

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PERÍCIA E AUDITORIA AMBIENTAL**

WLADIMIR JOSÉ NUNES

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DAS
EMISSIONES ATMOSFÉRICAS NO PROCESSO DE ATOMIZAÇÃO DE MASSA
CERÂMICA.**

CRICIÚMA, AGOSTO 2011.

WLADIMIR JOSÉ NUNES

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DAS
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO PROCESSO DE ATOMIZAÇÃO DE MASSA
CERÂMICA.**

**Trabalho de Conclusão para obtenção do grau
de Especialização em Perícia e Auditoria
Ambiental da Universidade do Extremo Sul
Catarinense – UNESC.**

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Oliveira
Nosse**

CRICIÚMA, AGOSTO 2011.

Dedico este trabalho ao meu pai José Castilho Nunes (in memória), que sempre desejou meu sucesso e que de onde quer que ele esteja me deu forças para persistir nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus** por me proporcionar a vida, saúde e força de vontade para concluir este trabalho.

Ao meu pai **José Castilho** (in memória), pela dedicação, carinho, amor e os ensinamentos passados enquanto estivemos juntos, ensinamentos estes que guardarei para sempre. E a minha mãe **Rusmeri**, pelo amor incondicional de mãe e amiga, por todos os momentos que juntas me ajudou a superar mágoas e tristezas, me dando força e coragem para enfrentar obstáculos.

A minha irmã **Graziela**, que mais do que uma irmã também é uma grande amiga e companheira, pelo modo como me encoraja e acredita no meu potencial.

Ao meu orientador **Eduardo**, por ter aceitado este desafio comigo, pela amizade, pelos ensinamentos passados e pela dedicação na concretização deste trabalho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Substâncias e concentrações emitidas pelo atomizador	24
Tabela 2: Materiais de tecidos usados em filtros industriais	31
Tabela 3: Principais parâmetros operacionais de alguns lavadores	33
Tabela 4: Resultados e médias obtidas na amostragem atmosférica do ATM 01	39
Tabela 5: Resultados e médias obtidas na amostragem atmosférica do ATM 04	36

LISTA DE ABREVIATURAS

ATM - Atomizador

FATMA – Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina

IPC – Instituto de Pesquisa Catarinense

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivo geral.....	9
1.1.2 Objetivos específicos	9
1.2 JUSTIFICATIVA	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1 ETAPAS NA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS	11
2.1.1 Preparação das matérias-primas	12
2.1.1 Processo via úmida.....	12
2.1.2 Conformação	14
2.1.4 Esmaltação	16
2.1.5 Queima	18
2.1.6 Classificação e embalagem	19
2.2 PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS	20
2.2.1 Principais fontes e tipos de emissões de poluentes atmosféricos na indústria cerâmica.....	23
2.3 EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS ..	24
2.3.1 Mecanismo de coleta	25
2.3.2 Fatores determinantes na escolha do equipamento de controle de poluição	26
2.3.3 Filtros de magas	28
2.3.4 Lavadores de gases.....	32
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 Resultados e médias obtidos no ATM 01	39
4.2 Resultados e médias obtidos no ATM 04.....	40
4.3 Cálculo de eficiência dos equipamentos de controle de emissão atmosférica	41
4.3.1 ATM 01	41
4.3.2 ATM 04	41
5 CONCLUSÃO.....	43

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 44

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade industrial, o crescimento econômico sempre esteve acompanhado de um consumo equivalente de recursos materiais, em particular dos insumos energéticos. A implantação de técnicas de produção e um modelo de consumo exacerbado, trouxeram ao mundo um cenário de grande impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente (MAGRINI, 2001).

No setor cerâmico os principais problemas de emissões atmosféricas estão relacionados às emissões de material particulado rico em metais e outros poluentes inorgânicos. A geração de material particulado está associada ao transporte inadequado da argila em caminhões sem lonas ou coberturas; à armazenagem da argila fora de silos ou galpões; à preparação da massa cerâmica (principalmente na via seca) e nos processos de moagem, peneiramento, atomização (na via úmida) e, na secagem. Outras fontes de material particulado são a preparação do esmalte, em suas fases de mistura, moagem e aplicação por spray, e as operações de decoração, queima e acabamento das peças (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006).

Segundo Kieckbusch e Lopes (2005), a indústria catarinense de revestimentos cerâmicos se concentra, principalmente, nos municípios ao entorno de Criciúma, no sul do Estado de Santa Catarina. Os produtores desta região destacaram-se nos anos 90 devido aos investimentos realizados em tecnologia de produção. Os investimentos enfocaram o aumento da qualidade dos produtos, com investimento em bens de capital e nas certificações ISO, buscando atingir classe consumidora de poder aquisitivo maior através de maior valor agregado aos produtos. Foram desenvolvidas tecnologias gerenciais que visaram à redução de retrabalho e a diminuição dos resíduos gerados pelo processo produtivo.

No pólo de Criciúma se concentram as maiores empresas nacionais, que têm como estratégia competitiva, o design, a qualidade e a marca, fabricando revestimento cerâmico através do processo de via úmida. As 17 empresas da região são responsáveis por cerca de 23% da produção total brasileira (CONSTANTINO et al, 2006).

As diferenças das características técnicas, estéticas, de custos e nas estratégias comerciais, influenciaram a configuração da indústria cerâmica e a

utilização de materiais diversificados e produtos diferenciados e superiores em relação a qualidades intrínsecas conflitam com aspectos ambientais (BLASCO, 1997).

O conhecimento da melhor tecnologia para tratamento das emissões atmosféricas oriundas dos atomizadores é um importante dado para a gestão ambiental, e um importante indicador de sustentabilidade para a indústria cerâmica, que com o passar dos anos se dedica cada vez mais para minimizar os seus impactos ambientais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar qual o equipamento de controle de emissões atmosféricas que possui melhor eficiência, para a indústria cerâmica que utiliza o processo de produção via úmido nos atomizadores.

1.1.2 Objetivos específicos

- Apresentar os principais equipamentos de controle de emissões atmosférica para a indústria cerâmica;
- Avaliar os laudos de amostragem isocinética em chaminé das emissões atmosféricas de atomizadores com sistema de controle por meio de filtro de mangas e lavador de gases.
- Avaliar qual dos dois sistemas possuem melhor eficiência perante a legislação ambiental vigente.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente um dos grandes impactos ambientais ocasionados pela indústria cerâmica que utiliza o processo de via úmida são as emissões atmosféricas oriundas dos atomizadores (spray dryer), sendo o material particulado o principal poluente gerado em tal processo.

A empresa objeto deste estudo utiliza dois sistemas de controle de emissões atmosféricas para tratar as emissões oriundas dos atomizadores. Esses dois sistemas consistem em:

1. Via seco que são os filtros de mangas;
2. Via úmido que são os lavadores de gases.

Em razão da empresa possuir esses dois sistemas de controle de emissões atmosférica em suas diversas unidades produtivas, o presente estudo procura esclarecer qual dos sistemas é o mais eficiente para a retenção de material particulado, sendo que em todas as plantas industriais da empresa é utilizado gás natural como combustível para os atomizadores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ETAPAS NA PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

A Figura 1 apresenta o fluxograma para a produção de revestimentos cerâmicos, mostrando todas as etapas do processo, bem como as entradas das matérias primas e energia, e as saídas dos efluentes, resíduos e emissões nas diversas fases do processo.

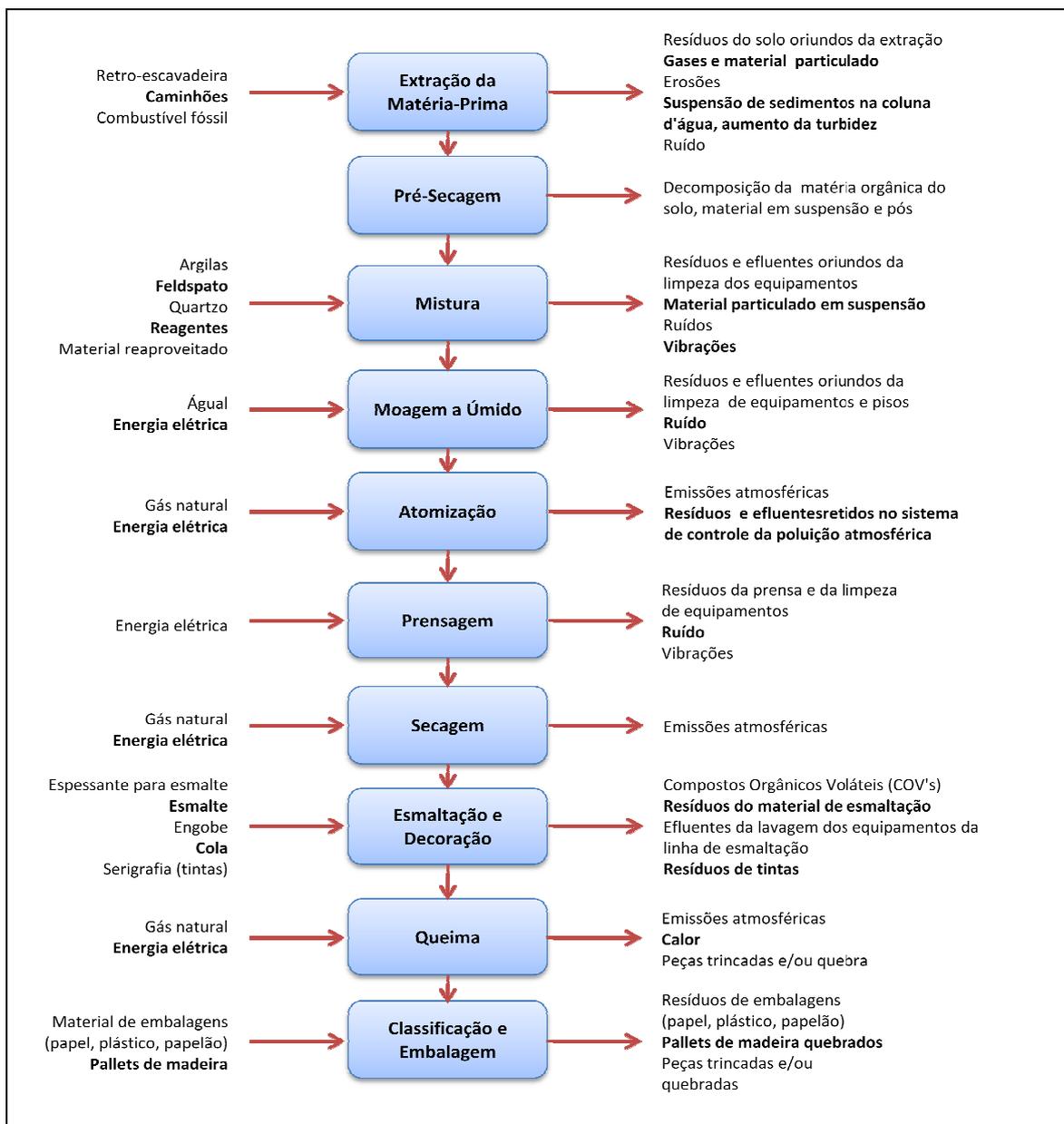


Figura 1 – Fluxograma do processo de produção de revestimentos cerâmicos.

Fonte: CETESB, 2006.

2.1.1 Preparação das matérias-primas

A preparação das matérias-primas consiste em uma série de operações, que vão desde a lavra seletiva, passando pela “blendagem”, até a homogeneização. Caso necessário faz-se o destorroamento, a secagem, a britagem ou pré-moagem. A figura 2.A, B e C mostram o início do processo para a produção dos revestimentos cerâmicos.

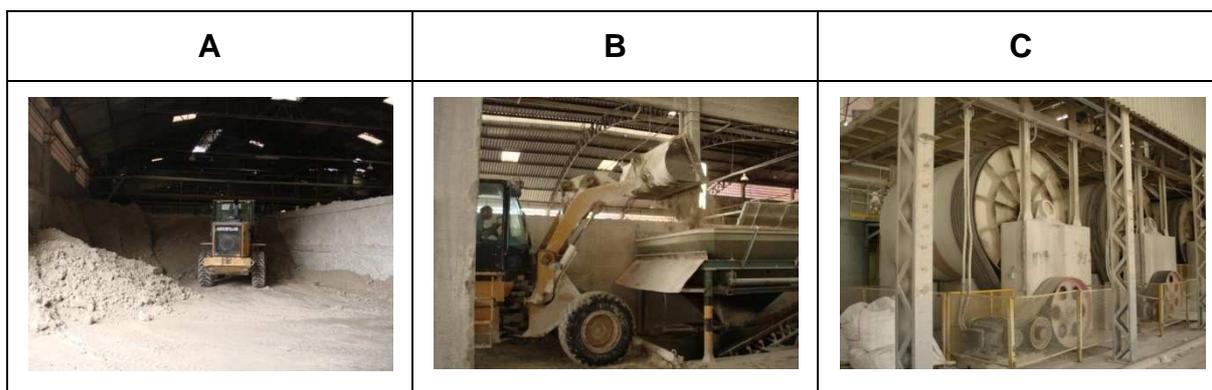


Figura 2 – A) Boxes das matérias-primas; B) alimentação dos moinhos e C) moagem dos corantes. Fonte: Acervo pessoal, 2011.

A pesagem da composição (argilas brancas, quartzo, talco, feldspatos sódicos e feldspatos potássicos) e a moagem (via úmida) têm, como um dos objetivos, a obtenção de um produto de composição homogênea, chamado de massa cerâmica.

2.1.1 Processo via úmida

É o processo mais utilizado no sul do Brasil, compreendendo operações de moagem a úmido, seguidas de secagem e granulação em “spray dryer”, conhecido por atomizador.

O processo inicia com a moagem via úmida das matérias-primas (Figura 3. A), composta por argilas brancas, quartzo, talco, feldspatos sódicos e potássicos. Paralelamente, são realizadas as moagens dos corantes, que servirão para colorir a massa base.

O processo de moagem permite a homogeneização e a redução do tamanho de partículas de um amplo espectro de matérias-primas. São empregados moinhos de bolas, podendo ser intermitentes ou contínuos, nos quais são utilizados como corpos moedores esferas de material cerâmico de alta alumina ou seixos rolados.

Ao final do processo de moagem, obtém-se uma suspensão aquosa das matérias-primas finamente moídas, chamada de barbotina, com conteúdo de água entre 30,00 e 40,00% em massa, dependendo do tipo de produto.

A barbotina é transferida para um tanque com agitação constante (Figura 3. B 5). A massa-base pode ser bombeada direto para o “spray dryer”, produzindo um granulado da cor original bege, que são armazenadas em silos diferentes por 24 horas, para a homogeneização da umidade.

O “spray dryer” ou atomizador (Figura 3. C) é responsável pela obtenção de um granulado bastante fluido.

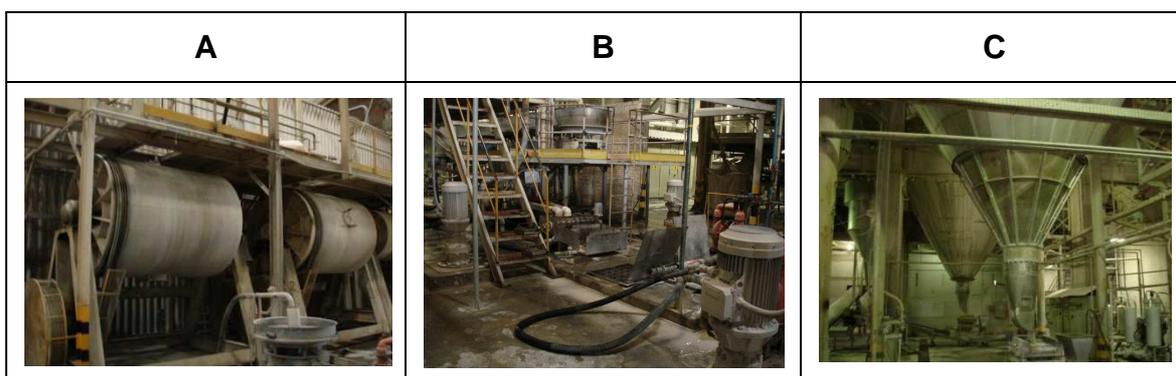


Figura 3 – A) Moagem da massa; B) tanque subterrâneo de barbotina (abaixo do piso da fábrica) e C) atomização. Fonte: Acervo pessoal, 2011;

O granulado obtido (Figura 4. A), com umidade controlada, assegura o enchimento ideal das cavidades das prensas. Este material é então armazenado em silos, através de correias transportadoras (Figura 4. B e C) para posterior conformação.

