (maçaranduba)
30m	vigota 6 x 16cm (maçaranduba)
60 unidades	telha de cimento-amianto 244cm x 50cm x 4mm de espessura
30 unidades	telha de cumeeira (universal)
60m	tábua 2,5 x 15cm
60m	tábua 2,5 x 20cm
11 unidades	compensado resinado 220cm x 110cm x 10mm
210m	pontalete 5 x 6cm
5kg	prego 18 x 30
4kg	prego 19 x 36
60 unidades	parafuso com porca, cabeça francesa, 3/8" x 20cm
2 galões	desmoldante para fôrma

• Sistema convencional

15,87m ³	concreto usinado fck 15MPa com brita 1
39kg	aço CA 50, diâmetro 6,3mm
81kg	aço CA 50, diâmetro 10mm
104kg	aço CA 50, diâmetro 12,5mm
38kg	aço CA 50, diâmetro 16mm
28kg	aço CA 50, diâmetro 5mm
20kg	arame recozido nº 18 AWG
1.000 unidades	tijolo maciço recozido, 5 x 10 x 20cm
5m ³	saibro
3m ³	vermiculita
20 sacos	cimento Portland comum
120m	vigota 6 x 12cm (maçaranduba)
117m	vigota 6 x 16cm (maçaranduba)
60 unidades	telha de cimento-amianto 244cm x 50cm x 4mm de espessura
30 unidades	telha de cumeeira articulada
60 unidades	ripão 2,5 x 15cm
60 unidades	tábua 2,5 x 20cm
11 unidades	compensado resinado, 220 cm x 110cm x 10mm
210m	pontalete 7,5 x 7,5cm - escoramento
5kg	prego 18 x 30
5kg	prego 17 x 21
4kg	prego 19 x 36
50 unidades	parafuso com porca, cabeça francesa, 3/8" x 20cm
2 galões	desmante para fôrma

Fornalha

- | | |
|---|--|
| 2 | peças chapa grossa 12,5mm (1/2") calandrada para cilindro (diâmetro interno 100cm) 169 x 100cm de altura |
| 2 | peças chapa grossa 12,5mm (1/2") tampos superior e inferior (diâmetro = 114cm) |

- 1 peça ferro fundido para grelha, 40 x 40 x 4cm
- 1 peça chapa 3,41mm (# 10) - tronco do "Y", 128 x 30cm
- 2 peças chapa 3,41mm (# 10) - braços do "Y", 128 x 25cm
- 2 peças chapa 3,41mm (# 10) - braços do "Y", 128 x 42cm
- 2 peças chapa 3,41mm (# 10) - braços do "Y", 128 x 70cm
- 2 peças chapa 3,41mm (# 10) - arremate do "Y", 128 x 50cm
- 8 peças chapa 5mm (# 6) - flanges, diâmetros 47cm (externo) e 41cm (interno)
- 32 unidades parafuso 1 ¼ x 5/16", com porca e arruela lisas
- 10m² malha de aço 1/8"
- 50kg cimento refratário
- 10kg eletrodo 3mm, nº 48

Caixas coletoras de entrada

- 2 peças chapa 5mm (3/16") em "U", 51 x 51 x 51 x 90cm (externo)
- 2 peças chapa 5mm (3/16") - fechamento do "U", 51 x 90cm
- 2 peças chapa 5mm (3/16") - tampa superior, 53 x 53cm
- 1 peça chapa 5mm (3/16") - flange inferior, 900 x 10,2cm
- 7 unidades barra de ferro chato 5mm (3/16") - flange superior, 600cm x 3,8mm (1 ½")
- 96 unidades parafuso 1 ¼ x 5/16", com porca e arruela lisas
- 450cm² malha de aço 1/8"
- 30kg cimento refratário
- 5kg eletrodo 2,5mm, nº 48
- 2 peças cantoneira suportes das caixas 75mm (3") x 75mm (3") x 6mm (1/4") x 355cm

Caixas coletoras de saída (chaminés incluídas)

