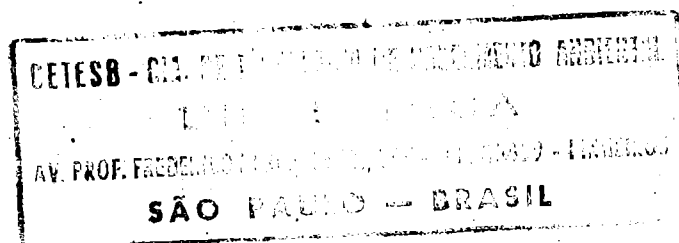


DEAN

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - FORTALE
ZA - 20 A 25 DE SETEMBRO DE 1981
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES

ASPECTOS DE INTERESSE NA INSPEÇÃO DE FONTES DE POLUIÇÃO DO AR - FUNDI
ÇÃO DE METAIS

Armando Luiz de Souza Mesquita
Clóvis Galante



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB

CLASS	8204
A TOR	M562a
TOMBO	11.052

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - FORTALE
ZA - 20 A 25 DE SETEMBRO DE 1981
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES

ASPECTOS DE INTERESSE NA INSPEÇÃO DE FONTES DE POLUIÇÃO DO AR - FUNDI
ÇÃO DE METAIS

Armando Luiz de Souza Mesquita
Clóvis Galante

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB

ARMANDO LUIZ DE SOUZA MESQUITA

Superintendente de Controle de Fontes de Poluição Ambiental da CETESB e Professor do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP.

Engenheiro Industrial - modalidade mecânica, Engenheiro Sanitarista e Master of Science in Environmental Engineering pela Universidade de Carolina do Norte - USA.

Milita no campo de controle de poluição ambiental desde 1968.

CLÓVIS GALANTE

Chefe da Divisão de Controle de Fontes - 2 - da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB/Secretaria de Obras e do Meio Ambiente - SOMA, Engenheiro Industrial Metalúrgico-FEI, Engenheiro Sanitarista-USP, trabalhando há 9 anos na CETESB, admitido como engenheiro de campo, cuja atividade se constituiu na realização de levantamentos industriais nos vários tipos de atividades fabris do Parque Industrial de São Paulo, com o objetivo de detetar as fontes de poluição ambiental, exigindo das mesmas a instalação de equipamentos de controle de poluentes. Desenvolveu atividades não só na área corretiva da Companhia como também na preventiva, tendo como atribuição o controle das fontes de poluição ambiental dos empreendimentos industriais em fase de implantação.

A inspeção de campo realizada por Entidades Governamentais para o levantamento de dados sobre fontes de poluição do ar é de fundamental importância.

Os objetivos básicos de uma inspeção de campo foram analisados. Uma das principais fontes de poluição do ar, qual seja a atividade de fundição de metais, foi analisada em termos de inspeção de campo. Foi apresentada uma descrição sucinta sobre o processo de fundição de metais, foram discutidos os principais dados a serem levantados e os principais pontos a serem inspecionados. Foi ressaltada a importância do treinamento e da formação do engenheiro de campo.

1. OBJETIVO

2. OBJETIVOS DE UMA INSPEÇÃO DE CAMPO

3. CARACTERÍSTICAS DA ATIVIDADE DE FUNDIÇÃO DE METAIS

3.1. Fundição Primária de Ferro e Aço

3.2. Fundição de Ferro e Aço

4. DADOS A SEREM OBTIDOS EM CAMPO E PRINCIPAIS PONTOS DE INSPEÇÃO

4.1. Fundição Primária de Ferro e Aço

4.2. Fundição de Ferro e Aço

4.3. Fundição de Não Ferrosos

4.4. Sistemas de Controle de Poluentes

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. INTRODUÇÃO

O objetivo básico de uma inspeção de campo é o levantamento de informações que vão permitir tomada de ações desde a formulação de exigências a uma dada fonte poluidora até a definição de uma política de controle para uma dada região.

É de todo conveniente que as inspeções de campo sejam feitas as mais completas possíveis e por pessoal habilitado.

No presente trabalho ressaltamos a atividade fundição de metais como fonte a ser inspecionada e analisada, buscando demonstrar que o conhecimento do processo produtivo por parte do engenheiro de campo é de fundamental importância para a correta avaliação da fonte de poluição do ar.

2. OBJETIVOS DE UMA INSPEÇÃO DE CAMPO

Entre as atividades desenvolvidas por uma entidade governamental de controle de poluição, a inspeção das fontes de poluição destaca-se como uma das mais importantes.

Vários são os objetivos da atividade de inspeção de fontes de poluição que vão desde aspectos globais, tal como levantar informações que permitam a definição de uma política racional de controle para a região, até aspectos específicos, tal como fiscalizar uma fonte de poluição visando formular exigências de controle.

Desta forma a inspeção de uma fonte de poluição pode ser realizada para se atingir um ou mais objetivos. Para fins de apresentação poderíamos definir os seguintes objetivos da atividade inspeção de fontes de poluição.

a. Realização do Inventário das Fontes de Poluição de uma dada Região

Neste caso estamos interessados em identificar e avaliar qualitativamente e quantitativamente as fontes de poluição de uma dada região. O conhecimento das fontes, de sua distribuição espacial, dos poluentes emitidos pelas mesmas qualitativa e quantitativamente constituem-se no inventário das fontes de poluição da região. Este in-

ventário constitui-se em ferramenta fundamental para o estabelecimento de uma política racional de controle de poluição.

b. Formulação de Exigências de Controle de Poluição

Neste caso a vistoria deverá ser realizada de maneira bem mais específica, especialmente se tratar de um caso de poluição localizada, ou seja, com reclamação da população.

c. Verificar o Cumprimento de Exigências de Controle Formuladas

Neste caso, normalmente, trata-se de vistorias bem mais rápidas pois a mesma será dirigida para operações e/ou equipamentos definidos e para um fim específico, por exemplo, verificar a instalação de sistemas de controle.

d. Verificar o Desempenho de Sistemas de Controle Instalados

Neste caso será necessário ao engenheiro de campo a determinação e tomada de valores e/ou parâmetros específicos do sistema de controle. Será necessário que o mesmo esteja aparelhado para tanto, bem como capacitado a interpretar os resultados obtidos.

É evidente que uma inspeção de campo pode ter mais do que um dos objetivos acima apresentados em conjunto, neste caso aquele objetivo que exigir maior detalhamento da vistoria deverá governar a ação do engenheiro de campo.

3. CARACTERÍSTICAS DA ATIVIDADE DE FUNDIÇÃO DE METAIS

Um dos aspectos básicos e fundamentais para que uma boa inspeção de campo seja executada é o conhecimento, por parte do engenheiro de campo, do processo industrial a ser inspecionado. Este conhecimento deve estar relacionado aos equipamentos utilizados, operações executadas, matéria-prima, reativos, componentes de carga utilizados, ciclo de operação, especialmente nas variações de processo que geralmente interferem na maior ou menor emissão de poluentes.

Apesar de não ser o escopo deste trabalho o detalhamento dos vários processos industriais de fundição de metais, apresentamos a seguir, de maneira sucinta, os principais processos desta atividade.

A bibliografia especializada, inclusive a bibliografia específica de controle de poluição, trata cada um destes processos com riqueza de detalhes.

Vale ressaltar que uma inspeção deve encarar sempre o estabelecimento industrial como um todo, especialmente se os objetivos da inspeção forem os descritos nos itens 1 e 2 do tópico anterior.

3.1. FUNDIÇÃO PRIMÁRIA DE FERRO E AÇO

A fundição primária de ferro e aço pode ser agrupada nas seguintes operações: produção de coque, sinterização, alto forno para fabricação de gusa, fornos para fabricação de aço, laminação e operações de acabamento.

a. Fabricação do Coque

O carvão é carregado na câmara de coqueificação, onde há decomposição das moléculas mais complexas, desprendendo compostos mais simples e voláteis, formando um resíduo carbonoso: o coque.

O coque pode ser produzido por dois processos.

O processo Colmeia, assim chamado devido a bateria de câmaras serem alinhadas em forma de um apiário.

O processo sub produto, assim denominado devido a recuperação dos gases produzidos durante um ciclo de coqueificação.

A figura 1 apresenta uma estufa utilizada no processo sub produto.

b. Fabricação do Sinter

A sinterização é um processo de aglomeração no qual obtem-se, a partir de um produto de granulometria fina, um produto de granulometria mais grossa pela agregação dos finos.

O minério fino é misturado com quantidades precisamente dosadas do combustível sólido (coque moído), calcário e água para obter certa consistência.

A mistura é depositada sobre uma grelha e a sua superfície levada à incandescência enquanto é feita a sucção de ar através das camadas. A figura 2 apresenta uma máquina de sinterização.

c. Alto Forno

A redução do minério de ferro é realizada em um forno com insuflação de ar, chamado alto forno.