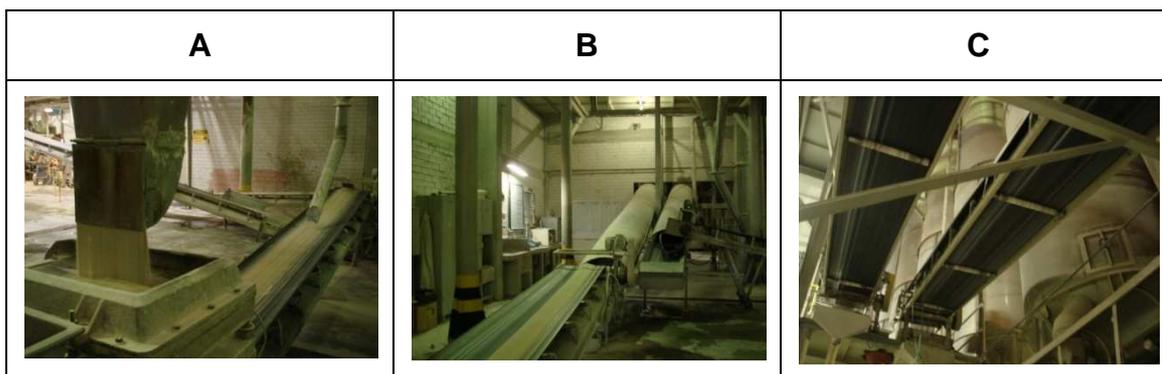


Figura 4 – A) Massa resultante após atomização (produto granulado); B) correia transportadora do produto granulado e C) silos de armazenamento do produto granulado. Fonte: Acervo pessoal, 2011.

A obtenção do pó atomizado consiste em injetar a barbotina em alta pressão (25 a 30 bar) e convenientemente nebulizada dentro de uma câmara de secagem, onde entra em contato com ar aquecido entre 500 e 600°C proveniente de um gerador de calor.

A evaporação da água se dá quase instantaneamente dado o elevado coeficiente de troca térmica causado pelo movimento vertiginoso, pela elevada área de superfície específica das gotas e pelo notável gradiente de temperatura entre o ar e a barbotina.

O contato das gotas de barbotina com as paredes do atomizador também favorece a formação de grânulos arredondados. O controle do equipamento (pressão e temperatura) e a seleção correta do diâmetro dos bicos (que dependerá das características da massa) são aspectos fundamentais para se obter um pó com umidade e distribuição granulométrica adequada para a prensagem.

2.1.2 Conformação

Cada tipologia de produto possui uma massa específica, ou seja, se produz uma massa para o piso, uma para o azulejo e outra para o porcelanato. Cada produto apresenta características técnicas definidas por padrões e normas nacionais e internacionais.

Definido o tipo de produto, as distintas massas são conduzidas às prensas para a conformação das peças (Figura 5. A). A conformação do pó atomizado que dá forma aos corpos cerâmicos é realizada com auxílio de prensas hidráulicas (Figura 5. B).

O pó atomizado que chega à prensa apresenta umidade variável entre 4,00 a 7,00% e é comprimido entre duas superfícies, sendo uma móvel (punção) e a outra fixa (estampo), com pressões específicas entre 20,00 e 40,00 mPa (megaPascal). A pressão é variável em função do tamanho da peça cerâmica ou do tipo de produto (Fonte: Eliane S/A, 2011).

A pressão faz com que ocorra um rearranjo e uma parcial deformação dos grãos, permitindo uma elevada compactação do corpo prensado.

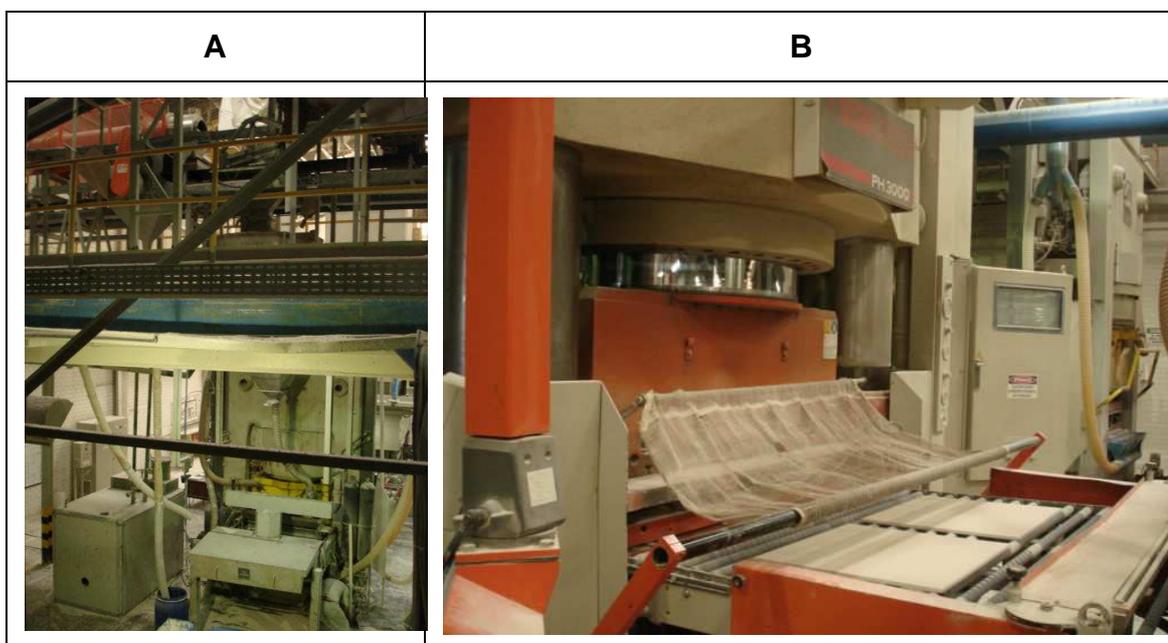


Figura 5 – A) Carro alimentador da prensa e B) recolhedor da prensa hidráulica. Fonte: Acervo pessoal, 2011.

2.1.3 Secagem

Depois de prensadas, as peças vão, de forma contínua, para o secador a rolo, onde o ciclo total perfaz 60 minutos, numa temperatura de aproximadamente 120°C (Figura 6. A).

Nessa etapa do processo o objetivo é reduzir a umidade necessária para que a queima do material seja realizada em tempos aceitáveis industrialmente e, no caso da monoqueima, também para aumentar a resistência da peça cerâmica.

Os secadores mais usados atualmente, sobretudo após o advento da monoqueima produzida em ciclos rápidos, são chamados “secadores rápidos”, com concepção vertical (Figura 6. B) e horizontal.

Nesses secadores rápidos, as peças cerâmicas são dispostas em uma única camada, dito monoestrato (Figura 6. C), que através de correias transportadoras são levados até as jangadas (balancins de grade) ou sobre rolos (balancins de rolo), com notável aumento da superfície de troca térmica.

Tais secadores são dotados de um gerador autônomo de calor, que permite variar as condições térmicas e higrométricas do ar de secagem.

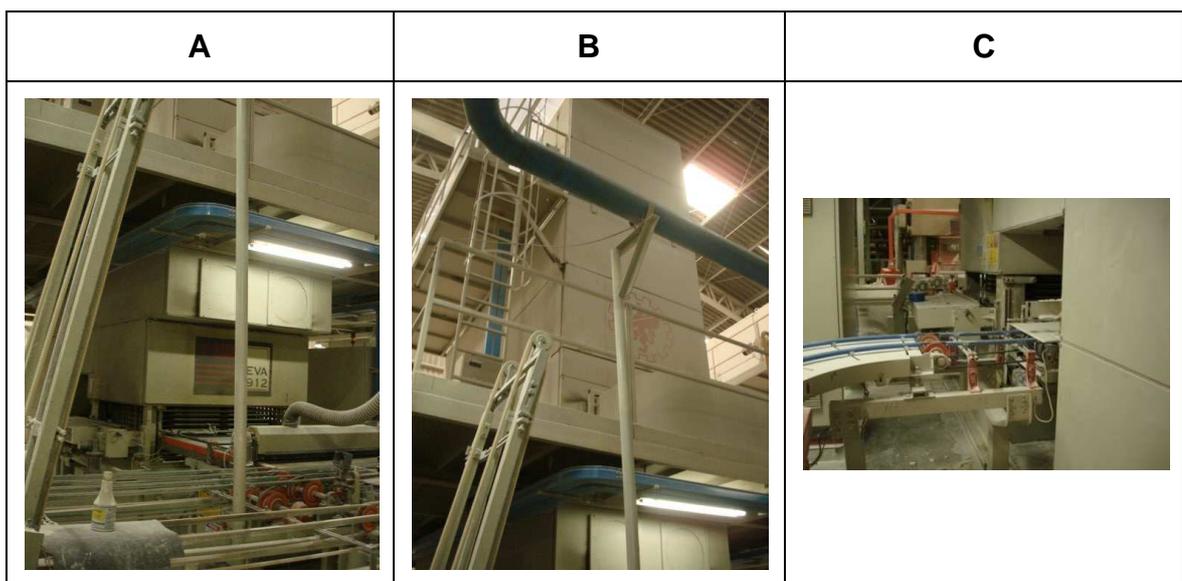


Figura 6 – Aspectos da etapa de secagem: A) entradas das peças no secador; B) secador e C) saída das peças do secador. Fonte: Acervo pessoal, 2011.

2.1.4 Esmaltação

Após secagem as peças são encaminhadas a linha de esmaltação para serem esmaltadas e decoradas, porém antes desse processo existe duas etapas anteriores que são a preparação de esmalte e a preparação de tintas.

De acordo com Blasco (1992), o processo de esmaltação consiste na aplicação de camadas de esmalte que recobrem a superfície da peça. Este tratamento é realizado para conferir ao produto, após a queima, uma série de propriedades técnicas e estéticas, tais como:

- Impermeabilidade;
- Facilidade de Limpeza;
- Brilho;
- Cor;
- Textura;
- Resistência Química e Mecânica.

A aplicação dos esmaltes nos biscoitos é realizada na linha de esmaltação através de serigrafias, véu campana (Figura 7. A, B e C), que faz com que o esmalte caia sobre o biscoito em forma de cascata; e pelas cabines de esfumatura, onde o esmalte é aplicado sobre pressão.

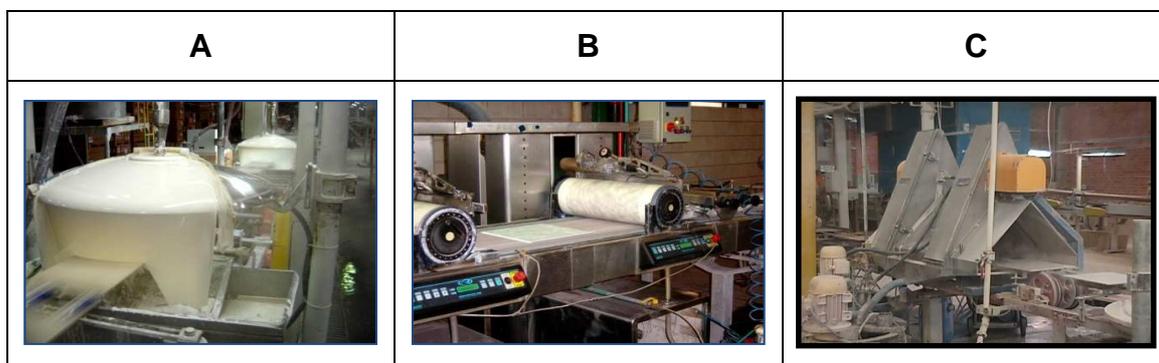


Figura 7 – A) Véu campana; B) Rotocolor e C) cabine de disco de esmalte.
Fonte: Acervo pessoal, 2011.

Esta etapa do processo gera uma considerável quantidade de efluentes líquidos, pois a água é utilizada para lavar os equipamentos das linhas de esmaltação e o local de trabalho, sempre que ocorrer mudança de especificação do produto, objetivando evitar a contaminação com resíduos de esmaltes de cores diferentes.

2.1.4.1 Preparação de esmalte

A preparação dos esmaltes consiste num processo de moagem de materiais inorgânicos, constituídos de metais e semi-metálicos em moinhos de bolas onde são adicionadas água e material dispersante. A suspensão de esmaltes cerâmicos obtida pode sofrer adição de corantes.

Esta etapa produz uma grande quantidade de efluentes líquidos, pois todos os equipamentos, tanques e o local de trabalho precisam ser lavados para evitar contaminação no processo, a qual pode descaracterizar esteticamente o produto.

2.1.4.2 Preparação de tintas

O processo de preparação de tintas consiste em misturar produtos inorgânicos (corante, esmaltes micronizados, etc) e orgânicos (veículo) na fabricação de tintas para decoração da superfície das peças cerâmicas. De maneira similar ao processo anterior, também há nesta etapa a geração de efluentes líquidos.

2.1.5 Queima

Por intermédio da queima nos diferentes processos de fabricação, os produtos cerâmicos adquirem características mecânicas adequadas a diferentes utilizações específicas e correspondentes propriedades de inércia físico-química.

Essas características são obtidas através das complexas transformações físicas e químicas que ocorrem durante o processo de queima.

Nos dias de hoje utilizam-se basicamente fornos rápidos a rolo, sobre os quais as peças cerâmicas são dispostas diretamente em uma única camada, conhecido por monoestrato (Figura 8. A).

Esses fornos (Figura 8. B) são utilizados mundialmente na produção de peças cerâmicas pelo processo de monoqueima, incluindo piso tradicional, azulejos conhecidos por monoporosa e o porcelanato. Esses equipamentos aos poucos foram substituindo os velhos e lentos fornos-túneis utilizados para a

produção pelo processo de biqueima, dos quais muito poucas unidades encontram-se atualmente em atividade.

Ao sair do secador, as peças vão, através de correias, direto ao forno, onde ocorre a sinterização do produto, passando por várias zonas de queima, para Ferrari (2000) é de aproximadamente 1200°C, num ciclo de 50 minutos (Figura 8. C).

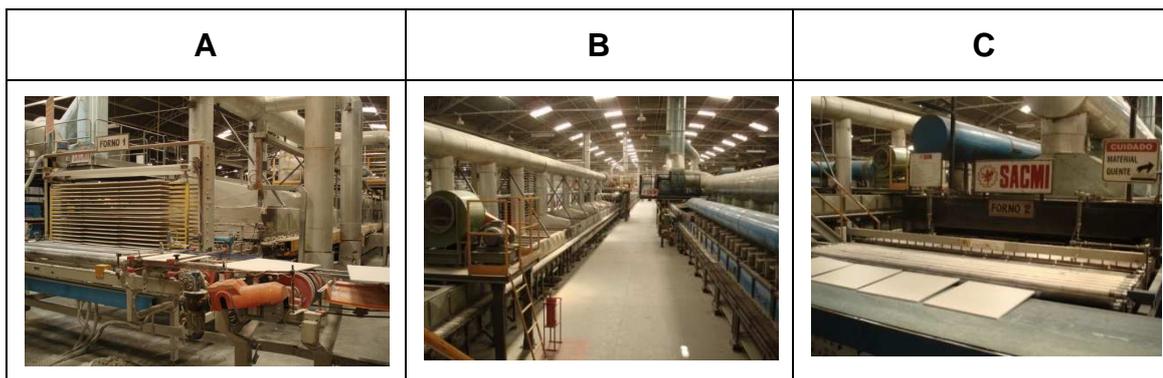


Figura 8 – A) Entrada do forno, B) aspecto geral dos dois fornos da empresa e C) saída do forno. Fonte: Acervo pessoal, 2011.