- 2 chapas 5mm (3/16") dobradas em "U" 35 x 35 x 71,5cm (medidas internas)
- 2 chapas 5 mm (3/16") porta de correr para limpeza, 35 x 75cm
- 1 peça de ferro chato, 450cm x 1 ½" x 1/4"
- 4 peças chapa 3,41mm (# 10) - tampa inferior/superior para suporte chaminé, 44 x 44cm

- 10 peças tubo calandrado com 25cm de diâmetro x 100cm, em chapa 3mm (# 12)
- 2 peças flange com furo de 30cm de diâmetro (externo) e 25,5cm (interno)
- 48 unidades parafuso 1 ¼ x 5/16", com porca e arruela lisas
- 40m cabo de aço - fixação da chaminé, 1/8"
- 20 unidades grampo para cabo de aço, 1/8"
- 6 unidades esticador para cabo de aço, 1/8"
- 2 chapas 3mm (# 12) - chapéu superior, 48,3 x 48,3cm
- 2 chapas 3mm (# 12) - chapéu inferior, 36,5 x 36,5cm

Radiadores

- 9 tubos 10mm (4") x 700cm, DIN 2440 ou 2441
- 8 tubos chapa 3,41mm (# 10) - luvas de entrada, diâmetro externo de 91,5mm x 15cm
- 8 tubos chapa 3,41mm (# 10) - luvas de saída, diâmetro interno de 113,5mm x 15 cm
- 1 unidade escova de aço 10,8cm de diâmetro x 15cm de comprimento, para limpeza

Portas

- 2 peças cantoneiras - montante, 10mm (3 ½") x 75mm (3") x 6mm (1/4") x 270cm
- 4 peças cantoneiras - travessa, 10mm (3 ½") x 75mm (3") x 6mm (1/4") x 169cm
- 1 peça cantoneira - batente, 10mm (3 ½") x 75mm (3") x 6mm (1/4") x 260 cm
- 1 peça ferro trefilado - tranca, 1/2" x 200cm
- 4 peças chapa 3mm (# 12), em "U" - montante da porta, 7 x 8 x 7 x 265cm de comprimento
- 4 peças chapa 3mm (# 12), em "U" - travessas superior/inferior, 7 x 8 x 7 x 165cm de comprimento
- 2 peças chapa 3mm (# 12), em "U" - montante interno, 7 x 8 x 7 x 260 cm de comprimento
- 2 peças chapa 3mm (# 12), em "U" - travessa interna, 7 x 8 x 7 x 165cm de comprimento

- 8 peças chapa galvanizada 2mm (# 14) - capa das portas, 265 x 90cm
- 2 peças cantoneira - amarração da estrutura, 2mm (3/4") x 2mm (3/4") x 200cm
- 6 peças gonzo, 3/4"
- 1 peça tubo galvanizado - tranca, 1/2" x 50cm
- 1m³ vermiculita
- 1500 unidades rebite 3mm de diâmetro

Suporte dos ventiladores

- 5 peças em chapa 3mm (#12) 220 x 30cm (calandrar para cilindro com 70cm de diâmetro interno)
- 5 peças em chapa 3,41mm (#10) 2 x 66 x 19,8cm (corte e dobra)
- 5 peças em chapa 3,41mm (#10) 2 x 26 x 2 x 19,8cm (corte e dobra)
- 10 peças em chapa 3,41mm (#10) 2 x 16,6 x 47 x 20cm (corte e dobra)

Válvulas de ventilação (*dampers*)

- 10 peças chapa 3mm (#12) 76 x 33cm (calandrar para cilindro)
- 10 peças chapa 3mm (#12) 24 x 24cm (recortar redondo com oxicorte) - válvula
- 8m ferro redondo 1/4" trefilado
- 1m ferro redondo 3/4" trefilado
- 2m ferro chato 5/8" x 1/8"
- 2 peças chapa 5mm (3/16") curvar, cortar oxicorte (conforme desenho)
- 4 peças chapa 6mm (1/4") 8,8 x 2,5 x 50cm
- 2m ferro chato 1" x 1/4"
- 1 barra vergalhão trefilado 5mm (3/16")
- 22m cabo de aço 1/8"