O alto forno é constituído de dois troncos de cone unidos por sua base. As matérias primas são carregadas por sua parte superior e descem em contra corrente com os gases quentes provenientes da queima do coque reduzindo o minério de ferro, produzindo o ferro gusa. O ar de combustão é provido por sopradores localizados junto à base do forno. A figura 3 apresenta um esquema de um alto forno.

Os gases do alto forno constituídos de uma mistura, principalmente, de N_2 , CO , CO_2 , H_2 e CH_4 com grande poder calorífico se constituem em fonte de energia para uma indústria siderúrgica.

d. Produção de Aço

O ferro gusa produzido no alto forno possui alto teor de carbono, responsável por dureza elevada, propiciando grande dificuldade à usinagem de peças, além de ser muito quebradiço, sendo necessário refiná-lo, reduzindo o teor de carbono e outros elementos como: enxofre, fósforo, silício, podendo-se acrescentar outros elementos como: cromo, níquel, molibdênio, conforme as características desejadas.

O processo de fabricação e refino de aço é realizado utilizando-se os seguintes tipos de fornos:

Forno Siemens Martin

O forno Siemens Martin permite alcançar a fusão e posteriormente o refino de uma carga formada por uma mistura de sucata de aço e gusa (sólido ou líquido) sobre uma soleira ácida ou básica e é dotado de câmaras de recuperação para aquecimento do ar de combustão.

Utiliza gás ou óleo como combustível podendo usar também injeção

de oxigênio, obtendo com isso uma maior produtividade.

Esse tipo de forno compreende: soleira, abóbada, muro de trás com furo de corrida, muro avante com portas de carga e os canais de fumaça, ligando os regeneradores com os queimadores. Na figura 4 apresentamos um esquema deste forno.

Conversor a Oxigênio

É um forno cilíndrico que opera através do sopro vertical de oxigênio puro (superior a 99%).

A injeção de oxigênio é feita através de lança sob pressão que entra pela boca do forno e se aproxima do metal fundido. O oxigênio expelido pela lança em alta velocidade provoca turbulência no banho propiciando a rápida oxidação do carbono e das impurezas. A carga consiste em sucata e gusa líquido. A figura 5 apresenta um esquema deste forno.

Forno Elétrico a Arco

Constituído por uma carcaça de chapas grossas, formando um recipiente cilíndrico com fundo plano ou abaulado, é usado para o refino; produção de aços liga, aços inox e aços especiais. A carga consiste de sucata e gusa. A figura 6 apresenta um esquema deste forno.

Pode ser injetado oxigênio para melhorar a qualidade do produto, diminuir o consumo de energia e aumentar a produtividade do forno.

3.2. FUNDIÇÃO DE FERRO E AÇO

Na fundição de aço, sucata de aço, ferro fundido e ferro liga são carregados em um forno, fundidos, feito o acerto de liga e vazado em um molde, usualmente lingoteiras. Os lingotes são posteriormente laminados e processados.

Os fornos utilizados nas fundições de aço são basicamente o elétrico a arco e Siemens Martin, já descritos anteriormente, e o forno elétrico de indução.

O forno elétrico de indução é constituído basicamente de uma carcaça de aço que abriga um cadinho que é envolvido por uma fiação na qual passa corrente alternada. Desta forma induz-se corrente elétrica na carga de metal no interior do cadinho que desprende calor e é responsável pela energia necessária ao processo de fusão. Um esquema deste forno encontra-se na figura 7.

A produção de ferro fundido utiliza normalmente como matéria prima ferro gusa, sucata de ferro e aço, as quais são fundidas em fornos basicamente dos tipos Cubilot e elétrico de indução, para posterior vazamento em moldes.

O forno elétrico de indução opera segundo o mesmo princípio descrito anteriormente para a fundição de aço.

O forno Cubilot é de larga utilização na produção de ferro cinzento, devido ao baixo investimento e baixo custo do material produzido.

É um forno vertical com a parte superior aberta por onde saem os gases de combustão e no fundo há um par de portas cuja finalidade é a remoção de borra e o vazamento.

O carregamento é feito na parte superior através da porta de carga com camadas alternadas de coque, calcareo e ferro.

O ar é admitido através das ventaneiras na parte inferior, ocorrendo a combustão do coque e fusão do ferro. A figura 8 apresenta um esquema deste forno.

Moldagem

Dentre os vários processos de moldagem abordamos no presente trabalho a moldagem em areia e em "shell" tendo em vista a importância que esses dois tipos apresentam, tanto por serem utilizados na maioria das fundições como pelo aspecto de poluição do ar.

Moldagem em Areia

Areia é um material básico de fundição usado em volume considerável na

maioria das fundições.

O sistema completo de manuseio de areia consiste na recepção, estocagem, preparação do molde e os equipamentos necessários para sua transferência aos seus pontos de uso, preparação e descarte. Algumas fundições de grande produção tem sistema de recuperação para fazê-la voltar, tanto quanto possível, prática e economicamente, às suas condições originais para ser usada novamente.

Os sistemas de manuseio de areia de fundição são geralmente mecanizados. Os moldes são sacudidos para retirada da areia da peça fundida.

Um sistema mínimo de recuperação inclui um classificador, triturador, transportador e pulverizador no qual a areia é misturada com argila e água para deixá-la nas condições de ser reutilizada novamente nos moldes.

A areia quando sacudida está quente e deve ser resfriada antes de ir para a recuperação, isto pode ser feito naturalmente pelo ar do ambiente ou mecanicamente por sopro de ar.

Além da poeira há alguma emissão de fumaça e vapor orgânico nesta fase da operação de fundição. Após o vazamento no molde alguns dos materiais aglutinantes polimerizarão emitindo fumaça e vapores. Isto continuará, em nível menor, durante o sacudimento. A figura 9 apresenta um esquema de um sistema de recuperação e preparação de areia.

Moldagem em "Shell"

Este processo consiste essencialmente na utilização de resina fenólica ou uréia formaldeído como aglutinante da areia que deve ser utilizada seca. A resina é utilizada sólida ou eventualmente dissolvida em álcool.

A partir de uma placa modelo metálica aquecida e devidamente preparada, ou seja, recoberta com silicone ou cera de carnaúba dissolvida em querosene, processa-se o recobrimento desta placa com uma camada do material de moldagem ocorrendo uma polimerização parcial emitindo aldeídos e vapores orgânicos. A polimerização (cura) total é feita a 280°C

-340°C, durante um a três minutos.

Por ocasião do vazamento do metal no molde a resina queima-se completamente, havendo também emissão bastante significativa de aldeídos e vapores orgânicos, com odores característicos.

Macharia

A confecção de machos é uma parte integrante das operações de fundição e é uma fonte potencial de poluição dependendo das condições de operação.

Geralmente é difícil registrar emissões visíveis das estufas de macho. Entretanto, o equipamento pode ser uma fonte de incômodo ao bem estar público.

Os machos são usados para permitir o metal fundido fluir em torno de um dado espaço para formar a cavidade desejada numa peça.

O macho deve ser inerte, firme e facilmente removido após a solidificação do metal. A areia é misturada com aglutinantes os quais, quando aquecidos vão conferir a resistência que o macho requer para mantê-lo firme enquanto o molde está sendo preparado e para resistir desvios ou deformações quando o metal é vazado.

Os aglutinantes quando aquecidos reagem química e/ou fisicamente e podem emitir voláteis tais como: aldeídos e vapores de solventes.

Uma típica mistura de aglutinantes contém óleo de linhaça, goma de resina e aglomerante de cereal; querosene e água são adicionados de acordo com a quantidade de areia usada.

Com o aquecimento da estufa as frações de óleo leve do macho destilam primeiro. Como a temperatura continua a aumentar, outras frações são vaporizadas e ocorre a polimerização do óleo de linhaça. Atingindo o máximo de 400°F a resina funde cobrindo os grãos de areia com um filme delgado. É necessário um tempo restante de cura para o macho atingir a máxima resistência.

Várias estufas são usadas para secar machos, podem ser aquecidos a gás e óleo, através de processo contínuo ou batelada.

O ciclo de operação depende do tipo de aglutinante usado e varia de uma a quatro horas.

As emissões provenientes da secagem do macho são ácidos orgânicos, aldeídos e fumaça, com odores característicos.

As estufas que operam a 400°F, ou menos, geralmente não causam incômodos ao bem estar público.

As emissões excessivas ocorrem quando grandes quantidades de machos são colocados na estufa ou são empregadas operações contínuas e as temperaturas de cura excedem 450°F a 475°F.

Para a fusão secundária de metais não ferrosos são utilizados os seguintes tipos de fornos:

Forno Cadinho Fixo (Fosso)

O cadinho é feito de carbetto de silício ou outro material refratário e é indiretamente aquecido no fosso por gás ou óleo. A figura 10 apresenta um esquema deste forno.

Forno Cadinho Basculante

A operação deste tipo de forno não varia significativamente em relação ao tipo fixo e geralmente é de maior capacidade. Um esquema deste forno está apresentado na figura 11.