2.1.6 Classificação e embalagem

Após o processo de queima os revestimentos cerâmicos são transportados através de correias diretamente da saída do forno para a linha de classificação onde é realizado a classificação visual e automática, sendo em seguida embalados como mostram as Figuras 9. A e B.



Figura 9 – A) Etapa de classificação e B) encaixotamento.

As caixas são colocadas de acordo com a tonalidade e qualidade em pallet's de madeira que são transportados através de empilhadeiras ao estoque para posterior carregamento.

2.2 PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Pode-se dizer que existe poluição no ar quando ele contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para causar danos em seres humanos, em animais, em vegetais ou em materiais. Esses danos podem advir também de parâmetros físicos, como, por exemplo, o calor e o som (BRAGA et al, 2005).

Essas concentrações dependem do clima, da topografia, da densidade populacional, do nível e do tipo de atividades industriais locais.

De acordo com BRAGA et al, 2005, os poluentes são classificados em primários e secundários. Os primários são aqueles lançados diretamente no ar. São exemplos de poluentes primários o dióxido de enxofre (SO_2), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e alguns particulados, como a poeira. Os secundários formam-se na atmosfera por meio de reações que ocorrem em razão da presença de certas substâncias químicas e de determinadas condições físicas, como, por exemplo, o SO_3 (formado pelo SO_2 e O_2 no ar) reage com o vapor de água para produzir o ácido sulfídrico (H_2SO_4), que precipita originando a chuva ácida.

BRAGA et al, 2005, elaborou uma lista com os principais poluentes do ar e as suas fontes de emissão:

- *Monóxido de Carbono (CO)* – composto gerado nos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis e outros materiais que contenham carbono em sua composição.
- *Dióxido de Carbono (CO_2)* – é o principal composto resultante da combustão completa de combustíveis fósseis que contenham carbono, além de ser gerado no processo de respiração aeróbia dos seres vivos, que utilizam o oxigênio para poder liberar a energia presente nos alimentos que são ingeridos.

- *Óxido de Enxofre (SO₂ e SO₃)* – são produzidos pela queima de combustíveis que contenham enxofre em sua composição, além de serem gerados em processos biogênicos naturais, tanto no solo quanto na água.
- *Óxido de Nitrogênio (NO_x)* – considerando-se que a maior parte dos processos de combustão ocorre na presença de oxigênio, o mais comum é utilizar oxigênio presente no ar para realizar esses processos e, já que no ar o composto mais abundante é o nitrogênio, então, verifica-se que a principal fonte dos óxidos de nitrogênio são os processos de combustão, além de ele poder ser gerado por processos de descargas elétricas na atmosfera.
- *Hidrocarbonetos* – são resultantes da queima incompleta dos combustíveis, bem como da evaporação desses combustíveis e de outros materiais como, por exemplo, os solventes orgânicos.
- *Oxidantes Fotoquímicos* – são compostos gerados a partir de outros poluentes (hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio), que gerados na atmosfera por meio da reação química entre esses compostos, catalisada pela radiação solar. Dentre os principais oxidantes fotoquímicos destacam-se o ozônio e o peróxido-acetil nitrato (PAN).
- *Material Particulado* – no caso de poluição atmosférica, entende-se por material particulado as partículas de material sólido e líquido capazes de permanecer em suspensão, como é o caso da poeira, da fuligem e das partículas de óleo, além do pólen. Esses contaminantes podem ter origem nos processos de combustão (fuligem e partículas de óleo) ou, então, ocorrem em consequência dos fenômenos naturais, como é o caso da dispersão do pólen ou da suspensão de material particulado em razão da ação do vento.
- *Asbestos (amianto)* – é um tipo de material particulado, que produz graves problemas de saúde associados à sua presença na atmosfera, sendo principalmente gerado durante a etapa de mineração do amianto ou, então, nos processos de beneficiamento desse material.

- *Metais* – também são um tipo de material particulado, associados aos processos de mineração, combustão de carvão e processos siderúrgicos.
- *Gás Fluorídrico (HF)* – composto gerado nos processos de produção de alumínio e fertilizantes, bem como em refinarias de petróleo. Normalmente são gerados em processos que operam a altas temperaturas e nos quais são utilizadas matérias-primas que contenham flúor na sua composição.
- *Amônia (NH₃)* – as principais fontes de geração de amônia são as indústrias químicas e de fertilizantes, principalmente aquelas à base de nitrogênio, além dos processos biogênicos naturais que ocorrem na água ou no solo.
- *Gás sulfídrico (H₂S)* – é um subproduto gerado nos processos desenvolvidos em refinarias de petróleo, indústrias químicas e indústrias de celulose e papel, em virtude da presença de enxofre na matéria-prima processada ou, então, nos compostos utilizados durante esse processamento. O gás sulfídrico também é produzido por processos biogênicos naturais.
- *Pesticidas e Herbicidas* – são compostos químicos (organoclorados, organofosforados e carbamatos) utilizados principalmente na agricultura para o controle de plantas daninhas e de pragas. As principais fontes desses tipos de contaminantes atmosféricos são as indústrias que os produzem, bem como os agricultores que fazem uso deles, pelos processos de pulverização nas plantações e no solo.
- *Substâncias Radioativas* – são materiais que possuem alguns elementos capazes de emitir radiação, ou seja, eles emitem energia na forma de partículas alfa, partículas betas e radiação gama. Em muitos casos, a energia emitida por essas substâncias é suficiente para causar danos aos seres vivos e aos materiais, em razão, principalmente, do rompimento de ligações químicas das moléculas que constituem o tecido vivo e a estrutura dos materiais. As principais fontes de substâncias radioativas para a atmosfera são os

depósitos naturais, as usinas nucleares, os testes de armamento nuclear e a queima de carvão.

- *Calor* – é uma forma de poluição atmosférica por energia que ocorre principalmente pela emissão de gases a alta temperatura para o meio ambiente, gases, esses, que são liberados, em sua maioria, nos processos de combustão.
- *Som* – a poluição sonora também se caracteriza pela emissão de energia para o meio ambiente, só que na forma de ondas de som, com intensidade capaz de prejudicar os seres humanos e outros seres vivos.

2.2.1 Principais fontes e tipos de emissões de poluentes atmosféricos na indústria cerâmica

Os principais problemas de emissões atmosféricas do setor cerâmico estão relacionados a geração de material particulado rico em metais e outros poluentes inorgânicos. O setor de atomização é o principal gerador desse poluente na indústria cerâmica no processo de via úmida.

Os compostos gasosos liberados durante a secagem e a queima são derivados principalmente dos compostos presentes nas matérias-primas. Entretanto, outra fonte considerável de poluentes gasosos é a queima de combustíveis durante o processo.

As principais emissões gasosas da indústria cerâmica são:

- Dióxido de enxofre e outros compostos de enxofre;
- Óxido de nitrogênio e outros compostos de nitrogênio;
- Monóxido de carbono e dióxido de carbono;
- Compostos orgânicos voláteis (COV's);
- Cloretos;
- Fluoretos;
- Metais.

As substâncias emitidas pelos atomizadores segundo OLIVEIRA, 2006, estão apresentadas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Substâncias e concentrações emitidas pelo atomizador

Substâncias emitidas	Concentração (mg/m³)
Particulados	150 - 1.500
No _x como NO ₂	3 – 15
CO	1 – 15
Cloretos como HCL	1 – 5
Boro	<0,3
Chumbo	<0,15
CO ₂	1,5 - 4,0%vol.

Fonte: EIPPCB (2004)

2.3 EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

De acordo com CLEZAR, 2009, os equipamentos de controle de poluentes atmosféricos, destinados a reter o contaminante após se capturado junto à fonte geradora, têm a sua utilização justificada por vários motivos, destacando-se:

- Evitar a poluição atmosférica próxima às indústrias que geram ou transportam materiais particulados, gases ou vapores.
- Evitar o risco de fogo, no caso de o contaminante ser inflamável, ou contaminação, no caso de o contaminante ser tóxico.
- Recuperação do material particulado, gás ou vapor, no caso de apresentarem valor econômico.
- Separação e classificação granulométrica do material particulado gerado, com o intuito de se diminuir custos de transporte, como, por exemplo, no transporte pneumático, correias transportadoras, elevadores de caneca, etc.
- Reutilização de ar previamente tratado, como por exemplo, em salas limpas, transporte pneumático de materiais higroscópico, etc.
- Evitar o desgaste do sistema por abrasão pela retenção de particulados grandes.

2.3.1 Mecanismo de coleta

A separação e a coleta dos contaminantes da corrente de ar podem ser obtidas por ações físicas, químicas ou ainda pela combinação de ambas, dependendo do processo envolvido (CLEZAR, 2009). Ainda que o processo de coleta possa envolver mais de uma ação simultaneamente, é apresentada a seguir uma relação de ações individuais mais relevantes no processo de separação (CLEZAR, 2009).

- Filtragem: nos coletores que fazem uso da ação de filtragem, a separação pode ocorrer por três mecanismos distintos:
 1. Impactação inercial: devido a sua massa, as partículas têm movimento inercial suficiente para se mover contra a estrutura fibrosa do coletor, sendo então capturado.
 2. Interceptação: este mecanismo depende apenas do tamanho das partículas, ou seja, somente que estiverem numa linha de fluxo, distante de uma fibra a menos da metade do diâmetro da partícula, serão capturadas pela estrutura fibrosa do coletor.
 3. Difusão: devido ao movimento browniano, as partículas com diâmetro inferior a $1\mu\text{m}$ incidirão sobre a estrutura fibrosa do coletor.

São exemplos de coletores que utilizam a ação de filtragem, os filtros de mangas e os filtros de panos.

- Inércia: a separação ocorre devido à variação brusca da quantidade de movimento linear das partículas de contaminantes. Como exemplos de coletores inerciais, podem ser citados os ciclones e as câmaras inerciais.
- Gravidade: a separação ocorre por sedimentação devido ao peso das partículas de contaminante. Este é o mecanismo de separação das câmaras gravitacionais, também denominadas câmaras de sedimentação.
- Lavagem: o ar carregando o contaminante, particulado ou gasoso, é forçado através de uma nuvem de gotículas de água, ou de outro líquido, fazendo com que o contaminante fique retido nas gotículas. Os

lavadores ciclônicos e os lavadores Venturi são exemplos de coletores que utilizam este mecanismo de captura.

- Eletrostática: a aplicação de uma alta diferença de potencial elétrico no ar de transporte faz com que este se ionize. Os íons depositam-se nas partículas de contaminante carregando-as eletricamente, fazendo com que migrem em direção ao pólo de carga elétrica contrária, onde são capturadas. Os precipitadores eletrostáticos caracterizam um exemplo de utilização deste mecanismo.

2.3.2 Fatores determinantes na escolha do equipamento de controle de poluição

A seleção de um equipamento de controle de poluição atmosférica para um dado processo industrial nem sempre é uma tarefa fácil, tendo em vista o grande número de parâmetros que influenciam nos mecanismos de coleta, bem como o grau de importância relativa destes parâmetros para um mesmo tipo de equipamento de controle de poluição. Assim, para o processo de seleção do equipamento CLEZAR (2009) elaboraram um rol de parâmetros e propriedades que podem influenciar nesta decisão. A importância relativa dos parâmetros fica na dependência do rigor da legislação pertinente às questões ambientais e os custos dos equipamentos, perante o desembolso financeiro que a empresa ou empreendimento terá disponibilidade de investir.

1. *Grau de purificação desejada*: está relacionado com as normas que regulamentam os níveis de poluição do ar em indústrias de processamento, com a qualidade do ar em salas limpas etc.
2. *Concentração, tamanho e distribuição granulométrica das partículas*: identificam os tipos de equipamentos de controle de poluição atmosférica para atingir uma dada eficiência de coleta de particulados.
3. *Propriedades físicas dos contaminantes*:
 - Viscosidade: influencia a potência requerida e provoca alterações na eficiência de coleta.

- Umidade: contribui para o empastamento das partículas sobre o equipamento de controle, acarreta problemas de corrosão e influencia a resistividade elétrica das partículas.
 - Densidade: é determinante na identificação do tipo, eficiência e tamanho do equipamento de controle de poluição.
4. *Propriedades químicas do contaminante*: são importantes quando existe a possibilidade de reação química entre o fluxo de transporte, material coletado e os materiais de fabricação do equipamento de controle de poluição.
5. *Condições do ar de transporte*:
- Temperatura: influencia o volume do ar de transporte, a especificação dos materiais de construção e o tamanho do equipamento de controle de poluição. Também está relacionada com as propriedades físicas (viscosidade, densidade) e químicas (adsorção, solubilidade) do ar de transporte.
 - Pressão: influencia a escolha do tipo e tamanho do equipamento de controle, agindo, também, sobre a perda de carga admissível através do mesmo.
 - Umidade: deverá ser observadas as mesmas considerações feitas para os contaminantes.
6. *Facilidade de limpeza e manutenção*: influencia a escolha do tipo de equipamento de controle e a frequência de interrupção do processo.
7. *Fator econômico*: tem influência na especificação do tipo e eficiência do equipamento de controle de poluição atmosférica.
8. *Método de eliminação do material coletado*: influencia a escolha do tipo e a capacidade do equipamento de controle.

Para a indústria cerâmica os equipamentos de controle mais utilizados seguindo as determinações acima são:

- Ciclones;
- Filtro de mangas;
- Lavadores de gases;
- Multiciclones.

A indústria cerâmica objeto desse estudo trabalha com lavadores de gases e filtros de mangas, por essa razão esses dois equipamentos de controle de poluição atmosféricas serão mais detalhados.

2.3.3 Filtros de magas

O processo de filtragem é um dos mais antigos métodos de remoção de partículas de um fluxo gasoso, apresentando altas eficiências para uma ampla gama de tamanhos de partículas.

Neste equipamento de controle de poluição, o fluxo gasoso com os contaminantes é forçado a passar por um meio fibroso confeccionado em tecido, denominado “manga”, pelo fato de seu formato lembrar uma manga de vestuário. Sendo que o gás atravessa os poros do tecido e as partículas, na sua maioria, ficam retidas na sua superfície, que de tempos em tempos tem que ser retiradas para evitar uma camada muito espessa, o que dificultará a passagem do gás, conseqüentemente aumentando a perda de carga (CLEZAR, 2009)..

Embora o tipo de tecido possa variar de fabricante para fabricante e de acordo com a aplicação e contaminante, é comum o emprego do tecido denominado “feltro agulha”, que apresenta grande eficiência de filtragem.

De acordo com LISBOA & SCHIRMER, 2007, no começo do processo de filtragem a coleta se inicia com a colisão das partículas contra as fibras no meio filtrante e sua posterior aderência às mesmas. À medida que o processo continua a camada de partículas coletadas vão aumentando tornando-se o meio de coleta. Após um determinado tempo de coleta, torna-se necessário a remoção das partículas coletadas, a fim de impedir a redução da eficiência de filtragem.

O mecanismo de limpeza das mangas consiste num jato pulsante de ar comprimido proveniente de um tubo de Venturi acoplado ao topo de cada manga, onde o jato de ar percorre toda a extensão da manga, expandindo-a fazendo com que a camada aderida ao tecido se desprenda do mesmo, como mostra a Figura 10.