Tubos e conexões

- 18m tubo galvanizado, 3/4"
- 2 unidades "T" galvanizado, 3/4"

4 unidades	joelho galvanizado, 3/4"
4 unidades	luva galvanizada, 3/4"
4 unidades	cap galvanizado, 3/4"
2 unidades	válvula esfera, 3/4"
2 unidades	ralo sifonado em ferro fundido, 1 ½"
19m	tubo PVC, 3/4" rosca
2	"T" PVC, 3/4" rosca
4	joelho PVC, 3/4" rosca
10m	veda-rosca, 10mm largura

Ferragens

32 unidades	parabolt (chumbadores) com porca de pressão, 2 ½ x 5/16"
20 unidades	parafuso com porca, arruela lisa e de pressão, 2 x 5/16"
20m	cabo de aço, 1/8"
14 unidades	grampo para cabo de aço, 1/8"
2 unidades	mola com gancho 2 pontas, 1 ½" x 100mm
6 unidades	roldana, 70mm diâmetro x 20mm espessura
300 unidades	rebite de alumínio, 3mm
1 unidade	alicate para rebite
6 unidades	gonzo, 3/4"
60 unidades	parafuso com porca e arruela lisas, 3/4 x 3/16"
16 unidades	parafuso com porca e arruela de pressão e lisa, 3 x 5/16"
20kg	eletrodo com 2,5mm

Material elétrico

10m	fio condutor de 2,5mm com proteção de amianto ou outro para uso em alta temperatura e ambiente agressivo
200m	fio condutor de 2,5mm
20m	fita isolante para alta tensão

Material de acabamento

1 galão	tinta anticorrosiva alumínio
1 galão	tinta alumínio alta temperatura
50kg	asfalto hidrossolúvel
10 litros	querosene ou aguarrás
5 litros	thinner
3 unidades	trincha comum de 75mm (3")
20 unidades	folha de lixa nº 150
2 unidades	rolo completo de lã de carneiro

Instrumentação

2 unidades	termômetros faixa de medição: 0°C a 100°C, precisão para um grau; haste angular traseira de 300mm de comprimento; visor com 150mm de diâmetro.
------------	--

Quadro de comando e componentes

1 unidade	quadro metálico medindo 80 x 60 x 25cm, com placa de montagem
15 conjuntos	diazed, composto de bases, fusíveis, tampa, anel, ajuste de 25/20A
5 conjuntos	diazed, composto de bases, fusíveis, tampa, anel, ajuste de 25/2A
5 unidades	contactor tripolar 3TB41 2NA+2NF
5 unidades	relê térmico 3UA 50 de 8 a 12A
5 unidades	botão liga
5 unidades	botão desliga
1 unidade	chave reversora
15 unidades	sinaleiro completo com lâmpadas neon de 220V (vermelha, verde , amarela)
1 unidade	amperímetro de 0A a 80A
1 unidade	voltímetro de 0 volts a 500 volts
1 unidade	chave seletora para voltímetro
1 unidade	chave seletora para amperímetro
3 unidades	transformador de corrente 0A a 80/5A
2m	canaleta 30 x 30mm numeradores, fiações, identificadores etc.

Divisória e teto falso

5 unidades	barra metalón 20 x 30mm
7,5m	chapa galvanizada 2mm (# 14), com 100cm de largura
500 unidades	rebite de 3mm
10 unidades	parabolt (chumbadores) 5/16 x 2"

Vagonete

- 2 peças chapa 5mm (3/16) em "U" - longarina, 7 x 7 x 7 x 700cm de comprimento
- 11 peças chapa 3,41mm (# 10) em "U" - travessas, 4,5 x 6,0 x 4,5 x 200cm de comprimento
- 11 peças de madeira dura para encaixe nas travessas, 4,5 x 6,0 x 4,5 x 200cm de comprimento
- 4 eixos de 100 cm de comprimento e 5cm de diâmetro, mancal externo e rodas de 30cm de diâmetro.