Forno Elétrico de Indução

Este tipo de forno propicia o método mais rápido de fusão de metais. O metal carregado é fundido graças à energia térmica liberada pela corrente elétrica induzida. O princípio de funcionamento é o mesmo daquele descrito para ferro e aço.

Forno Revérbero

No forno revérbero a chama e os produtos de combustão entram em contato direto com o metal fundido. O aquecimento da carga é feito por convecção e por radiação do calor recebido pelas paredes do forno. A figura 12 apresenta um esquema deste forno.

Forno Cilíndrico Rotativo

A chama dos queimadores tem contacto direto com a superfície do banho metálico, uma vez que a mesma é introduzida axialmente no forno cilíndrico o qual gira sobre seu eixo promovendo agitação da carga. A figura 13 apresenta um esquema deste forno.

Dentre os metais não ferrosos destacam-se, por serem mais utilizados, as ligas à base de cobre (latão e bronze), alumínio, zinco e chumbo.

a. Ligas à Base de Cobre

Latão e bronze são nomes comuns para uma série de ligas constituídas por 60% a 90% de cobre, mais zinco, chumbo, estanho e pequenas porcentagens de outros metais. Latão contém 60% a 65% de cobre; bronze contém de 85% a 90%.

Para a obtenção de lingotes de latão e bronze a principal matéria prima é a sucata. A sucata frequentemente contém impurezas de natureza metálica e não metálica que podem ser removidas das seguintes maneiras: separação manual; separação magnética; métodos térmicos e separação por decantação em meio aquoso.

Os lingotes de latão e bronze são produzidos através da combinação de fusão, refino e acerto de liga da matéria prima processada (cobre e escoria). Os fornos revérberos, rotativos e cadinhos são os mais usados; a escolha depende da quantidade a ser fundida e da liga desejada.

b. Alumínio

As operações de fusão secundária do alumínio envolvem a produção de

uma liga metálica leve para peças fundidas e lingotes. Os constituintes mais comuns de ligas de alumínio são: cobre, magnésio e silício. As ligas de alumínio para peças fundidas são processadas em pequenos cadinhos carregados manualmente com lingotes e retornos da fundição. Grandes fundições de alumínio usam fornos revérberos carregados com o mesmo tipo de matéria prima, por meios mecânicos.

Para fabricar um produto de alta qualidade é necessária a utilização de fluxo. Os fluxos são utilizados para remover os gases dissolvidos e partículas de óxidos contidas no banho metálico.

São usados como fluxo cloreto de sódio com criolita, ou sódio e vários compostos de potássio, cloretos de alumínio e zinco. Gás cloro é lançado no banho metálico para reduzir o magnésio formando cloretos de alumínio e magnésio.

c. Zinco

O processamento do zinco abrange: recuperação, fabricação do óxido e zincagem a fogo. O zinco é separado da sucata que contém chumbo, cobre, alumínio e ferro sendo necessário um controle cuidadoso da temperatura no forno, para que cada metal seja removido na sua faixa de temperatura de fusão. Os fornos tipicamente utilizados são: cadinho, revérbero ou elétrico à indução. Além disso, o refino do zinco pode ser feito em retortas de destilação ou fornos de vaporização onde o zinco vaporizado é condensado para forma metálica pura. Óxido de zinco é produzido pela destilação do zinco metálico em uma corrente de ar seco sendo o óxido formado captado em filtro de tecido. Na zincagem a fogo as peças de ferro e aço para serem revestidas superficialmente com zinco são limpas e imersas em uma cuba utilizando fluxo de cobertura.

d. Chumbo

Os fornos do tipo revérbero, cubilot e cadinho são os mais utilizados na fusão secundária do chumbo, refino e acerto de liga. A utilização do tipo de forno vai ser definida em função da qualidade do metal que se quer produzir: chumbo mole, semi mole e duro. Para a produção de chumbo semi mole é utilizado o forno revérbero, cuja carga se constitui de sucata: placas de bateria, óxidos, escórias e

resíduos de chumbo.

A carga é colocada no forno de tal maneira que uma pequena quantidade de material é mantida sem se fundir no topo do banho. Continuamente, ao fundir-se essa quantidade de material mais carga é adicionada. O metal é retirado periodicamente à medida que aumenta o nível do metal no forno.

O forno rotativo, cujo tipo é similar ao anterior, é muito usado para a recuperação do chumbo contido em sucata de bateria e borra de sulfato de chumbo.

O cubilot é usado para produzir chumbo duro e sua carga normalmente se constitui de: utilização da escória da corrida anterior (4,5%); ferro fundido (4,5%); calcáreo (3%); coque (5,5%) e escórias do forno cadinho de refino, óxidos e escória do forno revérbero (82,5%).

Desta forma o material carregado funde e o calcáreo e o ferro formam um fluxo retardante que flutua na superfície do banho e o chumbo fundido flui para um forno de espera quase que continuamente. O resto (30%) do material fundido é escoria, da qual uma parte é mantida para fazer parte da carga da próxima corrida. Dos fornos de espera geralmente o chumbo é fundido em grandes lingotes.

Os fornos cadinhos são usados para refusão, acerto de liga e refino. Estes fornos são geralmente aquecidos a óleo, sua capacidade varia entre 1 a 45 ton. Sua operação consiste simplesmente no carregamento de lingotes ou ligas de chumbo e o aquecimento da carga de acordo com a qualidade do produto desejado. Geralmente refina-se o chumbo para remoção do cobre e antimônio com o objetivo de obter chumbo mole e para remoção de arsênico, cobre e níquel com a finalidade de obter chumbo duro.

4. DADOS A SEREM OBTIDOS EM CAMPO E PRINCIPAIS PONTOS DE INSPEÇÃO

De uma maneira geral são os seguintes dados que devem ser obtidos do processo de fundição de metais para que se possa avaliar adequadamente a fonte de poluição do ar.

- Dados da matéria prima: tipo, composição, pureza, procedência e quantidade utilizada.
- Dados sobre reativos, fluxos e componentes de liga: tipo, composição, procedência e quantidade utilizada por carga.
- Dados sobre materiais auxiliares, como areia de fundição, aglomerantes, etc: tipo, procedência, composição e quantidade utilizada.
- Dados sobre combustíveis utilizados: tipo, procedência e quantidade utilizada.
- Produtos elaborados: tipo e quantidade.
- Resíduos sólidos produzidos: tipo e quantidade.
- Dados sobre processo e equipamentos utilizados: neste item será necessário obter-se informações sobre o fluxo de operações e equipamentos utilizados, além de dados que caracterizem cada operação e/ou equipamento utilizado.
- Para um forno de fundição é necessário obter-se: tipo; capacidade; temperatura de operação; forma de carregamento, de vazamento e de remoção de escória.

Para o processamento deste forno é necessário se obter ciclo de operação, ou seja, fases da corrida bem como tempo de cada fase, variação de temperatura durante o processo, quantidade e tempo de introdução de componentes de liga e/ou reagentes.

Assim como os fornos os demais equipamentos devem ser especificados e quantificados de forma que, além de permitir uma análise individual de cada fonte, permita também uma verificação, em termos de balanço material, das várias informações sobre quantidades obtidas durante uma inspeção de campo.

Cabe também ressaltar que além da individualização das fontes, a indústria deve também ser avaliada como um todo, visando observar fontes ou pontos de emissão provenientes de operações realizadas, às

vezes, esporadicamente ou inadequadamente.

Por exemplo, em uma unidade de coqueificação a fonte principal são as estufas, porém, a recepção, armazenagem e classificação do carvão são importantes fontes de poeiras fugitivas e devem ser avaliadas. Da mesma forma as condições de limpeza da indústria como um todo podem dar valiosas informações, por exemplo, para se identificar a origem de uma reclamação da população.

Além dos dados a serem anotados, acima apontados, o engenheiro de campo experiente poderá, em sua vistoria, observar pontos e detalhes de operação e manutenção de equipamentos e/ou processo industrial que fornecerão informações fundamentais para uma completa e correta avaliação das fontes de poluição do ar da empresa em análise.

Apresentamos a seguir os principais pontos a serem observados em uma inspeção de campo da atividade de fundição de metais.

4.1. FUNDIÇÃO PRIMÁRIA DE FERRO e AÇO

a. Produção de Coque Metalúrgico

O primeiro ponto a se inspecionar é a forma de recepção do carvão na usina. Como o carvão chega, como é descarregado, transportado para o silo de armazenagem e armazenado, são importantes fontes de emissão de poeiras fugitivas que devem ser observadas pelo engenheiro de campo.

Na colocação de carvão nos silos, por exemplo, devem ser observados tipo de silo, forma de alimentação, frequência e duração da operação de enchimento e proteção ao material armazenado contra correntes de ventos.

Na sequência de operações a classificação e redução de tamanho devem ser observadas. Normalmente as operações de manipulação, peneiramento e moagem de carvão devem estar providas de sistemas de ventilação e equipamentos de retenção de partículas. O engenheiro de campo deve verificar todo o sistema observando as vedações das correias transportadoras, se a exaustão nos pontos de transferência entre correias, silos, peneiras e moinhos estão compatíveis de modo

a não permitir emissão de partículas visualmente.