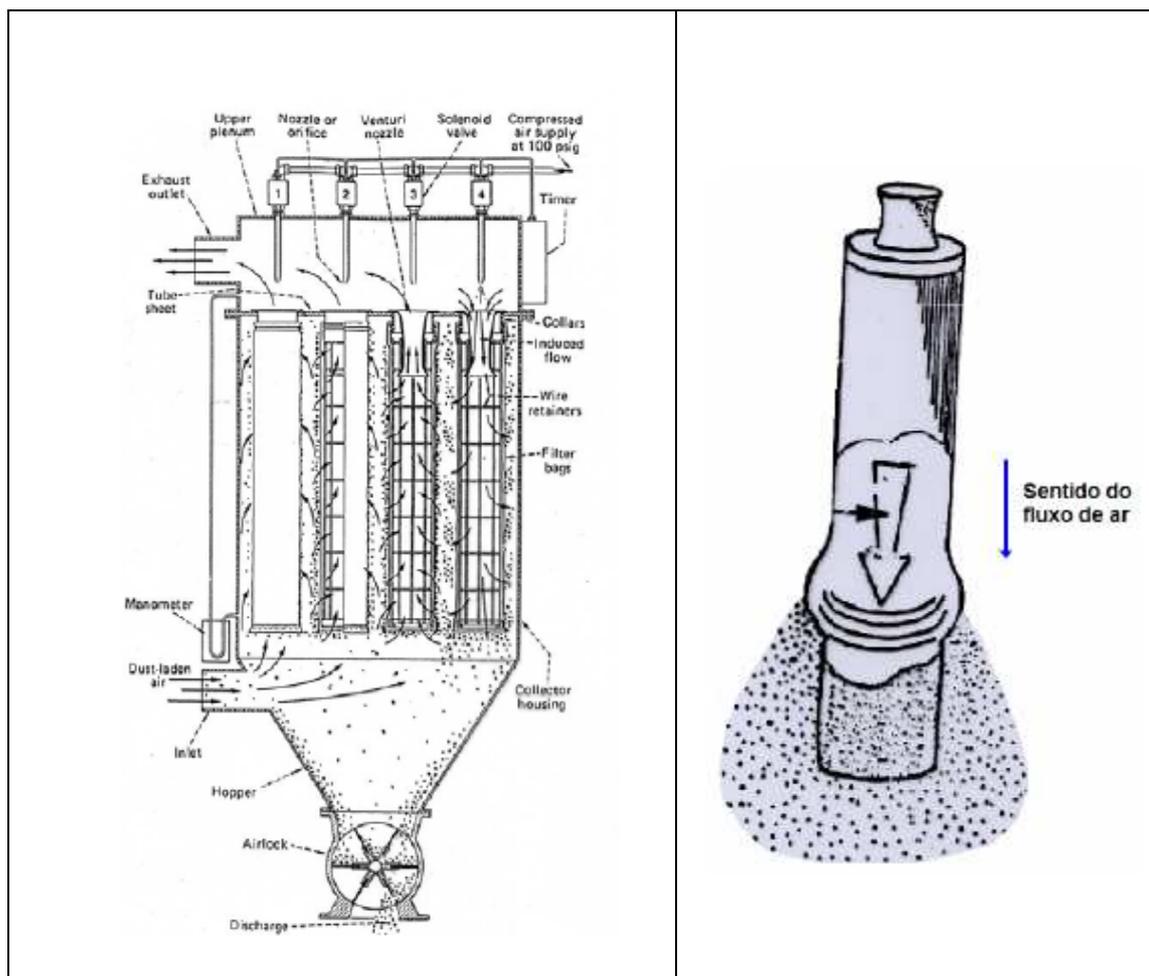


Figura 10 – Filtro de mangas com sistema de limpeza por jato pulsante.

Fonte: LISBOA & SCHIRMER, 2007.

O ar normalmente penetra no filtro de mangas pela parte interna, como mostra a Figura 11, o ar poluído é empurrado de fora para dentro, deixando o material particulado aderido à parede externa da manga. Para que não ocorra estrangulamento das mangas as mesmas possuem uma estrutura metálica de suporte.

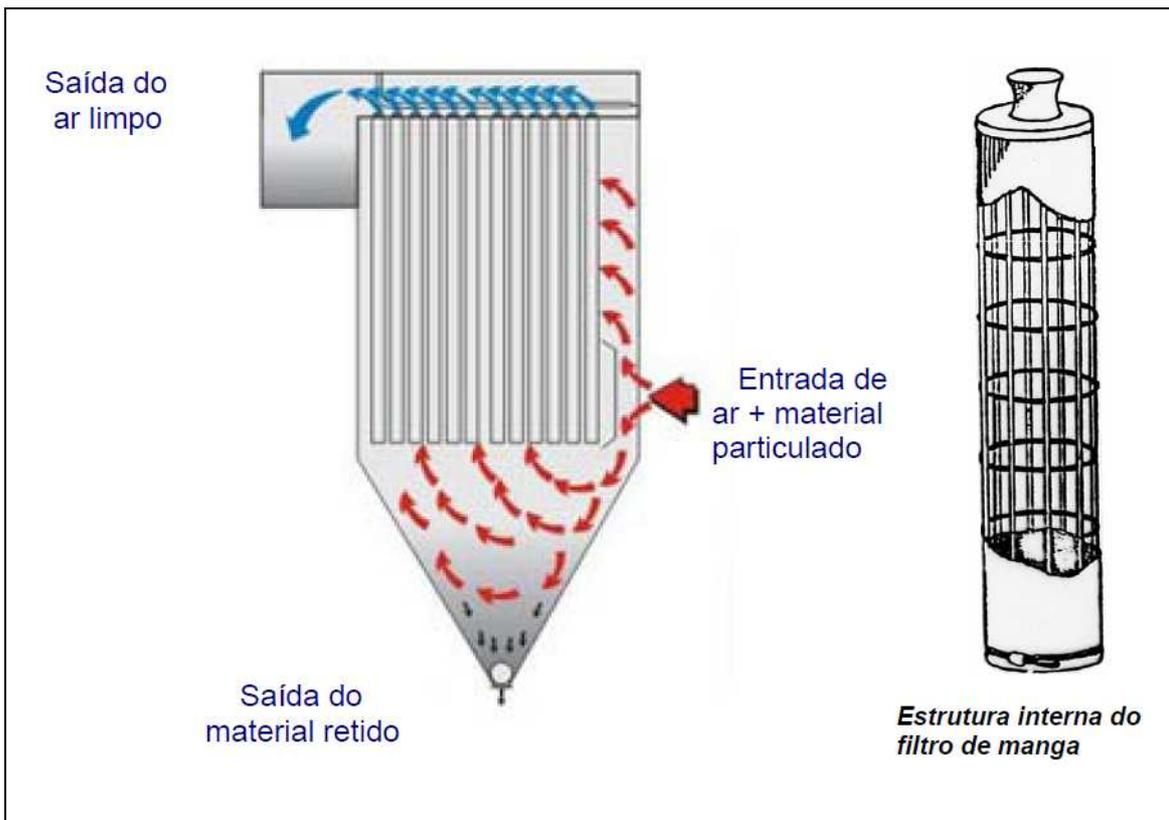


FIGURA 11 – Fluxo de ar e a estrutura interna do filtro de manga.

Fonte: LISBOA & SCHIRMER, 2007.

Para LISBOA & SCHIRMER, 2007, um fator importante é a escolha do meio filtrante a ser utilizado, pois dependerá das características do gás transportado, como, temperatura, umidade, alcalinidade e acidez. Também dependerá das características das partículas a serem filtradas (concentração, distribuição de tamanhos e abrasividade) do custo e da disponibilidade do mercado. A Tabela 2 as características dos meios filtrantes mais usuais disponíveis no mercado de filtros de mangas.

Tabela 2 – Materiais de tecidos usados em filtros industriais.

Fibra	Temperatura de fusão °C	Temperatura máxima de operação contínua	Resistência a ácidos	Resistência a álcalis	Resistência à abrasão e flexão
Algodão	Decompõe a 150	82 °C	Ruim	Muito boa	Muito bom
Creslon	246	121°C	Bom em ácidos minerais	Bom em álcalis fracos	Bom a muito bom
Dacron	250	135°C	Bom para a maior parte dos ácidos minerais. Dissolve em H ₂ SO ₄	Bom para álcalis fracos. Razoável em fortes	Muito bom
Dynel	162	71°C	Pouco efeito mesmo em alta concentração	Pouco efeito mesmo em alta concentração	Razoável a bom
Fiberglass	798	237°C	Razoável a boa	Razoável a boa	Razoável
Fibra de vidro	800		Razoável a boa	Razoável a boa	Razoável
Lã	300	93°C	Muito boa	Ruim	Razoável a bom
Nilon G.G.	250	93°C	Razoável	Excelente	Excelente
Niomex	257	218°C	Bom	Excelente a baixas temperaturas	Excelente
Orlon	250	126°C	Boa a excelente em ácidos minerais	Razoável para álcalis fracos	Bom
Poliéster HT-1	371	204°C	Melhor que Oniton, pior que Orlon e Dracon	Não tão boa quanto o Nylon, melhor que o Orlon e Dracon	Bom
Poliamida	250		Razoável	Excelente	Excelente
Polipropileno	167	93°C	Excelente	Excelente	Excelente
Teflon	Decompõe a 400	260°C mas emite gases tóxicos a 232°C	Inerte, exceto a flúor	Inerte exceto a cloro e flúor (tri) e metais alcalinos fundidos	Razoável

Fonte: LISBOA & SCHIRMER, 2007.

O material das mangas utilizado no filtro objeto deste trabalho é o Poliéster HT – 1, devido a sua capacidade de operar continuamente com temperatura de 200°C.

2.3.3.1 Usos, vantagens e desvantagens

Usos:

- Coletor final de partículas de todos os tamanhos, inclusive submicrômicas, exceto partículas adesivas;

Vantagens:

- Proporciona altas eficiências de coleta, chegando a mais de 99,9%;
- Pouco sensível a flutuação de vazão e concentração;
- Coleta a seco possibilitando a recuperação fácil do material;
- Não apresenta problemas de resíduos líquidos;
- Manutenção simples;
- Operação simples;
- Perda de carga e custo de operação moderados;
- Vida útil longa, chegando 20 anos.

Desvantagens:

- Temperatura máxima restringida pelo material da manga;
- Custo de manutenção alto;
- Pode requerer tratamento especial das mangas para determinadas aplicações;
- Espaço requerido razoável especialmente no caso de limpeza por fluxo reverso;
- Localização das mangas furadas relativamente difícil;
- Não pode ser utilizado em condições onde haja condições de condensação de umidade.

2.3.4 Lavadores de gases

São equipamentos de controle de poluição atmosférica que utilizam a ação de lavagem, ou seja, o gás com o contaminante deve entrar em contato íntimo com o líquido lavador, sendo o contaminante agregado ao líquido por impactação inercial ou pelo processo de absorção, no caso de contaminantes gasosos (LISBOA & SCHIRMER, 2007).

Este contato íntimo é conseguido fazendo-se o fluxo gasoso passar em contra-corrente através das gotículas de líquido, obtidas por processo de

nebulização, ou ainda por meio do incremento da superfície de contato do líquido com o auxílio de material de enchimento.

Os lavadores de gases apresentam elevados índices de eficiência, e também são apropriados para a retenção de particulados finos. Existe diversos tipos de lavadores de gases, abaixo são citados os mais usuais:

- Câmara de spray gravitacional;
- Coletores dinâmicos úmidos;
- Lavadores ciclones de spray;
- Torres de enchimento;
- Lavadores de impactação;
- Lavadores auto-induzidos;
- Lavador Venturi.

Para LISBOA & SCHIRMER, 2007, um parâmetro importante de se avaliar nos lavadores de gases é a quantidade de água utilizada, a qual usualmente é expressa em termos de razão líquido-gás. Tal parâmetro determina a quantidade de água a ser utilizada em função do volume de gás tratado. A Tabela 3 apresenta os principais parâmetros operacionais para alguns tipos de lavadores, como velocidade do gás e perda de carga. Outra classificação destes equipamentos baseia-se na forma de contato partícula/líquido absorvente. Neste caso, pode-se citar os lavadores do tipo câmara de aspersão (spray) gravitacional, ciclones de aspersão, dinâmicos úmidos, de impactação ou de orifício, Venturi e torre de enchimento.

Tabela 3 – Principais parâmetros operacionais de alguns lavadores.

Tipo de Lavador	Velocidade do gás (cm/s)	Perda de carga cm H₂O	Razão líquido/gás (l/m³)	Eficiência para partículas <2µm
Câmara de spray gravitacional	90 a 150	2,5	0,3 a 2	Baixa
Ciclônico	100 a 250	6 a 15	0,4 a 0,7	Média
Auto induzido	1.500 a 10.000	10 a 25	1,3 a 5,3	Média
Venturi	6.000 a 18.000	25 a 250	0,3 a 1,3	Alta

Fonte: CETESB, 1987.

O mecanismo de coleta predominante no caso de lavadores de gases para controle de Material Particulado é a impactação inercial. Outros mecanismos são a força centrífuga, no caso de lavadores centrífugos, e a força gravitacional. A impactação em lavadores ocorre principalmente entre as partículas e as gotas de líquido. (CETESB, 1987).

No presente trabalho será apresentado o funcionamento e características do sistema de controle de emissões por meio do lavador de gases tipo Venturi. Isso é justificado pelo fato desse mecanismo ser utilizado na cerâmica objeto deste estudo, sendo que as amostragens de poluentes atmosféricos foram realizadas em tal equipamento.

2.3.4.1 Lavador Venturi

Os lavadores do tipo Venturi são também chamados de “lavadores gás-atomizador”. Nesse tipo de lavador de gases, o contato entre o gás e o líquido dá-se por meio de nebulização da água no caminho do fluxo de ar (contaminado). Assim, funcionam apenas como aglomeradores do material particulado, necessitando, portanto, de um equipamento em série que colete este material (LISBOA & SCHIRMER, 2007). O lavador Venturi situa-se entre os mais usados pela indústria cerâmica, dada a sua elevada eficiência. Além disso, requer pouco espaço de instalação sendo ainda de fácil operação. A Figura 12 apresenta o lavador Venturi.

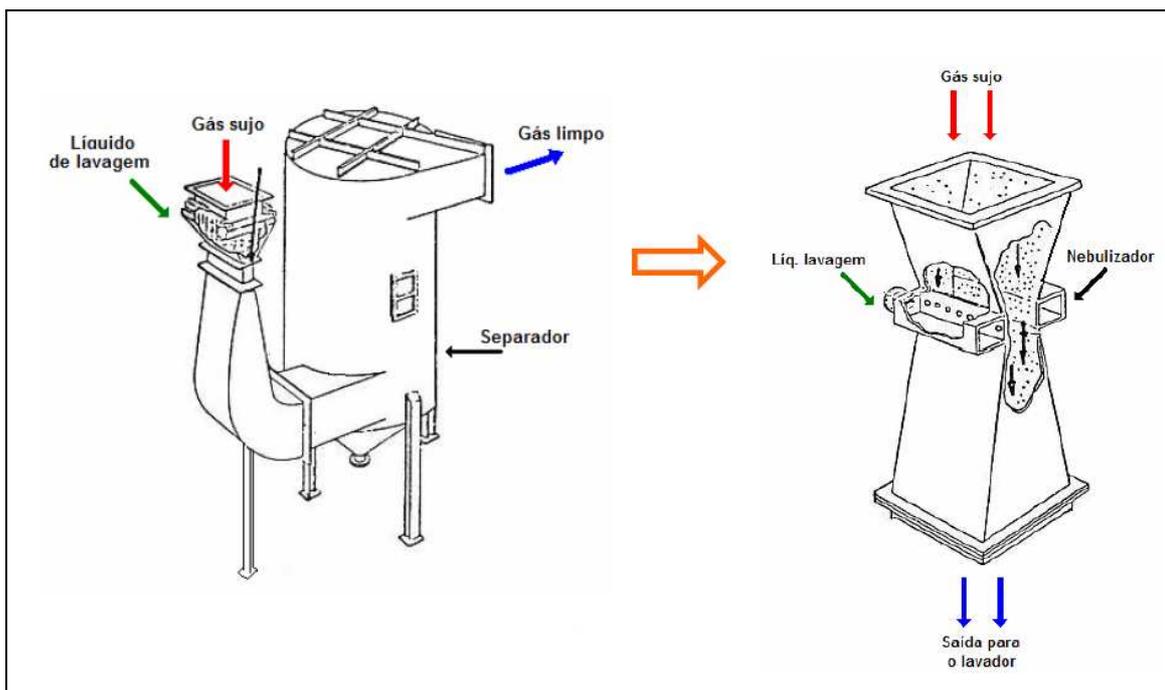


Figura 5 – Lavador Venturi acoplado a um separador ciclônico.