Conheça Nossa Unidade Piloto no LPF/IBAMA

Desenvolvimento do Projeto:
MMA/IBAMA/DIRPED/LPF
MCT/INPA/CPPF

Apoio:
MCT/RHAE

Financiamento:
IBAMA/DIRPED/LPF

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE
E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA
LPF - Laboratório de Produtos Florestais
SAIN - Av. L4 - Lote 04
CEP: 70818-900 - Brasília - DF - Brasil
Telefones: (061) 316-1209 - 316-1501 - 316-1526
Fax: (061) 225-1182 e 316-1515
e-mail:
alf@mct.gov.br
varlone@lpf-csr.ibama.com.br

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA
CPPF - Coordenadoria de Pesquisa de Produtos Florestais
Caixa Postal 476 - CEP 69000-000
Estrada do Aleixo, 1756 - km 4
CEP 69083-000 - Manaus - AM - Brasil
Telefones: (092) 624-2557 e 624-2559
Fax: (092) 642-1206 e 642-3430

ESTA OBRA FOI IMPRESSA PELA
IMPrensa NACIONAL,
SIG, QUADRA 6, LOTE 800,
CEP 70604-900, BRASÍLIA, DF,
EM 1998, COM UMA TIRAGEM
DE 1.000 EXEMPLARES

A Imprensa Nacional limitou-se a executar os serviços de impressão desta obra.
Portanto, não se responsabiliza por eventuais erros nem pelo seu conteúdo.

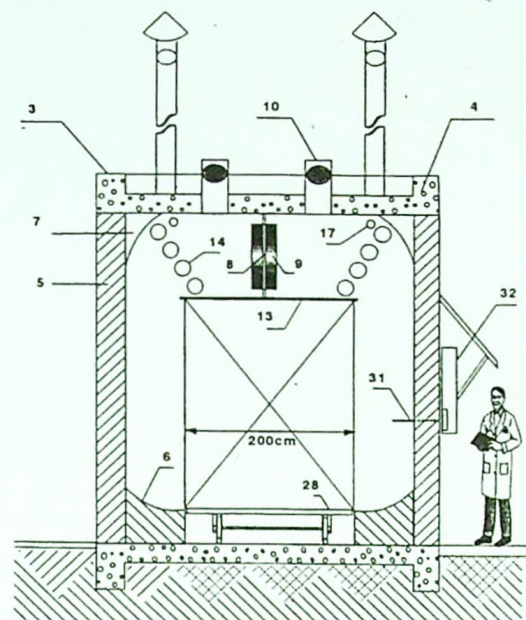


Figura D - Vista em corte transversal

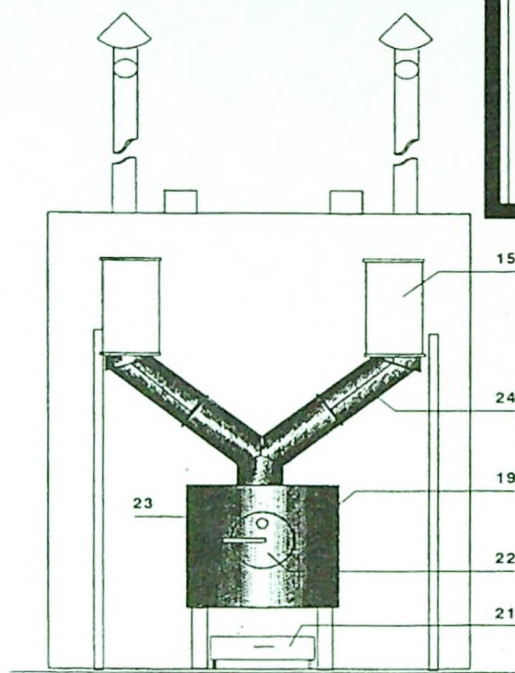


Figura E - Vista posterior