O passo seguinte são as estufas de coqueificação. As estufas tipo colmeia, onde todo gás produzido é lançado na atmosfera se constitui em um processo não aceitável do ponto de vista de poluição do ar.

Já para as estufas tipo sub-produto as maiores emissões ocorrem devido as condições de carga das mesmas ou devido a vazamentos existentes nas estufas ou das tubulações que coletam os gases formados para fins de reaproveitamento.

O engenheiro de campo deve verificar cuidadosamente as condições de manutenção do sistema, especialmente flanges e tubulações. É necessário verificar se o sistema de tiragem é suficiente para evitar o escape de gases quando da carga de carvão, se não for suficiente é possível que deva restringir o número de portas que devam ser abertas de uma só vez.

O sistema de vedação das portas deve ser verificado, assim como o sistema de alimentação deve ser mecanizado e projetado de forma a considerar o escape de gases e formação de poeiras durante a operação de carga.

A descarga das estufas e a operação de resfriamento devem também serem observadas pelo engenheiro de campo.

b. Produção de Sinter

Da mesma forma que com o coque, a produção de sinter deve ser inspecionada desde o ponto de recepção do minério pois trata-se de material pulverulento passível de constituir-se em fonte significativa de poeiras fugitivas.

Desta forma, recepção, manipulação, estocagem, classificação de tamanhos, alimentação das máquinas de sinterização devem ser avaliadas.

A máquina de sinterização em si deve ser observada em seu carregamento e também na sua operação.

Os fatores dominantes, em termos de emissão, são o teor de finos introduzidos na máquina e o volume de ar aspirado.

O sistema de ventilação da máquina de sinterização deve ser inspecionado tanto no que se refere a sua capacidade de exaustão, em função da coleta do material particulado ou de seu escape, bem como de suas condições de operação e manutenção.

c. Produção de Ferro Gusa

Uma vez que o gás efluente de um alto forno tem valor como combustível todos os altos fornos estão equipados com sistema de coleta de partículas. Desta forma o engenheiro de campo deve vistoriar e avaliar o conjunto alto forno e sistema de controle.

O primeiro ponto a se avaliar é o sistema de carga do alto forno. Esta operação vai emitir poeira de minério, coque e calcário. Caso haja vazamentos no sistema de alimentação do alto forno poderá também haver emissão dos gases formados no seu interior contendo altos teores de CO, além de particulados e óxidos de enxofre.

Outro ponto importante que o engenheiro de campo deve observar é a frequência de abertura das válvulas de segurança do alto forno. Quando estas válvulas são abertas, altas emissões de material particulado podem ocorrer. A abertura das válvulas de segurança ocorrem devido a formação de altas pressões no interior do forno devido a movimentos bruscos de carga e a "entupimentos" na carga ocasionados pelos finos alimentados no forno.

Normalmente esta informação deve ser coletada da folha de acompanhamento do processo que a indústria deve manter junto ao forno. Caso ela não exista o engenheiro de campo deve exigir sua confecção.

Outros pontos que merecem inspeção cuidadosa do engenheiro de campo é o vazamento, remoção de escória e todo o sistema de dispoeiramento existente no forno, especialmente quanto a sua operação e manutenção.

d. Produção de Aço

Nesta parte de uma usina siderúrgica os fornos de fusão constituem-

-se na principal fonte de poluição do ar. Em função da quantidade de material particulado emitido estes fornos deverão, necessariamente estar equipados com sistema de ventilação local exaustora e equipamento de controle de poluentes,

No caso do forno elétrico a arco, além dos dados previamente apontados, o engenheiro de campo deve observar cuidadosamente as operações de carga e vazamento e o período de injeção de oxigênio.

Durante a carga, dependendo do tipo de captor utilizado, o forno pode operar sem controle. O engenheiro de campo deve anotar cuidadosamente este tempo e avaliar se esta condição é aceitável. Caso a usina esteja mal localizada quanto a receptores, possivelmente deverá ser exigido controle nesta operação, o que exigirá um sistema de controle de capacidade bem maior. Caso a indústria se utilize de sucata para composição da carga do forno a sua qualidade deve ser bem analisada. Sucata impregnada de óleo ou rica em não ferrosos (como galvanizados) aumentam sensivelmente as emissões.

Durante a injeção de oxigênio ocorre a maior emissão de material particulado. Além do engenheiro de campo anotar a quantidade e tempo de injeção de oxigênio, ele também deve, nesta ocasião, avaliar o sistema de exaustão que deve ser suficiente para impedir o escape de poluentes (fumaça avermelhada) através das aberturas do forno (porta de carga, bica de vazamento e furos dos eletrodos).

Para os fornos Siemens Martin os pontos a serem observados são basicamente os mesmos, ou seja, carga, vazamento e injeção de oxigênio. Nesta operação as observações são as mesmas do forno elétrico. Para este forno, que se utiliza de óleo combustível, o sistema de combustão, linhas de óleo e maçaricos devem ser inspecionados.

Ainda na aciaria temos algumas operações que merecem atenção e devem ser inspecionadas, entre elas temos: a limpeza de painéis com oxigênio e operações de pre-aquecimento de painéis com óleo combustível.

Na laminação cabe maior atenção ao sistema de combustão dos fornos de aquecimento.

4.2. FUNDIÇÃO DE FERRO E AÇO

a. Fundição de Aço

Nas fundições de aço os fornos utilizados são, basicamente, o elétrico a arco e o Simens Martin. Todas as observações feitas para estes fornos na siderúrgica integrada são válidas para a fundição de aço. A maior diferença é que nas fundições de aço a matéria prima básica é a sucata de aço ao invés de gusa sólido ou líquido. Neste caso a observação referente ao tipo de sucata ganha maior destaque e deve ser observada com maior cuidado pelo engenheiro de campo.

b. Fundição de Ferro

O principal forno de fundição de ferro é o cubilot. Uma vez que este forno se utiliza de gusa, coque e calcário como carga a inspeção deve ser iniciada pela recepção destas matérias primas no prédio da fundição e o seu armazenamento.

No que se refere ao forno em si, também trata-se de um forno que devido seu potencial poluidor deve operar com sistema de ventilação e equipamento de controle de poluentes.

O sistema de exaustão instalado em um forno cubilot deve prever suficiente vazão para evitar que gases poluentes escapem, especialmente pela boca de carga do forno.

O equipamento de controle de poluentes deve ser de alta eficiência para pequenos tamanhos de partículas.

O engenheiro de campo deve acompanhar um ciclo completo da fundição inclusive o vazamento para que possa analisar convenientemente esta fonte.

Um outro tipo de forno bastante em uso atualmente é o forno elétrico de indução. Trata-se de um forno que, devido seu princípio de funcionamento, possui um potencial poluidor bem inferior que o do cubilot. O tipo de matéria prima utilizada, normalmente sucata, é que vai definir a maior ou menor emissão de material particulado. Sucata impregnada de óleo ou graxa ou ainda sucata com grande quanti

dade de não ferrosos acarretarão um aumento na taxa de geração de material particulado deste tipo de forno. O engenheiro de campo além de observar estes detalhes deve também presenciar um ciclo completo da fundição, da carga ao vazamento, sendo estas duas fases as mais críticas em termos de emissão.

A necessidade de se equipar fornos elétricos de indução com sistemas de controle de poluição vai depender da legislação da região e da micro localização da indústria.

Ainda dentro de uma fundição vamos encontrar a parte de confecção de moldes e recuperação de areia. Estas operações envolvem a emissão de material particulado, fumaça e odores.

Normalmente os moldes são fabricados em areia que utiliza um aglomerante para lhe dar consistência. Quando há o vazamento do metal fundido dentro do molde, parte do aglomerante, devido o aumento de temperatura, transforma-se gerando fumaça e odores. Daí a peça vai para um sistema de quebra de molde (Shak out) no qual continua a ocorrer a transformação do aglomerante além da emissão própria de poeira devido a fragmentação de torrões secos de areia.

Após a quebra do molde a areia é recuperada utilizando-se correias transportadoras, peneiras, silos, galgas e misturadores. Estas operações constituem-se em fontes de particulados e devem estar providas de sistema de ventilação e controle de material particulado. O engenheiro de campo deve observar este sistema como um todo verificando pontos de vazamento do sistema, vazão insuficiente, equipamentos mal mantidos e operados.

A estufa de cura de machos deve também ser verificada, especialmente no que se refere a emissão de odores. O engenheiro de campo deve observar todo um ciclo de operação da estufa, especialmente a última hora onde a probabilidade de ocorrência de odores é maior.

Este detalhe, com relação a odores, é particularmente importante no caso de fundições com micro localização inadequada e que causam reclamação da população.