Fonte: LISBOA & SCHIRMER, 2007

O lavador Venturi é um equipamento que necessita ter em série um equipamento que coletará as partículas que tiverem o seu tamanho aumentado ao passar pela garganta do Venturi. Nota-se, portanto, que o Venturi age como um aglomerador de partículas. O equipamento de coleta final em geral é um coletor ciclônico que separará as gotas e as partículas do fluxo gasoso. O Venturi é um equipamento de coleta de uso bastante difundido pela alta eficiência de coleta que o mesmo pode atingir, pela sua simplicidade operacional e por ser um sistema compacto (CETESB, 1987).

2.3.4.2 Vantagens e desvantagens do lavador de gás Venturi

Vantagens:

- Podem ser utilizados em gases a altas temperaturas;
- Podem ser utilizados para coleta de partículas adesivas;

- Não há restrições de utilização quanto à umidade do efluente a ser tratado;
- Em geral, podem controlar tanto as emissões de gases quanto as de partículas;
- Podem ser conseguidas altas eficiências de coleta.

Desvantagens:

- Apresentam alta perda de carga quando se necessita alta eficiência de coleta, o que implica em custo operacional mais alto;
- Descarregam gases tratados úmidos o que implica em uso de materiais resistentes à corrosão;
- Necessitam do uso de materiais resistentes à corrosão no lavador;
- Possível formação de pluma visível proveniente da condensação da umidade contida nos gases;
- O material de coleta (resíduo sólido) está na forma úmida e em geral necessita tratamento adequado para sua reutilização e/ou disposição adequada;
- Necessita de uma estação de tratamento para os efluentes líquidos;
- Apresenta elevado custo operacional decorrente dos itens citados anteriormente.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para saber qual equipamento de controle de poluição atmosférica possui melhor eficiência para o tratamento das emissões atmosféricas emitidas pelos atomizadores (Spray Dryer) de uma indústria cerâmica, principalmente material particulado. Foram realizadas amostragens atmosféricas em dois atomizadores, um utilizando lavador de gases como equipamento de controle de poluição e o outro utilizando filtro de mangas. Os dois atomizadores avaliados nesse trabalho possuem o mesmo modelo, a mesma capacidade produtiva de massa atomizada e utilizam gás natural com combustível.

Para os atomizadores será utilizada a seguinte denominação:

- ATM 01 – equipamento que utiliza lavador de gases;
- ATM 04 – equipamento que utiliza filtro de mangas.

O equipamento de amostragem utilizado para realizar as amostragens atmosféricas, foi o Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos – CIPA da marca Energética e o método da CETESB L9.225 / L9.232.

As técnicas de coleta e análise foram baseadas nas seguintes metodologias:

- Norma CETESB L9.221 – Determinação dos pontos de amostragem;
- Norma CETESB L9.222 – Determinação da velocidade e vazão dos gases;
- Norma CETESB L9.223 – Determinação da massa molecular seca e excesso de ar no fluxo gasoso;
- Norma CETESB L9.224 – Determinação da umidade dos efluentes;
- Norma CETESB L9.225 – Determinação de emissões de material particulado;
- Norma CETESB L9.228 – Determinação de Dióxido de Enxofre, Névoas de Ácido Sulfúrico e Trióxido de Enxofre;
- Norma CETESB L9.229 – Determinação de Óxidos de Nitrogênio (como NO₂).

As amostragens de emissões atmosféricas utilizadas nesse trabalho foram realizadas pelo Instituto Catarinense de Pesquisa – IPC, através da sua Divisão de Poluentes Atmosféricos – DPA, no ano de 2010 em uma indústria de revestimentos cerâmicos de Santa Catarina.

Para realização do cálculo da eficiência entre os resultados obtidos nas amostragens para o parâmetro material particulado nos dois equipamentos, será utilizado a seguinte fórmula:

$$n_{(\%) = \frac{100(A - B)}{A}}$$

Onde,

A = 110mg/Nm³ (Padrão utilizado para Fundação do Meio Ambiente – FATMA, para emissão de material particulado)

B = Resultado do valor da emissão de material particulado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados e médias obtidos no ATM 01

Os resultados da amostragem atmosférica realizada pelo IPC no ATM 01 serão apresentados na Tabela 4 abaixo, onde estão descritas as características do efluente gasoso, concentração e taxa de emissão de Material Particulado, Dióxido e Trióxido de Enxofre, Névoas de Ácido Sulfúrico e Dióxido de Nitrogênio.

Tabela 4 – Resultados e médias obtidas na amostragem atmosférica do ATM 01.

Fonte de Emissão		Chaminé do ATM 01			
		1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	
Resultados Obtidos		9/6/2010	9/6/2010	9/6/2010	Média
Temperatura (°C)		90,3	95,6	95,4	93,8
Pressão Absoluta (mmHg)		759,0	760,0	759,0	759,3
Umidade do Gás (% volume)		4,76	4,56	5,21	4,8
Velocidade (m/s) (a)		14,94	14,96	14,96	15,0
Vazão (m³/h) (b)		60.839,7	60.920,8	60.907,2	60.889,2
Vazão (Nm³/h) (c)		43.585,8	43.160,0	42.820,8	43.188,9
Isocinetismo (%)		98,2	99,0	90,9	-
MP	Concentração de Material Particulado (mg/Nm³)	69,09	83,51	87,80	80,13
	Taxa de Emissão de Material Particulado (kg/h)	3,012	3,604	3,760	3,458
SO ₂	Concentração de Dióxido de Enxofre (mg/Nm³)	1,78	5,52	2,88	3,39
	Taxa de Emissão de Dióxido de Enxofre (kg/h)	0,08	0,24	0,12	0,15
SO ₃	Concentração de Trióxido de Enxofre (mg/Nm³)	1,87	1,12	1,13	1,37
	Taxa de Emissão de Trióxido de Enxofre (kg/h)	0,082	0,048	0,048	0,06
SO _x	Concentração de SO_x (mg/Nm³)	3,65	6,65	4,01	4,77
	Taxa de Emissão de SO _x (kg/h)	0,159	0,287	0,172	0,21
RESULTADOS DE NO_x					
NO _x	Concentração de NO_x (mg/Nm³)	45,43	35,85	39,01	40,10
	Taxa de Emissão de NO _x	1,980	1,547	1,671	1,73

Fonte: Laudo nº 11.069, IPC, junho de 2010.

Através dos resultados da amostragem atmosférica apresentados na Tabela 4, verifica-se que a média da concentração de material particulado emitida pelo ATM 01 é de 80,13 mg/Nm³, valor abaixo do padrão referência sugerida pela FATMA, que é de 110 mg/Nm³.

4.2 Resultados e médias obtidos no ATM 04

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da amostragem isocinética realizada na chaminé do sistema de tratamento (filtro de mangas) pelo IPC no ATM 04, os parâmetros amostrados são os mesmos que foram amostrados no ATM 01.

Tabela 5 – Resultados e médias obtidas na amostragem isocinética do ATM 04.

Fonte de Emissão		Chaminé do ATM 01			
		1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	
Resultados Obtidos		13/10/2010	13/10/2010	13/10/2010	Média
Temperatura (°C)		105,4	105,3	106,5	105,6
Pressão Absoluta (mmHg)		759,0	760,0	760,0	759,7
Umidade do Gás (% volume)		4,19	4,34	4,12	4,2
Velocidade (m/s) (a)		20,91	21,28	21,13	21,1
Vazão (m³/h) (b)		85.142,2	86.620,4	86.041,3	85.934,1
Vazão (Nm³/h) (c)		58.807,4	59.836,6	59.385,3	59.343,1
Isocinetismo (%)		91,9	94,0	97,5	-
MP	Concentração de Material Particulado (mg/Nm³)	23,79	29,66	26,72	26,72
	Taxa de Emissão de Material Particulado (kg/h)	1,399	1,775	1,587	1,587
SO ₂	Concentração de Dióxido de Enxofre (mg/Nm³)	0,93	0,89	0,69	0,83
	Taxa de Emissão de Dióxido de Enxofre (kg/h)	0,05	0,05	0,04	0,05
SO ₃	Concentração de Trióxido de Enxofre (mg/Nm³)	0,19	0,09	0,09	0,12
	Taxa de Emissão de Trióxido de Enxofre (kg/h)	0,011	0,005	0,005	0,01
SO _x	Concentração de SO_x (mg/Nm³)	1,11	0,98	0,78	0,96
	Taxa de Emissão de SO _x (kg/h)	0,065	0,059	0,046	0,06
RESULTADOS DE NO_x					
NO _x	Concentração de NO_x (mg/Nm³)	23,00	21,00	15,00	19,67
	Taxa de Emissão de NO _x	1,353	1,257	0,891	1,17

Fonte: Laudo nº 11.127, IPC, outubro de 2010.

O resultado da amostragem isocinética do ATM 04 para o parâmetro material particulado também apresentou valor menor que o do padrão referência sugerido pela FATMA, ou seja, foi de 26,72 mg/Nm³.

4.3 Cálculo de eficiência dos equipamentos de controle de emissão atmosférica

Para comparar os dois equipamentos de controle de emissões (filtro de manga / lavador de gases) e avaliar a eficiência de coleta para o parâmetro material particulado, foi efetuado o cálculo da eficiência de cada equipamento, através das concentrações das emissões médias obtidas.

Para realização do cálculo da eficiência para os dois equipamentos, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$n_{(\%) } = \frac{100(A - B)}{A}$$

Onde,

A = 110mg/Nm³ (Padrão de referência sugerido pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA, para emissão de material particulado)

B = Resultado do valor da emissão de material particulado.

4.3.1 ATM 01

O ATM 01 utiliza como equipamento de controle de emissão o lavador de gases do tipo Venturi, abaixo segue o cálculo da sua eficiência:

$$n_{(\%) } = \frac{100(A - B)}{A} \Rightarrow n_{(\%) } = \frac{100(110 - 80,13)}{110} \Rightarrow n_{(\%) } = 27,15\%$$

A eficiência do lavador de gases para material particulado em relação ao padrão de referência de 110 mg/Nm³ foi de 27,15%.

4.3.2 ATM 04

O ATM 04 utiliza como equipamento de controle de emissão o filtro de mangas, abaixo segue o cálculo da sua eficiência para o parâmetro material particulado:

$$n_{(\%) } = \frac{100(A - B)}{A} \Rightarrow n_{(\%) } = \frac{100(110 - 26,72)}{110} \Rightarrow n_{(\%) } = 75,71\%$$

A eficiência do lavador de gases para material particulado em relação ao padrão de referência de 110 mg/Nm³ foi de 75,71%.

5 CONCLUSÃO

Atualmente na indústria de revestimentos cerâmicos que utiliza o processo de fabricação via úmida, um dos principais impactos ambientais é a poluição atmosférica emitida pelos seus atomizadores, principalmente material particulado.

Nos resultados encontrados nesse estudo, constata-se que o filtro de mangas é o equipamento de controle de emissão mais eficiente. Além da eficiência o filtro de mangas possibilita a empresa que utiliza esse equipamento o reaproveitamento do material particulado captado pelo filtro em seu processo, sendo assim eliminando um resíduo de uma forma ecologicamente correta.

Com relação ao uso do lavador de gases, as desvantagens são maiores que as vantagens oferecidas, pois além da baixa eficiência necessita de um tratamento complementar para os seus efluentes, problema que o filtro de mangas não apresenta.

Para um setor que busca a sustentabilidade e a melhoria contínua em seu processo produtivo, as questões relacionadas ao bem estar da comunidade e as exigências dos órgãos governamentais em relação ao meio ambiente, devem ser priorizadas permanentemente no sentido de buscar o melhoramento e o aperfeiçoamento de seus controles ambientais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, A. M. et al. **Depuración de los gases de combustión em la industria cerâmica.** Instituto de Tecnologia Cerâmica, 2001. 240p.

BLASCO, A.; **Tratamiento de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos de la industria cerâmica.** Sassuola, Itália: Editora AICE, 1992. 191 p.

BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à engenharia ambiental.** São Paulo. Editora Prentice Hall, 2002.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Apostila do curso de seleção de equipamentos de controle de poluição do ar. **São Paulo, 1987. 45p.**

CONSTANTINO, A. O.; ROSA, S. E. S.; CORRÊA A. R. Panorama do setor de Revestimentos Cerâmicos. **BNDES. 2006. Disponível em:** http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/relato/rs_rev_ceramicos.pdf . Acessado em:15/07/2011

CLEZAR, Carlos Alfredo. **Ventilação industrial.** 2ª Edição revisada. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2009.

FERRARI, Kátia Regina. **Aspectos ambientais do processo de fabricação de placas de revestimentos cerâmicos (via úmida), com ênfase nos efluentes líquidos.** 2000, 129f. Tese (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

GIOMENO, Eliseo Monfort; LÓPES, Irina Celades; GASCH, Gustavo Mallo. **Cuestiones sobre medio ambiente para un técnico del sector cerámico.** Castellón, España: Editora ITC, 1999. 291 p.

ITC/AICE - **Tratamientos de Emisiones Gaseosas, Efluentes Líquidos y Resíduos Sólidos de la Industria Cerâmica** - Asociacion de Investigacion de las Industria Cerámicas e ITC – Instituto de Tecnologia Cerâmica - 1992 – Valência – Espanha.

LISBOA, Henrique de Melo; SCHIMER, Waldir Nagel. **Apostila de Controle da poluição atmosférica – Unidade VII – Metodologia de controle da poluição atmosférica.** Florianópolis, ENS/UFSC. 2007.

KIECKBUSCH, R. E.; LOPES, F. P. **Diagnóstico Setorial da Cerâmica para Revestimento Catarinense.** Florianópolis: Instituto Euvaldo Lodi, out. de 2005.

MAGRINI, A. Política e Gestão Ambiental: conceitos e instrumentos. **Revista Brasileira de Energia.** Volume 8. Nº 2. Sociedade Brasileira de Planejamento.

MESQUITA, A. L. S.; GUIMARÃES, F. A.; NEFUSSI, N. **Engenharia de ventilação industrial**. São Paulo, Ed. Edgar Blücher, CETESB, 1977.

OLIVEIRA, M. C.; MAGANHA, M. F. B. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos**. São Paulo : CETESB, 2006. 90p.

ZILBERMAN, Isaac. **Introdução à engenharia ambiental**. Canoas. Editora ULBRA, 1997.

ANEXOS



LAUDO Nº 11127



**EMPRESA: ELIAVE REVESTIMENTOS CERÂMICOS S.A.
- (ELIANE II)**

**Amostragem na chaminé do ATOMIZADOR 04 -
Determinações de Material Particulado, Dióxido de Enxofre
(SO₂), trióxido de enxofre (SO₃), Névoas de Ácido Sulfúrico
(H₂SO₄) e Dióxido de Nitrogênio (NO_x).**

Ciudadela, OUTUBRO de 2010.