4.3. FUNDIÇÃO DE NÃO FERROSOS

De uma maneira geral os pontos de inspeção de uma fundição de não ferrosos são os mesmos de uma fundição de ferro e aço apresentados anteriormente.

Alguns pontos mais específicos e importantes quanto a geração de poluentes estão a seguir ressaltados.

- Composição de liga: O engenheiro de campo deve preocupar-se com este detalhe pois ele é fundamental para a taxa de geração de contaminantes. Por exemplo, quanto maior o teor de zinco nas ligas de cobre maior é a geração de fumos metálicos.
- Temperatura de operação: Quanto maior a temperatura de operação do forno maior a volatilização do metal e portanto maior a emissão de fumos metálicos. Muitas vezes condições impróprias de funcionamento, especialmente por falta de instrumentação na fundição acarretam uma desnecessária emissão de poluentes. Seria de todo conveniente que o engenheiro de campo portasse um pirômetro para determinar o ciclo de temperatura utilizado em uma dada fundição.
- Carga e Vazamento: A carga, em função de óleos e graxas existentes na sucata, o vazamento, em função da temperatura, são operações que devem ser observadas em campo pois nelas ocorrem maior formação de fumos metálicos.
- Adição de Componentes de Liga, Fluxos e Degaseificantes: Em função das temperaturas de trabalho a adição de elementos das ligas e fluxos deve ser observada pelo engenheiro de campo. A operação de degaseificação do alumínio, realizada com hexafluorocloreto ou nitrogênio, acarreta a maior liberação de fumos metálicos e compostos de cloro da fundição de alumínio.
- Refino: Ou seja, operações de aquecimento e/ou adição de um reagente que tem o objetivo de reativar um determinado componente da liga. Por exemplo, a adição de enxofre no refino de chumbo para retirada do cobre. A adição de carvão no processo de fabricação de chumbo duro que age como elemento redutor do óxido de chumbo presente na carga.

Por estes detalhes de produção devem ser detidamente examinados pelo engenheiro de campo o qual deve presenciar ciclos completos de cada operação para que possa fazer uma análise real e concreta da fonte de poluição.

No que se refere aos fornos de fundição de metais não ferrosos devemos lembrar que aqueles em que os gases de combustão entram em contato direto com a carga e/ou que propiciam maior agitação da mesma espera-se maior emissão de poluentes, entre eles temos o cubilot (usado para recuperação de chumbo), o revérbero e o rotativo. Já os de aquecimento indireto, cadinhos (fixos e basculantes) e elétricos de indução a emissão será menor.

Como vimos, quase todos os tipos de fornos utilizam-se da queima de óleo combustível para seu aquecimento. A perfeita combustão é fator decisivo para uma emissão menor de poluentes, tanto no que se refere aos poluentes provenientes da própria queima de óleo combustível como do processo de produção, pelo controle adequado de temperatura.

Desta forma o engenheiro de campo deve dar atenção ao equipamento de combustão, à sua adequada manutenção e ao sistema de controle existente.

4.4. SISTEMAS DE CONTROLE DE POLUENTES

Conforme ficou claro pelos itens anteriores, as operações de fundição de metais necessitam da utilização de sistemas de ventilação local exaustora e equipamentos de controle de poluentes.

A Inspeção de uma fonte de poluição deve também ser extensiva a estes equipamentos cabendo ao engenheiro de campo avaliá-los quanto a sua eficiência. Algumas vezes a avaliação completa do sistema somente será possível através de uma amostragem do efluente da chaminé. Em muitas vezes, contudo, pode o engenheiro de campo através da verificação de parâmetros básicos concluir sobre a eficiência do equipamento instalado ou sua condição de operação e manutenção.

No trabalho "Procedimentos Para Manutenção de Equipamentos de Controle de Poluição Ambiental" apresentado neste Congresso, são apresentados

os detalhes e parâmetros a serem avaliados nestes equipamentos quando de uma inspeção de campo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo deste trabalho foi o de ressaltar a importância das inspeções de campo para com os trabalhos desenvolvidos por uma entidade governamental de controle de poluição do ar.

Da análise dos pontos importantes de inspeção da atividade de fundição de metais podemos concluir que a familiaridade do engenheiro de campo com o processo produtivo e poluidor é fundamental para que se possa fazer uma correta avaliação da fonte.

Esta correta avaliação da fonte é particularmente importante quando lembramos os usos a serem dados às informações levantadas em campo que vão desde a formulação de exigências ao poluidor até a definição de uma política de controle de poluição do ar para uma dada região.

Além do conhecimento dos processos poluidores, e portanto das várias atividades industriais, o engenheiro de campo deve conhecer os aspectos básicos da área de poluição ambiental, especialmente sua tecnologia de controle.

Atualmente as nossas universidades não formam especialistas em poluição ambiental, estes estão sendo formados nas próprias entidades de controle com treinamento em trabalho e/ou com cursos internos de treinamento ou com cursos no exterior.

Deste trabalho duas recomendações básicas poderiam ser ressaltadas. A primeira, específica ao próprio engenheiro de campo com relação ao cuidado a ser dispendido em cada vistoria visando a correta avaliação de uma fonte de poluição.

A segunda, de caráter mais amplo, dirigida a Universidade Brasileira, visando a criação de cursos específicos tanto de graduação como de pós-graduação com o objetivo de formar pessoal habilitado para o campo de poluição ambiental. No caso da engenharia, a formação de um engenheiro ambiental seria de grande valia também para as entidades governamentais como privadas que estão hoje à volta com o problema ambiental.

B I B L I O G R A F I A

1. ARAUJO, L.A.
Siderurgia, Editora FTD S.A. - São Paulo - SP - 1 967
2. Compilation of Air Pollution Factors, 2^a ed. - U.S. Environmental Protection Agency - NC - 1 975
3. DANIELSON, J.A., ed.
Air Pollution Engineering Manual, U.S. Environmental Protection Agency - NC - 1 973
4. Field Operations and Enforcement Manual for Air Pollution Control, vol. III, Inspection Procedures for Specific Industries, U.S. Environmental Protection Agency - NC - 1 972
5. GALVÃO Fº, J.B.; GALANTE, C.; QUEIROZ, L.A., Procedimentos para O peração e Manutenção de Equipamentos de Controle de Poluição Ambiental, apresentado no XI Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental - Fortaleza, CE - CETESB - 1 981
6. POLUKHIN, P. et all
Metal Process Engineering, Peace Publishers - Moscow
7. STERN, A.C., ed.
Air Pollution, III ed., vol. IV - Academic Press - NY - 1 977

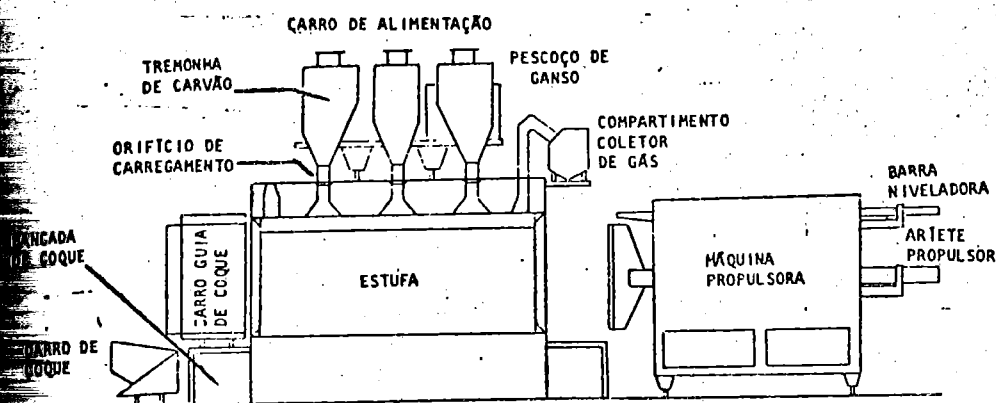


FIG. 01 COQUEIFICAÇÃO: ESQUEMA DO PROCESSO SUB PRODUTO
(FONTE: AIR POLLUTION, referência 7)

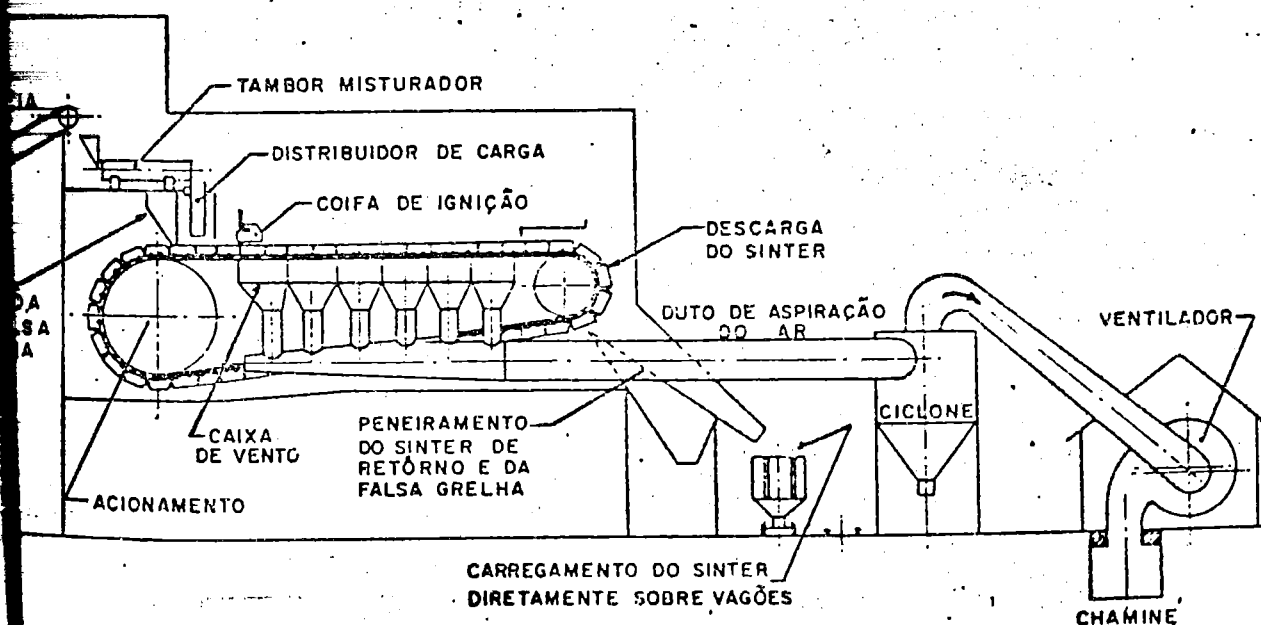


FIG. 02 SINTERIZAÇÃO: ESQUEMA DE PROCESSO CONTÍNUO
(FONTE: SIDERURGIA, referência 1)

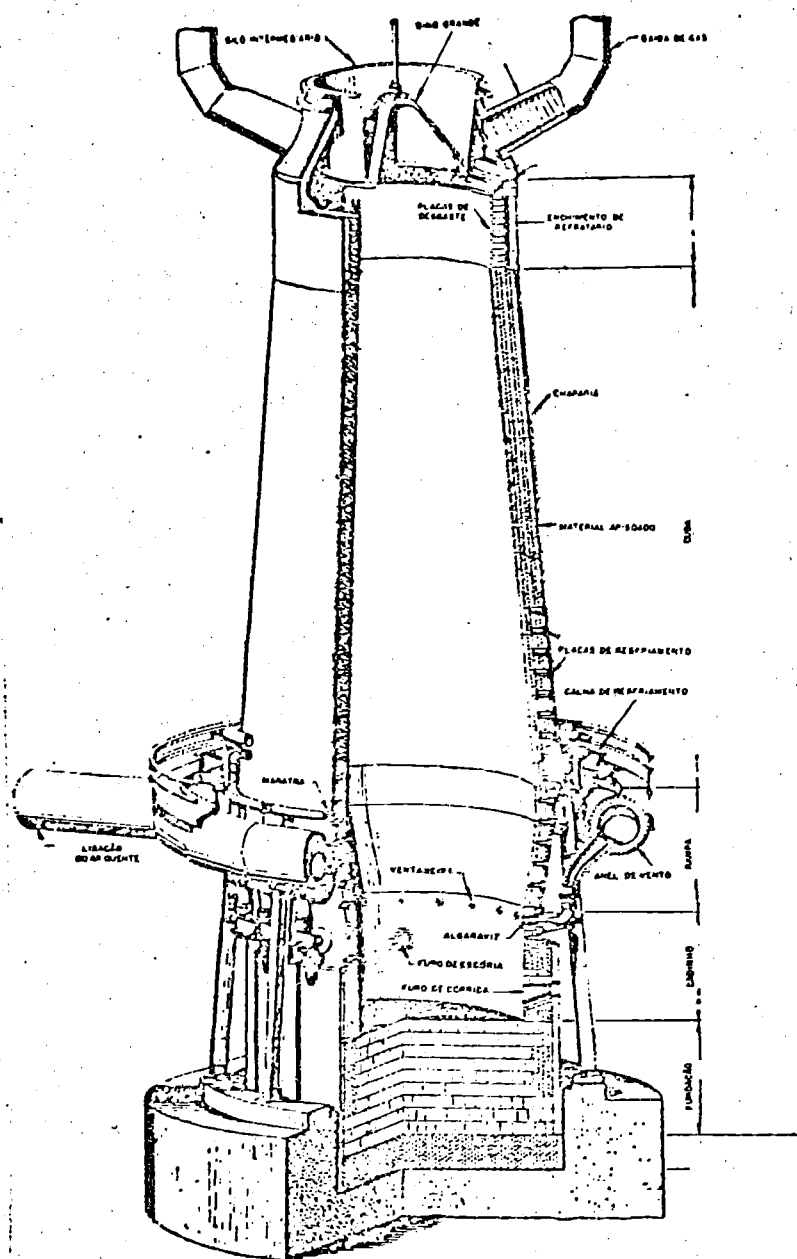


FIG. 03 ESQUEMA DE UM ALTO FORNO
(FONTE: SIDERURGIA, referência 1)

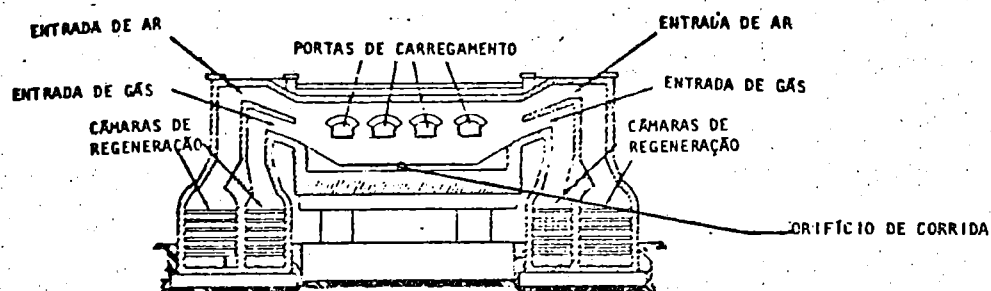


FIG. 04 ESQUEMA DE FORNO SIEMENS - MARTIN
(FONTE: AIR POLLUTION ENGINEERING MANUAL, referência 3)

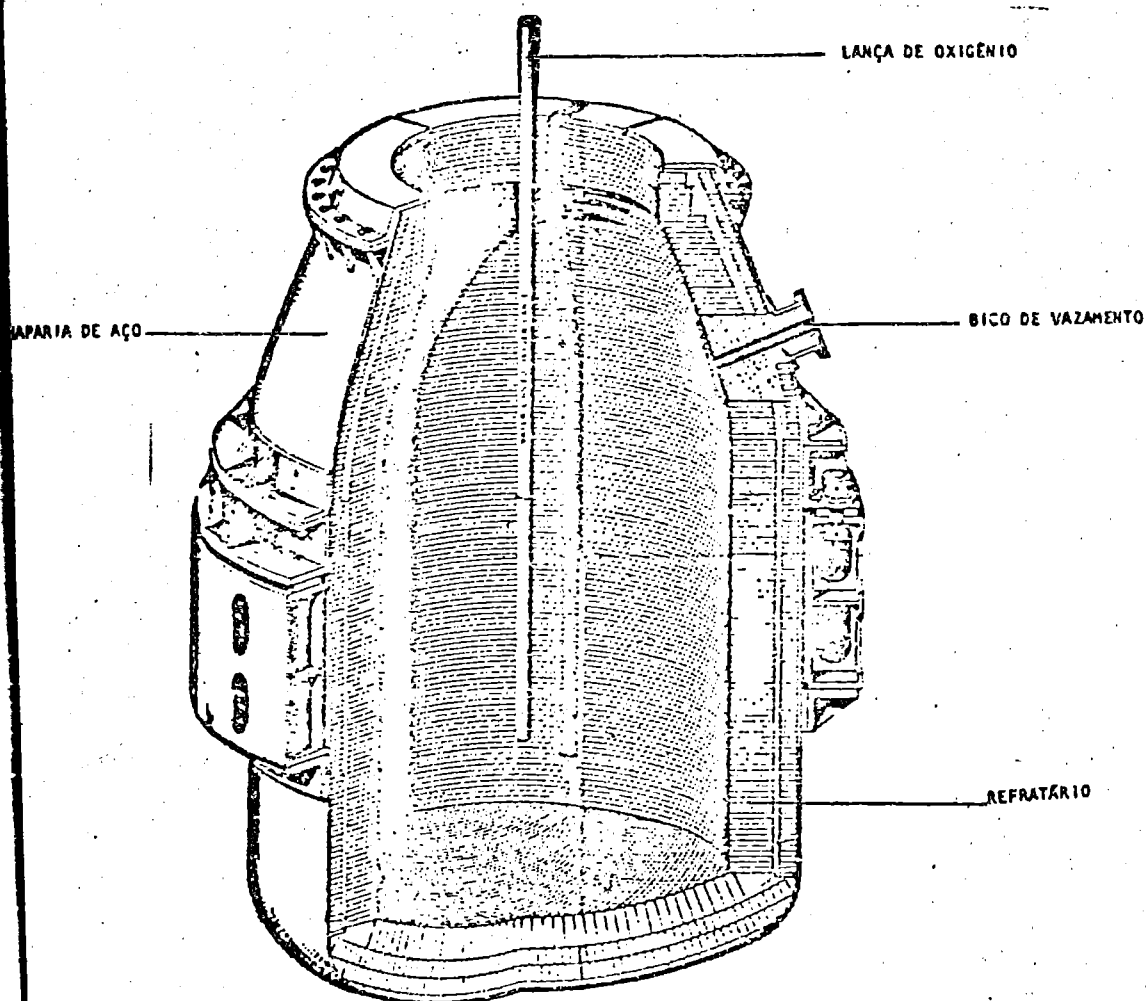


FIG. 05 ESQUEMA DE CONVERSOR A OXIGÊNIO
(FONTE: SIDERURGIA, referência 1)