GHK

1 DADOS DA EMPRESA

- Empresa: ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS S.A.
- Localização: Rua Maximiliano Galdziski, 245, Cocal do Sul - SC
- Atividade: Produção de cerâmicos

2 DADOS DA FONTE

- Características:
A fonte em estudo é a chaminé do atomizador 04, (descrição breve do processo; a barbeta é bombeada pelo atomizador (Spray Dryer) em sentido ascendente, a qual é pulverizada no passar pelo bico de injeção, onde um jato de ar quente em sentido descendente (contra corrente), produzido por um gerador de calor, a uma temperatura de mais ou menos 400°C, efetua a secagem do material, que tem como finalidade a obtenção de uma massa cerâmica uniforme, com umidade oscilando entre 6% a 7%).
- Tipo de combustível e suas características:
Utiliza gás natural como combustível.
- Produção:
Não fornecido.
- Diâmetro e geometria do duto ou chaminé e descrição do ponto de amostragem
A chaminé tem geometria circular, com diâmetro interno de 1,20 metros. Os pontos de amostragem (fingoes) estão instalados a 7,50 metros a jusante da singularidade e aproximadamente 4,00 metros a montante.

3. METODOLOGIAS UTILIZADAS

- Norma CETESB L.9.221 - Determinação dos pontos de amostragem
- Norma CETESB L.9.222 - Determinação da velocidade e vazão dos gases
- Norma CETESB L.9.223 - Determinação da massa molecular seca e excesso de ar no fluxo gasoso
- Norma CETESB L.9.224 - Determinação da umidade dos efluentes
- Norma CETESB L.9.225 - Determinação das emissões de material particulado
- Norma CETESB L.9.228 - Determinação de Dióxido de Enxofre, Névoas de Ácido Sulfúrico e Trióxido de Enxofre.
- Norma NF 513.RD da FEMM - Determinação de Óxido de Nitrogênio em Chaminé

4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Em atendimento às normas ABNT/EPACETESB:
- Coletor isocinético modelo ISOTEC Tecnal, de acordo com método Cetesb L9.225
 - Analisador dos gases de combustão modelo SPRINT 1000

5. PARÂMETROS ANALISADOS

- Material Particulado;
- Dióxido de enxofre, trióxido e névoas de ácido sulfúrico
- Óxido de Nitrogênio.

- página 2 de 13 -

OS RESULTADOS CONTEÚDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



6. AMOSTRAGEM DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

6.1 Determinação dos pontos de amostragem para coleta isotérmica

- Geometria: Circular
- Diâmetro interno: 1,20 m
 - Distância OB: 7,5 m
 - Distância AO: 4,0 m
 - Nº diâmetros OB: 6,3
 - Nº diâmetros AO: >2
 - Nº de pontos: 20,0
 - Tamanho do flange: 12,0

OBS:

A distância de cada ponto é dada pela multiplicação do diâmetro da chaminé pela respectiva percentagem do diâmetro como expresso na tabela abaixo.

Ponto	% do diâmetro	Distância (m)
1	2,8	17,1
2	8,2	23,8
3	14,6	31,5
4	22,6	41,1
5	34,2	55,0
6	65,3	93,0
7	77,1	106,9
8	85,1	116,5
9	91,3	124,2
10	97,4	130,9
11		
12		



6.2. Verificação do fluxo ciclonado

Não foi identificado em nenhum dos pontos a situação de fluxo ciclonado, para todas as leituras de DP com o tubo de pitot colocado a 90° em relação ao fluxo, o valor lido foi igual a zero.

- página 3 de 13 -

OS RESULTADOS CONTEÚDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



6.3. Dados preliminares para amostragem isocinética

Área da chaminé (m²):	1,1509
Tamanho do flange (cm):	100
Número de pontos:	20
Temperatura (°C):	300
Pressão Atmosférica (mmHg):	760,0

Gases de combustão		
Gás	%	g/mol
O ₂	7,0	2,24
CO ₂	12,8	5,43
N ₂	80,2	22,45
CO	0,01	0,40
Massa molecular seca:		30,33

Médias da corrida preliminar		
Variável	média	unidade
DP	32,7	cmCa
Tc	104,8	°C
Tg	31,9	°C
Pe	7	cmCa

Fatores de calibração		
Símbolo	valor	unidade
CP	0,8216	Pitot
BHg	40,5	gas meter
Fcm	0,991	gas meter

Símbolo	valor	unidade
Pc	760,5	mmHg
Pg	763,0	mmHg
Unidade	7,0	%
Mmu	29,47	g/mol

6.4. Cálculo do diâmetro da boquilha "Db"

Símbolo	valor	unidade
Pg	763,0	mmHg
Tg	31,9	°C
CP	0,8216	-
Bhg	7,00	%
Tc	104,8	°C
Mmu	29,47	g/c mol
Pc	760,5	mmHg
DP	32,7	mmCa

$$D_b = 24,6576 \sqrt{\frac{0,021 \times P_g}{T_g \times CP \times (1 - Bhg)}} \times \sqrt{\frac{T_c \times M_{mu}}{P_c \times DP}}$$

Diâmetro da boquilha calculado:	5,29	mm
Diâmetro da boquilha utilizado:	6,0	mm

6.5. Cálculo da constante de proporcionalidade "K"

$$K = 8,035 \times 10^3 \times (CP)^2 \times DH @ \times D_b^2 \times (1 - Bhg)^2 \times (M_{mu} \times P_c \times T_g) / (M_{mu} \times P_g \times T_c)$$

Constante "K":	2,0
----------------	-----

- página 4 de 13 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO





6.8. Amostragem de campo número 01

Data: 13/07/10

Horário: 14:44 Número: 18.08 Duração total da amostragem (min): 48
 Temperatura ambiente °C: 31 Db: 6,0 vazamento inicial (L/min): 0,0
 Pressão atmosférica mmHg: 760 *K: 2,0 vazamento final (L/min): 0,0

PORTO	TEMPO	INSTABCM		VOLUME	PRESSÃO mmCA			TEMPERATURAS °C				VACUO	
		min	sec		OP	DATEX	dB	CHUVEIRO	CX QUENTE	CX FRA	ENTRADA		SAIDA
1	3,0	17,1	77,527	20,0	4,472	40,8	100	113	17	61	39	2	
2	3,0	23,9	77,807	20,0	5,292	57,1	100	113	17	62	39	2	
3	3,0	31,5	77,675	30,0	5,477	61,2	101	114	18	63	39	2	
4	3,0	41,1	77,748	30,0	5,657	65,2	108	114	18	64	40	3	
5	3,0	55,0	77,833	30,0	5,184	77,5	110	105	17	66	40	3	
6	3,0	63,0	77,904	42,0	6,481	85,6	111	111	17	44	41	4	
7	3,0	105,8	77,944	30,0	6,04	77,0	105	112	17	48	40	4	
8	3,0	116,5	78,086	32,0	5,657	65,2	109	112	17	45	42	4	
9	3,0	124,2	78,173	32,0	5,667	66,0	109	112	18	45	42	4	
10	3,0	130,9	78,261	32,0	5,657	65,2	107	111	18	44	42	4	
11	3,0	17,1	78,347	30,0	5,899	53,0	107	110	18	44	42	3	
12	3,0	23,8	78,434	30,0	5,399	53,0	108	110	18	45	41	2	
13	3,0	31,6	78,521	30,0	5,388	53,0	109	110	18	45	41	2	
14	3,0	41,1	78,603	30,0	5,477	61,2	101	110	18	45	41	2	
15	3,0	55,0	78,685	30,0	5,477	61,2	106	110	18	44	40	2	
16	3,0	93,0	78,782	32,0	5,657	65,2	109	109	18	46	40	3	
			78,869										
VOLUME MEDIO (m³)				1,342									
MEDIAS					30,9	5,0366	63,8	108,6	111,0	18,4	42,3		

6.8.1. Observações durante a amostragem

6.8.2. Dados obtidos na amostragem

Parâmetro	Valor	Unidade
- Percentagem de O2 no gás	12,9	%
- Percentagem de CO2 no gás	2,8	%
- Percentagem de CO no gás	12	ppm
- Massa de água coletada durante a amostragem	40,0	g
- Massa de material particulado coletado durante amostragem	0,03095	g
- Massa de dióxido de enxofre coletado durante amostragem	0,0	mg
- Massa de trióxido de enxofre e névoas de H2SO4 coletada durante a amostragem	0,1	mg
- Massa de dióxido de nitrogênio coletado durante a amostragem	15,0	ng/m³

Equipe técnica

1- *Rui Henrique Lopes*
 2- *[Assinatura]*

Ass
 Ass

7. RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS
7.1. Tabela 01 - Resultados da amostragem de número 01

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
TEMPERATURA AMBIENTE	29	°C
PRESSÃO ABSOLUTA	759	mmHg
PRESSÃO ESTÁTICA NA CHAMINÉ	7	mmCa
PRESSÃO DOS GASES NO SASÔMETRO	763,5	mmHg
PRESSÃO DOS GASES NA CHAMINÉ	759,5	mmHg
VOLUME DO GÁS MEDIDO	1,239	m ³
VOLUME DO GÁS MEDIDO NAS CNTP	1,081	Nm ³
TEMPERATURA DOS GASES NA CHAMINÉ/DUTO	105,4	°C
UMIDADE DO GÁS	4,19	%
MASSA MOLECULAR SECA	28,81	g/gmol
MASSA MOLECULAR ÚMIDA	28,45	g/gmol
VELOCIDADE DOS GASES NA CHAMINÉ	20,91	m/s
VAZÃO DOS GASES NAS CONDIÇÕES DA CHAMINÉ	85142,22	m ³ /h
VAZÃO CORRIGIDA - BASE SECA (CNTP)	66507,44	Nm ³ /h
ISOQUÊMICA	92	%

7.2. Tabela 02 - Resultados da amostragem de número 02

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
TEMPERATURA AMBIENTE	30	°C
PRESSÃO ABSOLUTA	760	mmHg
PRESSÃO ESTÁTICA NA CHAMINÉ	7	mmCa
PRESSÃO DOS GASES NO SASÔMETRO	764,7	mmHg
PRESSÃO DOS GASES NA CHAMINÉ	760,5	mmHg
VOLUME DO GÁS MEDIDO	1,287	m ³
VOLUME DO GÁS MEDIDO NAS CNTP	1,125	Nm ³
TEMPERATURA DOS GASES NA CHAMINÉ/DUTO	106,3	°C
UMIDADE DO GÁS	4,31	%
MASSA MOLECULAR SECA	29,06	g/gmol
MASSA MOLECULAR ÚMIDA	28,58	g/gmol
VELOCIDADE DOS GASES NA CHAMINÉ	21,28	m/s
VAZÃO DOS GASES NAS CONDIÇÕES DA CHAMINÉ	89620,40	m ³ /h
VAZÃO CORRIGIDA - BASE SECA (CNTP)	69636,55	Nm ³ /h
ISOQUÊMICA	94	%

7.3. Tabela 03 - Resultados da amostragem de número 03

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
TEMPERATURA AMBIENTE	31	°C
PRESSÃO ABSOLUTA	760	mmHg
PRESSÃO ESTÁTICA NA CHAMINÉ	7	mmCa
PRESSÃO DOS GASES NO SASÔMETRO	764,6	mmHg
PRESSÃO DOS GASES NA CHAMINÉ	760,5	mmHg
VOLUME DO GÁS MEDIDO	1,342	m ³
VOLUME DO GÁS MEDIDO NAS CNTP	1,158	Nm ³
TEMPERATURA DOS GASES NA CHAMINÉ/DUTO	106,5	°C
UMIDADE DO GÁS	4,12	%
MASSA MOLECULAR SECA	28,93	g/gmol
MASSA MOLECULAR ÚMIDA	28,48	g/gmol
VELOCIDADE DOS GASES NA CHAMINÉ	21,73	m/s
VAZÃO DOS GASES NAS CONDIÇÕES DA CHAMINÉ	66047,28	m ³ /h
VAZÃO CORRIGIDA - BASE SECA (CNTP)	52355,26	Nm ³ /h
ISOQUÊMICA	95	%

- página 8 de 13 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



8. RESULTADOS E MÉDIAS OBTIDAS

8.1. Tabela 04 - Características do efluente gasoso, Concentração e Taxa de Emissão de Material Particulado, Dióxido e Trióxido de Enxofre, Névoas de Ácido Sulfúrico e dióxido de Nitrógeno.

Fonte de Emissão		Chaminé de Atomizador 04 - ELIANE S.A.			
		1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	MÉDIA
Resultados Obtidos		13/10/10	13/10/10	13/10/10	MÉDIA
Temperatura (°C)		105,4	105,3	106,5	105,8
Pressão Absoluta (mmHg)		759,0	750,0	750,0	759,7
Umidade do Gás (% volume)		4,19	4,34	4,12	4,2
Velocidade (m/s) (a)		20,91	21,28	21,13	21,1
Vazão (m³/h) (b)		85.142,2	86.820,4	86.041,3	86.934,6
Vazão (Nm³/h) (c)		55.207,4	55.838,8	55.385,3	55.343,1
Isocinetismo (%)		91,8	94,0	97,8	-
MP	Concentração de Material Particulado (mg/Nm³)	23,79	29,66	26,72	26,72
	Taxa de Emissão de Material Particulado (kg/h)	1,399	1,775	1,587	1,587
SO ₂	Concentração de Dióxido de Enxofre (mg/Nm³)	0,93	0,89	0,69	0,83
	Taxa de Emissão de Dióxido de Enxofre (kg/h)	0,05	0,05	0,04	0,05
SO ₃	Concentração de Trióxido de Enxofre (mg/Nm³)	0,19	0,09	0,09	0,12
	Taxa de Emissão de Trióxido de Enxofre (kg/h)	0,011	0,005	0,005	0,01
SO _x	Concentração de SO _x (mg/Nm³)	1,11	0,98	0,78	0,96
	Taxa de Emissão SO _x (kg/h)	0,065	0,059	0,046	0,06
RESULTADOS DE NO_x					
NO _x	Concentração de NO _x (mg/Nm³)	23,00	21,00	15,00	19,67
	Taxa de Emissão NO _x (kg/h)	1,353	1,257	0,891	1,17

- a) Na seção onde está situado o ponto de coleta;
 b) Nas condições de chaminé;
 c) Na condição normal - Gás seco (0 °C e 1 atm);


 Engº Eduardo de Oliveira Nasse
 Responsável Técnico


 Guilherme Marcolino dos Passos
 Técnico analista

- página 9 de 13 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



9. ANEXOS

- página 10 de 13 -

OS RESULTADOS CONTEÍDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL ABSTRATO