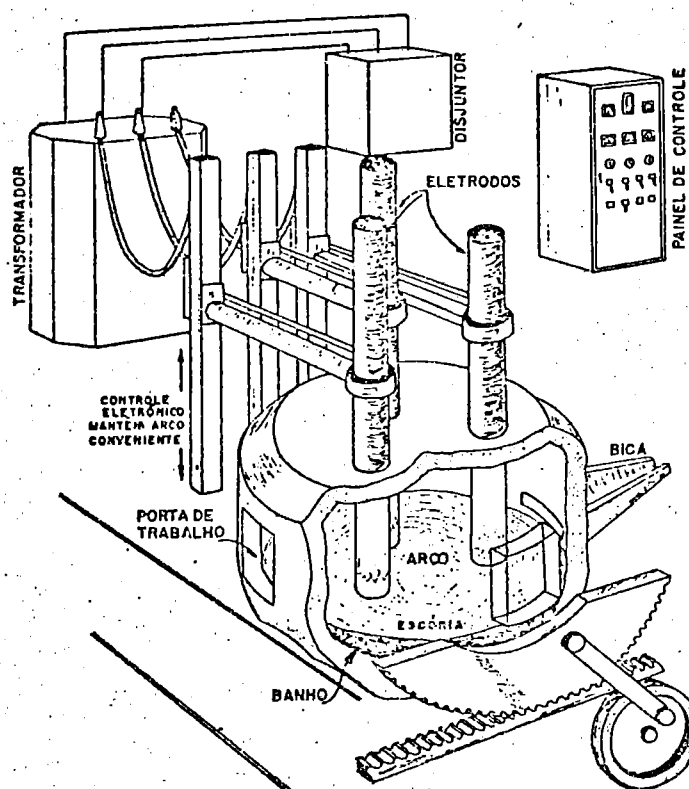


FIG. 06 ESQUEMA DE FORNO ELÉTRICO A ARCO
(FONTE: SIDERURGIA, referência 1)

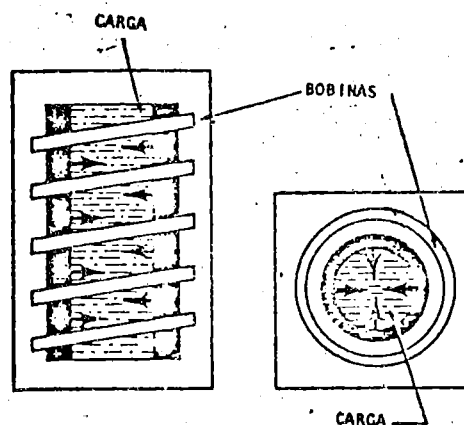


FIG. 07 ESQUEMA DE FORNO ELÉTRICO DE INDUÇÃO
(FONTE: AIR POLLUTION ENGINEERING MANUAL, referência 3)

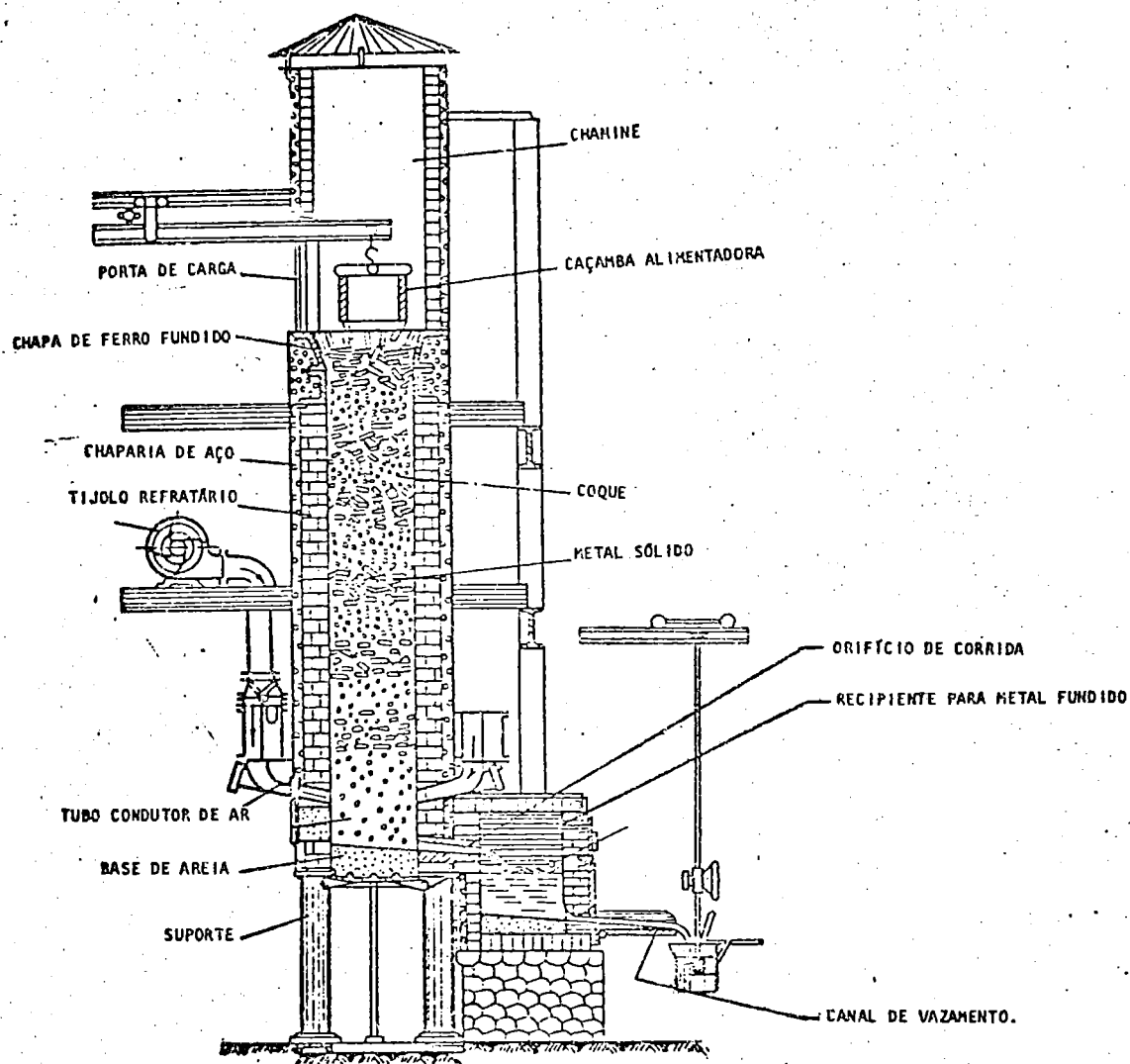


FIG. 08 ESQUEMA DE FORNO CUBILOT

(FONTE: METAL PROCESS ENGINEERING, referência 6)

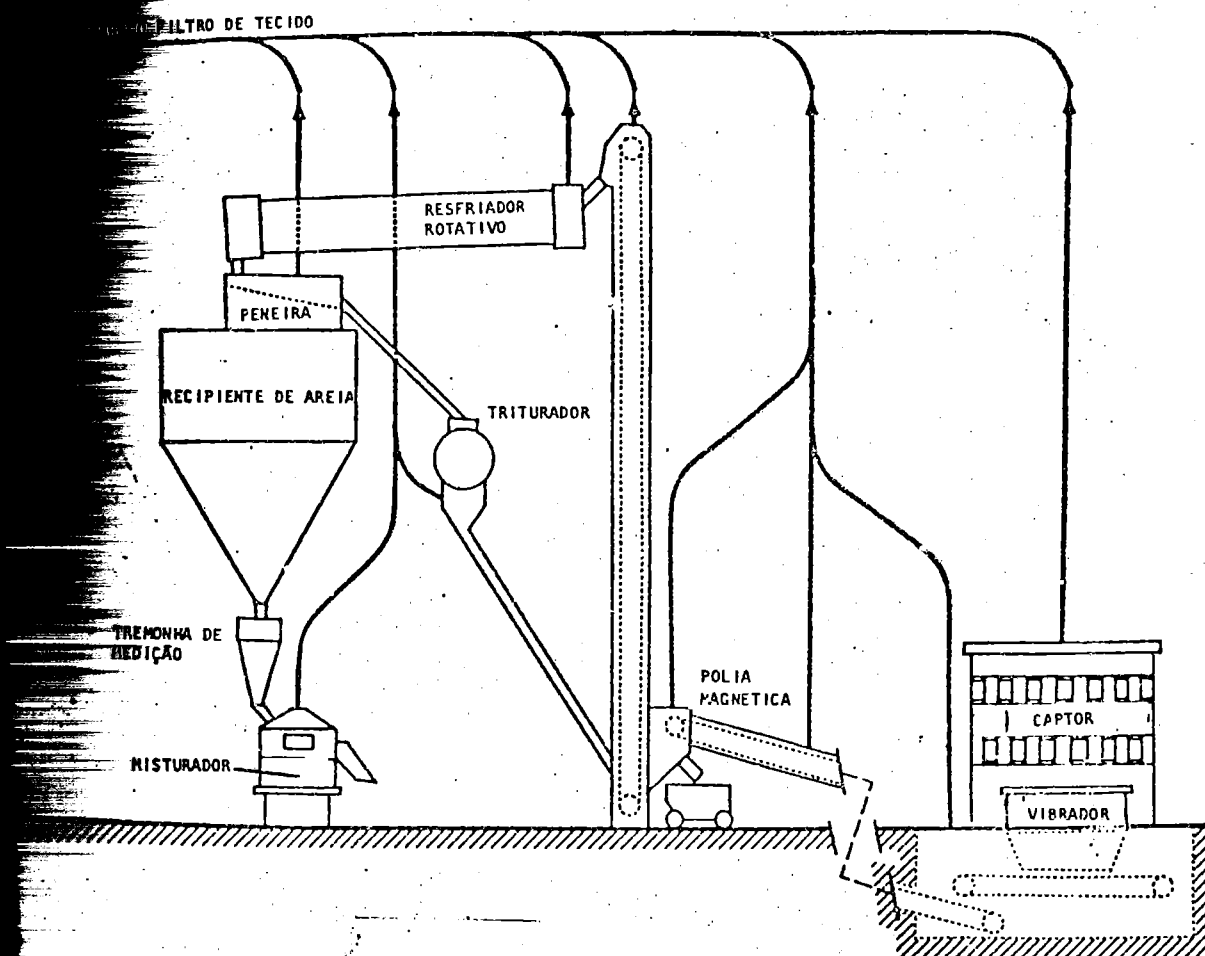


FIG. 09 ESQUEMA DE SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AREIA
(FONTE: AIR POLLUTION ENGINEERING MANUAL, referência 3)

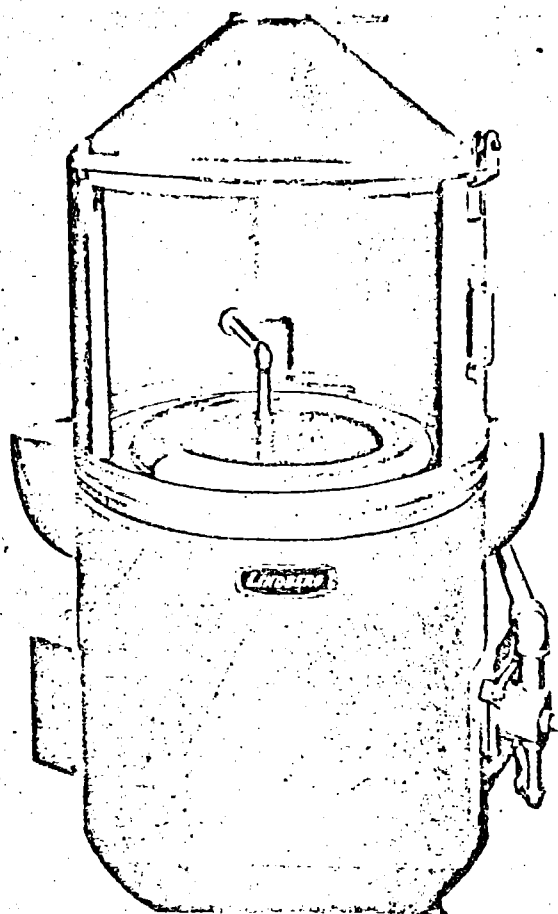


FIG. 10 ESQUEMA DE FORNO CADINHO FIXO
(FONTE: AIR POLLUTION ENGINEERING MANUAL, referência 3)

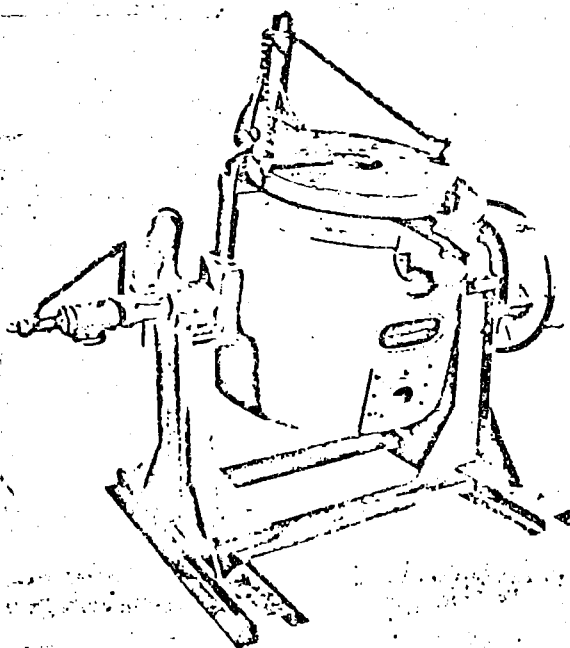


FIG. 11 ESQUEMA DE FORNO CADINHO BASCULANTE
(FONTE: AIR POLLUTION ENGINEERING MANUAL, referência 3)

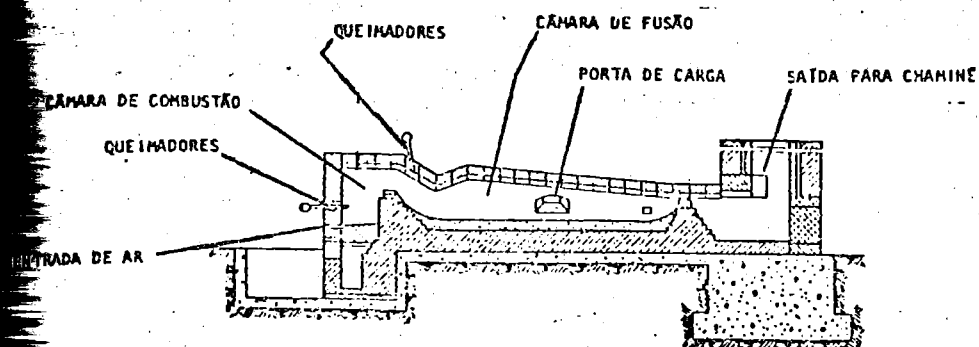
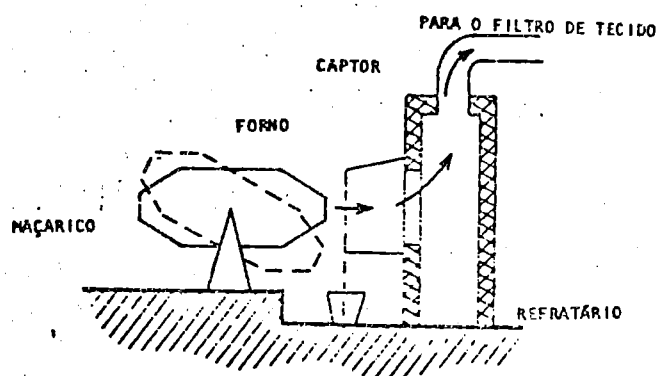


FIG. 12 ESQUEMA DE FORNO REVERBERO
(FONTE: METAL PROCESS ENGINEERING, referência 6)



13 ESQUEMA DE FORNO CILINDRICO ROTATIVO, BASCULANTE
(FONTE: AIR POLLUTION ENGINEERING MANUAL, referência 3)

Data Aquis.:
Indic.:
Livraria:
Preço: Cr\$ 2.000
Data Tomba: 25-06-82

BIBLIOTECA	
DEVOLVER EM	DEVOLVER EM
10/9/82	10.10.82
25.10.82	29-04-83
22/11/83	13-10-89
13/10/84	26/5/94
22/12/84	3/6/94
2-3-85	18/6/94
19-5-85	
10/06/85	

**CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA
DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA**

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este livro.