9.1. Descrição do Amostrador Isocinético

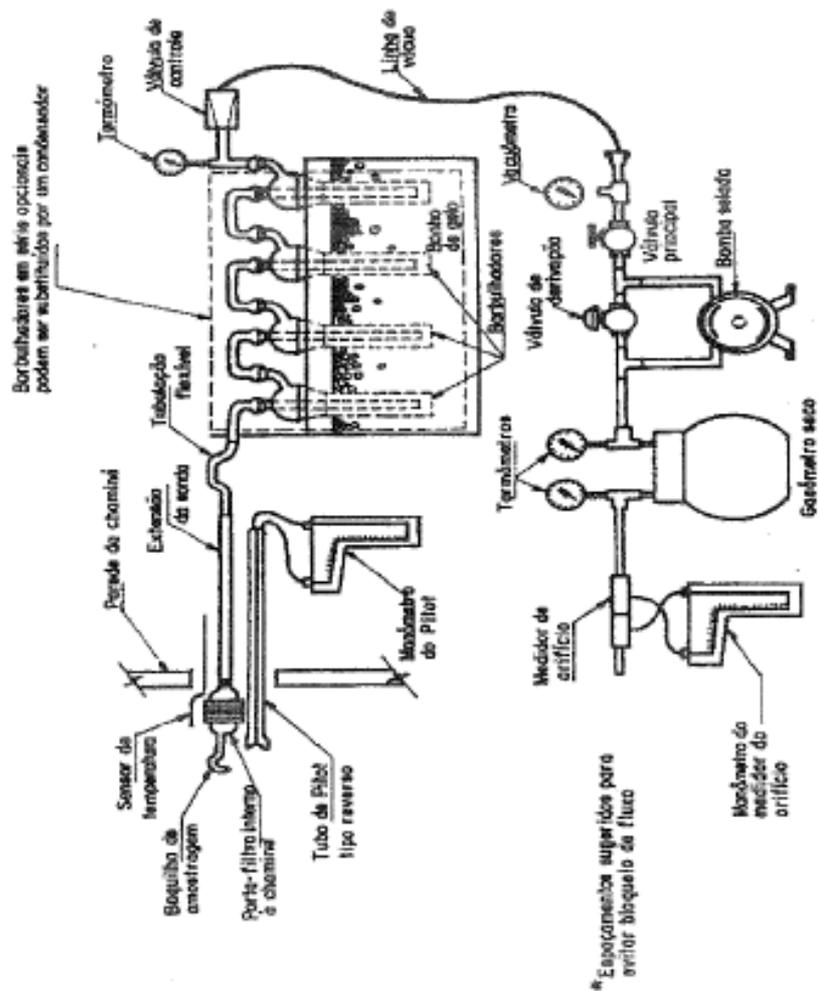


Fig 01 - Sistema de amostragem

- pagina 11 de 13 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



5.3. Simbologia

Símbolo	Unidade
<i>Bag</i>	<i>Unidade de gás</i>
<i>Cm</i>	<i>Centímetro</i>
<i>CNTP</i>	<i>Condições Normais de Temperatura e Pressão</i>
<i>CO</i>	<i>Monóxido de Carbono</i>
<i>CO2</i>	<i>Dióxido de Carbono</i>
<i>Cp</i>	<i>Coefficiente de Pittot</i>
<i>°C</i>	<i>Grau Celsius</i>
<i>cmHg</i>	<i>Centímetro de Mercúrio</i>
<i>D_b</i>	<i>Diâmetro do Boquilho</i>
<i>F_{cm}</i>	<i>Fator de correção do medidor</i>
<i>g</i>	<i>Grama</i>
<i>g/mol</i>	<i>Grama por mol</i>
<i>L/min</i>	<i>Litro por minuto</i>
<i>"K"</i>	<i>Constante de proporcionalidade</i>
<i>Kg/h</i>	<i>Kilograma por hora</i>
<i>m</i>	<i>Metro</i>
<i>m²</i>	<i>Metro quadrado</i>
<i>m³</i>	<i>Metro Cúbico</i>
<i>mg</i>	<i>Milgrama</i>
<i>mm</i>	<i>Milímetro</i>
<i>mmCA</i>	<i>Milímetro de Coluna d'água</i>
<i>mmHg</i>	<i>Milímetro de mercúrio</i>
<i>M_{ms}</i>	<i>Massa Molecular seca</i>
<i>M_{mu}</i>	<i>Massa Molecular úmida</i>
<i>m/s</i>	<i>Metro por segundo</i>
<i>m³/h</i>	<i>Metro Cúbico por hora</i>
<i>mg/Nm³</i>	<i>Milgrama por Normal metro Cúbico</i>
<i>MP</i>	<i>Material Particulado</i>
<i>Nm³</i>	<i>Normal Metro Cúbico</i>
<i>Nm³/h</i>	<i>Normal Metro Cúbico por hora</i>
<i>O₂</i>	<i>Oxigênio</i>
<i>P_c</i>	<i>Pressão na Chaminé</i>
<i>P_e</i>	<i>Pressão estática</i>
<i>P_g</i>	<i>Pressão no Gasômetro</i>
<i>ppm</i>	<i>Partes por milhão</i>
<i>T_c</i>	<i>Temperatura na Chaminé</i>
<i>T_g</i>	<i>Temperatura no Gasômetro</i>
<i>SO₂</i>	<i>Dióxido de Enxofre</i>
<i>SO₃</i>	<i>Trióxido de Enxofre</i>
<i>SO_x</i>	<i>Óxidos de Enxofre</i>

- página 12 de 13 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL ANOSTRADO



9.3. Certificado Técnico





ENERGÉTICA
Qualidade do Ar

CERTIFICADO

A *Guilherme Marcelino dos Passos*

POR SUA PARTICIPAÇÃO NO CURSO
 Operação, Operação e Manutenção de Centros Operacionais de Tratamento de Efluentes Líquidos de Indústrias

ORGANIZADO POR: **MACTEB ENBRIMA SA** - Udo Jorge Lorenz
 Departamento de Meio Ambiente, SCS, lote 38 de Esplanada de São Afonso do SOCS

EMissor

[Assinatura]
Eduardo de Souza de Almeida

Revisor

[Assinatura]
Guilherme Marcelino dos Passos

ENDEREÇO: RUA DO COMÉRCIO, 100 - JARDIM SÃO CARLOS - SÃO CARLOS - SP - CEP: 13506-900 - FONE: (19) 4881-1200 - FAX: (19) 4881-1201
 E-MAIL: www.energetica.com.br

Fig 02 - Certificado de Inscrição responsável pelo Anostrado

- página 13 de 15 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL ANOSTRADO



LAUDO Nº 11069



**EMPRESA: ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS
S.A. - CAMAÇARI - BA**
Rua Francisco Drummond, 8/W - Fazenda
Limoeiro - CAMAÇARI - BA

**Amostragem na chaminé do atomizador 01 -
Determinações de Material Particulado, Dióxido de
Enxofre (SO₂), trióxido de enxofre (SO₃), Névoas de
Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) e Dióxido de Nitrogênio (NO_x).**

Criciúma, JUNHO de 2010.

1. DADOS DA EMPRESA

- Empresa: ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS S.A. - CAMAÇARI - BA.
- Localização: Rua Francisco Diamond, S/N - Fazenda Limoeiro, CAMAÇARI - BA
- Atividade: Produção de cerâmicas.

2. DADOS DA FONTE

- Características:

A fonte em estudo é a chaminé do atomizador O^1 , (descrição básica do processo: a pastilha é homogeneizada para o atomizador (Spray Dryer) em sentido ascendente, a qual é pulverizada ao passar pelos bicos de injeção, onde um jato de ar quente em sentido descendente (contra corrente), produzido por um gerador de calor, e uma temperatura de mais ou menos $400^{\circ}C$, efetua a secagem do material, que faz como finalidade é obtenção de uma massa cerâmica uniforme, com umidade oscilando entre 6% a 7%).

- Tipo de combustível e suas características:

Utiliza gás natural como combustível.

- Produção:

Não fornecida

- Diâmetro e geometria do duto ou chaminé e descrição do ponto de amostragem

A chaminé tem geometria circular, com diâmetro interno de 1,30 metros. Os pontos de amostragem (flanjes) estão instalados a 2,46 metros a jusante da singularidade e aproximadamente 10,0 metros a montante.

- Localização dos pontos de amostragem:



3. METODOLOGIAS UTILIZADAS

- Norma CETESB L9.221 - Determinação dos pontos de amostragem
- Norma CETESB L9.222 - Determinação da velocidade e seção da gases
- Norma CETESB L9.223 - Determinação da massa molecular seca e excesso de ar no fluxo gasoso
- Norma CETESB L9.224 - Determinação da umidade dos efluentes
- Norma CETESB L9.225 - Determinação das emissões de material particulado
- Norma CETESB L9.228 - Determinação de Dióxido de Enxofre, Níveis de Ácido Sulfúrico e Tróxido de Enxofre.
- Norma M1 519.00 da FEBMA - Determinação de Óxidos de Nitrogênio em Chaminé

4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Em atendimento as normas AMBIENTARES;
- Colôtor Isotérmico modelo ISOTEC Taconal, de acordo com método Cetesb L9.225
- Analisador dos gases de combustão modelo SPRINT 1000

5. PARÂMETROS ANALISADOS

- Material Particulado;
- Dióxido de enxofre, trióxido e níveis de ácido sulfúrico;
- Óxidos de Nitrogênio.

- página 2 de 17 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



6. AMOSTRAGEM DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

6.1 Determinação dos pontos de amostragem para coleta isocnética

- Geometria: Circular
- Diâmetro interno: 1,20 m
- Distância OS: 2,4 m
- Distância AO: 6,0 m
- Nº diâmetros OS: 2,0
- Nº diâmetros AO: >2
- Nº de pontos: 20,0
- Tamanho do flange: 12,0

OES:

A distância de cada ponto é dada pela multiplicação do diâmetro da chaminé pela respectiva percentagem do diâmetro como expresso na tabela abaixo.

Ponto	% do diâmetro	Distância (cm)
1	2,6	17,1
2	8,2	23,8
3	14,8	31,5
4	22,6	41,1
5	34,2	55,0
6	55,8	93,0
7	77,4	105,9
8	85,4	116,5
9	91,6	124,2
10	97,4	130,9
11		
12		



6.2 Verificação do fluxo ciclonado

- Não foi identificado em nenhum dos pontos a situação de fluxo ciclonado, para todas as leituras de DP com o tubo de pitot colocado à 90° em relação ao fluxo, o valor lido foi igual a zero.

- página 3 de 17 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO

6.3. Dados preliminares para amostragem isocinética

Área da chaminé (m ²):	1,1308
Tamanho do flange (cm):	10,0
Número de portos:	20
Temperatura (°C):	30,0
Pressão Atmosférica (mmHg):	760,0

Gases de combustão		
Gás	%	g/mol
O ₂	7,0	2,24
CO ₂	12,8	5,62
N ₂	80,2	22,45
CO	0,01	0,00
Massa molecular seca:		30,33

Médias da sorrida preliminar		
Varíavel	média	unidade
DP	19,3	cmCa
T _c	89,6	°C
T _g	32,9	°C
P _c	23,2	cmCa

Fatores de calibração		
Símbolo	valor	unidade
CP	0,8216	Pitot
DH _g	40,5	gás meter
F _{cm}	0,951	gás meter

Símbolo	valor	unidade
P _c	761,7	mmHg
P _g	763,0	mmHg
Umidade	7,6	%
M _{mu}	29,47	g/mol

Ponto	Distância (cm)	CP	Temperatura		Pressão Estática
			Chaminé	Gasômetro	
1	17,1	19,5	89	32,0	24,0
2	23,8	22,8	89	33,0	22,0
3	31,5	23,8	89	33,0	22,0
4	41,1	18,8	80	33,0	22,0
5	55,0	22,5	90	33,0	24,0
6	69,0	16,8	91	33,0	24,0
7	100,9	16,8	91	33,0	24,0
8	118,5	18,8	89	33,0	24,0
9	124,2	19,8	89	33,0	24,0
10	130,9	18,8	89	33,0	22,0
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					

6.4. Cálculo do diâmetro da boquilha "Db"

Símbolo	valor	unidade
P _g	763,0	mmHg
T _g	32,9	°C
CP	0,8216	
B _g	7,09	%
T _c	89,6	°C
M _{mu}	29,47	g/mol
P _c	761,7	mmHg
DP	19,3	cmCa

$$D_b = 24,5576 \sqrt{\frac{0,021 \times P_g}{T_g \times CP \times (1 - B_g)}} \times \sqrt{\frac{T_c \times M_{mu}}{P_c \times DP}}$$

Diâmetro da boquilha calculado:	5,96	mm
Diâmetro da boquilha utilizado:	6,0	mm

6.5. Cálculo da constante de proporcionalidade "K"

$$K = 8,035 \times 10^{-5} \times (CP)^2 \times DH \times D_b^4 \times (1 - \%B_g)^2 \times (M_{mu} \times P_c \times T_c) / (M_{ms} \times P_g \times T_g)$$

Constante "K":	2,1
----------------	-----



7. RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS

7.1. Tabela #1 - Resultados da amostragem de número 01

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
TEMPERATURA AMBIENTE	30	°C
PRESSÃO ABSOLUTA	759	mmHg
PRESSÃO ESTÁTICA NA CHAMINÉ	23,2	mmCa
PRESSÃO DOS GASES NO GASÔMETRO	761,6	mmHg
PRESSÃO DOS GASES NA CHAMINÉ	760,7	mmHg
VOLUME DO GÁS MEDIDO	1,216	m ³
VOLUME DO GÁS MEDIDO NAS CNTP	1,076	Nm ³
TEMPERATURA DOS GASES NA CHAMINÉ/DUTO	90,3	°C
UNIDADE DO GÁS	4,7E	%
MASSA MOLECULAR SECA	30,38	g/gmol
MASSA MOLECULAR ÚMIDA	29,00	g/gmol
VELOCIDADE DOS GASES NA CHAMINÉ	14,94	m/s
VAZÃO DOS GASES NAS CONDIÇÕES DA CHAMINÉ	60856,71	m ³ /h
VAZÃO CORRIGIDA - BASE SECA (CNTP)	43585,79	Nm ³ /h
ISOCINÉTICA	99	%

7.2. Tabela #2 - Resultados da amostragem de número 02

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
TEMPERATURA AMBIENTE	28	°C
PRESSÃO ABSOLUTA	760	mmHg
PRESSÃO ESTÁTICA NA CHAMINÉ	23,2	mmCa
PRESSÃO DOS GASES NO GASÔMETRO	762,8	mmHg
PRESSÃO DOS GASES NA CHAMINÉ	761,7	mmHg
VOLUME DO GÁS MEDIDO	1,236	m ³
VOLUME DO GÁS MEDIDO NAS CNTP	1,068	Nm ³
TEMPERATURA DOS GASES NA CHAMINÉ/DUTO	95,6	°C
UNIDADE DO GÁS	4,5E	%
MASSA MOLECULAR SECA	30,23	g/gmol
MASSA MOLECULAR ÚMIDA	29,67	g/gmol
VELOCIDADE DOS GASES NA CHAMINÉ	14,96	m/s
VAZÃO DOS GASES NAS CONDIÇÕES DA CHAMINÉ	60920,80	m ³ /h
VAZÃO CORRIGIDA - BASE SECA (CNTP)	43100,03	Nm ³ /h
ISOCINÉTICA	99	%

7.3. Tabela #3 - Resultados da amostragem de número 03

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
TEMPERATURA AMBIENTE	30	°C
PRESSÃO ABSOLUTA	759	mmHg
PRESSÃO ESTÁTICA NA CHAMINÉ	23,2	mmCa
PRESSÃO DOS GASES NO GASÔMETRO	761,6	mmHg
PRESSÃO DOS GASES NA CHAMINÉ	760,7	mmHg
VOLUME DO GÁS MEDIDO	1,124	m ³
VOLUME DO GÁS MEDIDO NAS CNTP	0,973	Nm ³
TEMPERATURA DOS GASES NA CHAMINÉ/DUTO	90,4	°C
UNIDADE DO GÁS	5,21	%
MASSA MOLECULAR SECA	30,39	g/gmol
MASSA MOLECULAR ÚMIDA	29,56	g/gmol
VELOCIDADE DOS GASES NA CHAMINÉ	14,96	m/s
VAZÃO DOS GASES NAS CONDIÇÕES DA CHAMINÉ	60907,18	m ³ /h
VAZÃO CORRIGIDA - BASE SECA (CNTP)	42820,84	Nm ³ /h
ISOCINÉTICA	91	%

- página 3 de 17 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



8. RESULTADOS E MÉDIAS OBTIDAS

8.1. Tabela 04 - Características do efluente gaseoso, Concentração e Taxa de Emissão de Material Particulado, Dióxido e Trióxido de Enxofre, Névoas de Ácido Sulfúrico e dióxido de Nitrógeno.

Fonte de Emissão		Chaminé de Atomizador 01 - GARÇA/MS -SA			
		1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	MÉDIA
Resultados Obtidos		09/08/10	09/08/10	09/08/10	MÉDIA
Temperatura (°C)		80,3	85,0	90,4	88,6
Pressão Absoluta (mmHg)		759,0	760,3	759,0	759,3
Umidade do Gás (% volume)		4,76	4,56	5,21	4,8
Velocidade (m/s) (a)		14,94	14,98	14,96	15,0
Vazão m³/h (b)		60.839,7	60.929,8	60.307,2	60.891,2
Vazão (Nm³) (c)		43.589,8	43.169,0	42.320,0	43.169,9
Isocinésimo (%)		99,2	99,0	90,9	-
MP	Concentração de Material Particulado (mg/N)	88,09	83,51	87,80	80,13
	Taxa de Emissão de Material Particulado (kg/h)	3,013	2,601	3,760	3,168
SO ₂	Concentração de Dióxido de Enxofre (mg/N)	1,78	5,82	2,88	3,39
	Taxa de Emissão de Dióxido de Enxofre (kg/h)	0,08	0,24	0,12	0,15
SO ₃	Concentração de Trióxido de Enxofre (mg/N)	1,87	1,12	1,13	1,37
	Taxa de Emissão de Trióxido de Enxofre (kg/h)	0,082	0,048	0,048	0,06
SO _x	Concentração de SO _x (mg/N)	3,66	6,94	4,01	4,77
	Taxa de Emissão SO _x (kg/h)	0,159	0,287	0,172	0,21
RESULTADOS DE NO_x					
NO _x	Concentração de NO _x (mg/N)	46,43	35,85	39,01	40,10
	Taxa de Emissão NO _x (kg/h)	1,980	1,547	1,671	1,73

- a) Na seção onde está situado o ponto de coleta;
 b) Nas condições da chaminé;
 c) Na condição normal - base seca (0 °C e 1 atm)


 Engº Eduardo de Oliveira Nasse
 Responsável Técnico

Guilherme Marcelino dos Passos
 Técnico analista

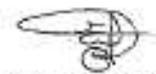
- página 9 de 17 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO

3. ANEXOS

- página 10 de 17 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE EXCLUSIVA DO INSTITUTO DE PESQUISAS CATALÍTICAS



9.2. Descrição do Amostrador Isocinético NOx

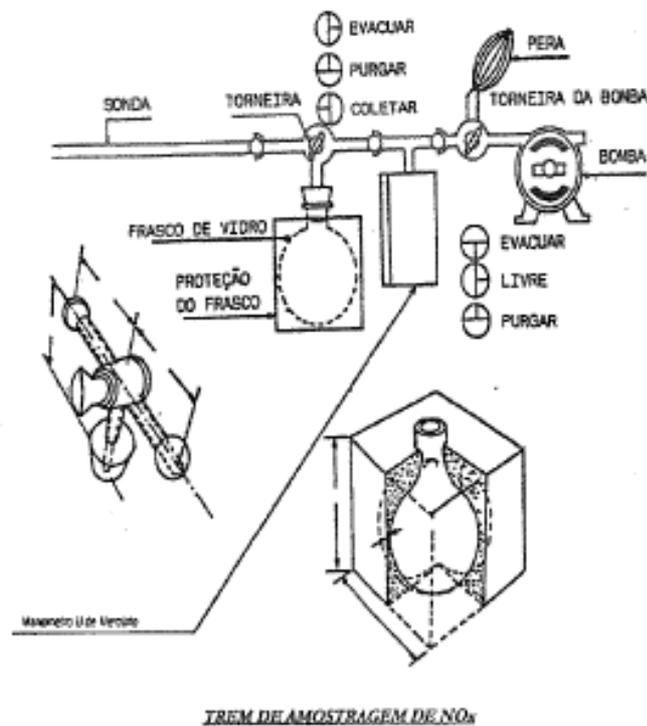


Fig 02 - Sistema de amostragem para NOx

- página 12 de 17 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



9.3. Simbologia

Símbolo	Unidade
<i>Bag</i>	<i>Unidade do gás</i>
<i>Cm</i>	<i>Centímetro</i>
<i>CNTP</i>	<i>Condições Normais de Temperatura e Pressão</i>
<i>CO</i>	<i>Monóxido de Carbono</i>
<i>CO2</i>	<i>Dióxido de Carbono</i>
<i>Cp</i>	<i>Coefficiente de Pólo</i>
<i>°C</i>	<i>Grau Celsius</i>
<i>cmHg</i>	<i>Centímetro de Mercúrio</i>
<i>Db</i>	<i>Diâmetro da Boquilha</i>
<i>Fcm</i>	<i>Fator de correção do medidor</i>
<i>g</i>	<i>Grama</i>
<i>g/mol</i>	<i>Grama por mol</i>
<i>L/min</i>	<i>Litro por minuto</i>
<i>"K"</i>	<i>Constante de proporcionalidade</i>
<i>Kg/h</i>	<i>Kilograma por hora</i>
<i>m</i>	<i>Metro</i>
<i>m²</i>	<i>Metro quadrado</i>
<i>m³</i>	<i>Metro Cúbico</i>
<i>mg</i>	<i>Milgrama</i>
<i>mm</i>	<i>Milímetro</i>
<i>mmCA</i>	<i>Milímetro de Coluna d'água</i>
<i>mmHg</i>	<i>Milímetro de mercúrio</i>
<i>Mma</i>	<i>Massa Molecular seca</i>
<i>Mmu</i>	<i>Massa Molecular úmida</i>
<i>m/s</i>	<i>Metro por segundo</i>
<i>m³/h</i>	<i>Metro Cúbico por hora</i>
<i>mg/nm³</i>	<i>Milígrama por Normal metro Cúbico</i>
<i>MP</i>	<i>Material Particulado</i>
<i>Nm³</i>	<i>Normal Metro Cúbico</i>
<i>Nm³/h</i>	<i>Normal Metro Cúbico por hora</i>
<i>O2</i>	<i>Oxigênio</i>
<i>Pc</i>	<i>Pressão na Chaminé</i>
<i>Pe</i>	<i>Pressão estática</i>
<i>Pg</i>	<i>Pressão no Gasômetro</i>
<i>ppm</i>	<i>Partes por milhão</i>
<i>Tc</i>	<i>Temperatura na Chaminé</i>
<i>Tg</i>	<i>Temperatura no Gasômetro</i>
<i>SO2</i>	<i>Dióxido de Enxofre</i>
<i>SO3</i>	<i>Tióxido de Enxofre</i>
<i>SOx</i>	<i>Óxidos de Enxofre</i>

- página 13 de 17 -

RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL ANÁLISADO



9.4. Determinação de Óxidos de Nitrogênio (NOx)

9.4.1 - Amostra 01

CONDIÇÕES INICIAIS		CONDIÇÕES FINAIS	
Pressão atmosférica (mmHg)	760,0	Pressão atmosférica (mmHg)	760,0
Pressão do frasco (mmHg)	635,0	Pressão do frasco (mmHg)	730,0
Temperatura do frasco (K)	298,0	Temperatura do frasco (°C)	293,0
Volume do frasco Vf (ml)	2200,0		
Volume do absorvente Va (ml)	25,0		
Van = Volume amostrado nas condições normais, base seca (ml)			281,73
NOx = Quantidade de NOx na amostra (analisado) (ug)			12,8
Concentração de óxidos de nitrogênio no efluente (mg/Nm ³)			45,43

9.4.2 - Amostra 02

CONDIÇÕES INICIAIS		CONDIÇÕES FINAIS	
Pressão atmosférica (mmHg)	760,0	Pressão atmosférica (mmHg)	760,0
Pressão do frasco (mmHg)	635,0	Pressão do frasco (mmHg)	730,0
Temperatura do frasco (K)	298,0	Temperatura do frasco (°C)	293,0
Volume do frasco Vf (ml)	2200,0		
Volume do absorvente Va (ml)	25,0		
Van = Volume amostrado nas condições normais, base seca (ml)			281,73
NOx = Quantidade de NOx na amostra (analisado) (ug)			10,1
Concentração de óxidos de nitrogênio no efluente (mg/Nm ³)			36,85

9.4.3 - Amostra 03

CONDIÇÕES INICIAIS		CONDIÇÕES FINAIS	
Pressão atmosférica (mmHg)	760,0	Pressão atmosférica (mmHg)	760,0
Pressão do frasco (mmHg)	640,0	Pressão do frasco (mmHg)	735,0
Temperatura do frasco (K)	298,0	Temperatura do frasco (°C)	293,0
Volume do frasco Vf (ml)	2200,0		
Volume do absorvente Va (ml)	25,0		
Van = Volume amostrado nas condições normais, base seca (ml)			281,95
NOx = Quantidade de NOx na amostra (analisado) (ug)			11,0
Concentração de óxidos de nitrogênio no efluente (mg/Nm ³)			39,01

- página 14 de 17 -

OS RESULTADOS CONTIDOS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



9.5. Certificado de calibração do amostrador isocinético



Medições Ambientais Consultoria Ltda.
Laboratório de Calibração



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 003 058/09

Página 1/3

Endereço do Cliente: Laboratório de Poluentes Atmosféricos
Endereço: Rua Palácio, 33 - Sala 3 - São José - SC/Brasil - 13
Fone/Fax: 51 3333-1111
Serviço: Serviço de manutenção e calibração de amostradores de partículas em estado de fluxo a jusante de fontes atmosféricas - Calibração de amostrador de tipo 2190 de Poltron

Descrição do Sistema de Medição e Sensores:
Fabricação: Poltron, Brasil
Modelo: 2190-219
Número de Sinalização: 003 058/09
Data de Entrega: 02/02/09

Endereço do Cliente:
Endereço: Rua Palácio, 33 - Sala 3 - São José - SC/Brasil - 13
Fone/Fax: 51 3333-1111
Serviço: Serviço de manutenção e calibração de amostradores de tipo 2190 de Poltron

Descrição do Sistema de Medição e Sensores:
Fabricação: Poltron, Brasil
Modelo: 2190-219
Número de Sinalização: 003 058/09

Descrição do Sistema de Medição e Sensores:
Fabricação: Poltron, Brasil
Modelo: 2190-219
Número de Sinalização: 003 058/09

Número de Medição	Volume de Gases (V _g)	Temperatura (T)			Pressão (P)	Umidade (U)	Densidade do Ar (ρ _a)	Densidade do Gás (ρ _g)	Densidade do Líquido (ρ _l)	Densidade do Sólido (ρ _s)
		T _{amb} (°C)	T _g (°C)	T _l (°C)						
1	1,127	22,3	22,3	22,3	1013,2	11,7	1,204	1,204	1,204	1,204
2	1,128	22,3	22,3	22,3	1013,2	11,7	1,204	1,204	1,204	1,204
3	1,128	22,3	22,3	22,3	1013,2	11,7	1,204	1,204	1,204	1,204
4	1,128	22,3	22,3	22,3	1013,2	11,7	1,204	1,204	1,204	1,204
5	1,128	22,3	22,3	22,3	1013,2	11,7	1,204	1,204	1,204	1,204

$$K = \frac{V_g \cdot \rho_g \cdot (P_g - P_l)}{P \cdot (V_g \cdot \rho_g - V_l \cdot \rho_l)}$$

$$M = \frac{V_g \cdot \rho_g \cdot (P_g - P_l)}{P \cdot (V_g \cdot \rho_g - V_l \cdot \rho_l)}$$

$$M = \frac{V_g \cdot \rho_g \cdot (P_g - P_l)}{P \cdot (V_g \cdot \rho_g - V_l \cdot \rho_l)}$$

Este relatório é válido para o período de validade do certificado de calibração.

Este relatório é válido para o período de validade do certificado de calibração.

Este relatório é válido para o período de validade do certificado de calibração.

Este relatório é válido para o período de validade do certificado de calibração.

Fig 04 - Certificado de calibração, Gasômetro, Placa de Orifício e Bomba de vácuo.



3.6. Certificado de calibração do tubo de Pitot



Medições Ambientais Consultoria Ltda.
Laboratório de Calibração



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º CCRP 045/09

Página 1/1

MUNDO DE TRABALHO
 Solicitante: INSTITUTO DE PESQUISA CASARENSE
 Endereço: Rua Augusta, 35 - Sala 2 - 6º Andar - Curitiba - PR
 Serviço: Calibração de velocímetro de tubo de Pitot em função da pressão
 Data de emissão: 27/04/09
 Protocolo: ICA 242/09

Características do Sistema de Medição a Vácuo
 Tipo de tubo: Tubo de Pitot
 Modelo: 100/08

Data de Entrega
 Data de Recebimento: 30/04/09
 Data de Entrega: 30/04/09
 Local de Realização: Laboratório de Calibração
 Método Adotado: EN 1068

PERÍODO DE VALIDADE
 Validade: 12 meses
 Data de Emissão: 27/04/09
 Data de Validade: 27/04/10

Características do Sistema de Medição de Velocidade
 Modelo: Tubo de Pitot Prandtl
 Marca de Referência: TSP-41
 Calibração: 27/04/09
 Validade: 24/04/10
 Certificado: 8882-104
 Direção: Bussmeiser
 Coordenador: Sauer
 Responsável: Sauer

Medições do Ensaio

Tubo de Referência (mm)	Velocidade real do fluxo (m/s)	Pressão de Velocidade (paH ₂ O)		Fator de Correção do Fio "S"		Fator de Correção do Fio "B"		Desvio dos Fios		Desvio no zero do (PaH ₂ O) (PaH ₂ O)
		Pressão	Tubo A Tubo B	Tubo A Tubo B	Tubo A Tubo B	Tubo A Tubo B	Tubo A Tubo B			
0,6	3,7	0,00	0,4 0,4	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004
	4,8	0,06	0,56 0,56	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004
	5,9	0,12	0,61 0,61	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004
3,0	11,2	0,36	0,46 0,46	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004
	13,2	0,45	0,55 0,55	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004
	15,2	0,54	0,64 0,64	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004
15,0	20,1	0,84	0,94 0,94	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004
	24,1	1,24	1,34 1,34	0,994	0,994	0,997	0,997	0,003	0,003	0,004

Equações Utilizadas:
 $V = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{din}}}{\rho}}$ $P_{\text{din}} = P_{\text{est}} - P_{\text{est,0}}$ $K = \frac{P_{\text{din}}}{\rho \cdot V^2}$

Comentários do Ensaio:
 A incerteza expandida associada aos resultados do CCRP é de 11,1% (nível de confiança de 95%) para todos os resultados reportados neste relatório.

Curitiba, 27 de Abril de 2009


 Responsável Técnico



Fig 05 - Certificado de calibração tubo de Pitot em "S" tramos "A" e "B".

OS RESULTADOS CONFIÁVEIS NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO



9.7. Certificado de calibração do analisador SPRINT 1000

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

NÚMERO: 02.000
DATA: 20/06/2007

Cliente: SECRETARIA DE SAÚDE

Destinatário do Certificado: Secretaria de Saúde - COOP e no setor de Poluição Atmosférica

Identificação do equipamento: Temporizador Analisador LIA - modelo

Modelo do Produto: LI 01 - 01 - 01

Parâmetros medidos: Medida de concentração de material particulado

Nome do parâmetro	Unidade	Valor medido	Valor padrão
PM10 (µg/m³)	µg/m³	1,20	1,20
PM2,5 (µg/m³)	µg/m³	0,80	0,80

Validade do certificado: 12 meses

Observações: O equipamento foi calibrado e encontra-se em boas condições de funcionamento.

Assinatura do responsável: Marcelo M. Pereira
Coordenador

Fig 06 - Certificado de calibração do analisador de CO, CO2 e O2

9.8. Certificado técnico

ENERGÉTICA
Qualidade do Ar

CERTIFICADO

1 Guilherme Marcelino dos Passos

SEM PARTICIPAÇÃO NO CASO

Calibração, Operação e Manutenção de Equipamentos de Monitoramento de Qualidade do Ar (QMAs)

REALIZADO EM: TRAFICANTE NOROESTE S/A - Uno Jorge Saneado
Cidade de São José do Rio Preto - SP, em 20 de Fevereiro de 2007

ASSINATOR: [Assinatura]
Coordenador Técnico

DIRETOR RESPONSÁVEL: [Assinatura]
Coordenador Técnico

Rua Paraíba - nº 35 - Sala 06 - Centro Executivo Forense - São Luiz, Crisiuma/SP - CEP 38803-170 - Fone/Fax: (48) 3439.3113 - www.bc-energias.com.br

Fig 07 - Certificado do técnico responsável pela amostragem

- página 17 de 17 -

OS RESULTADOS CURTAM NESTE DOCUMENTO CORRESPONDEM EXCLUSIVAMENTE AO MATERIAL AMOSTRADO

