

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

NATÁLIA SPRICIGO MARAGNO

**AVALIAÇÃO DA EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA DETERIORAÇÃO
DA QUALIDADE DO AR INTERNO. ESTUDO DE CASO: SETOR DE
PREPARAÇÃO DE MASSA DE UMA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS
CERÂMICOS**

CRICIÚMA

2013

NATÁLIA SPRICIGO MARAGNO

**AVALIAÇÃO DA EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA DETERIORAÇÃO
DA QUALIDADE DO AR INTERNO. ESTUDO DE CASO: SETOR DE
PREPARAÇÃO DE MASSA DE UMA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS
CERÂMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
para obtenção do grau de Engenheira
Ambiental no curso de Engenharia Ambiental
da Universidade do Extremo Sul Catarinense,
UNESC.

Orientadora: Prof.^a MSc. Paula Tramontim
Pavei

CRICIÚMA

2013

NATÁLIA SPRICIGO MARAGNO

**AVALIAÇÃO DA EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA DETERIORAÇÃO
DA QUALIDADE DO AR INTERNO. ESTUDO DE CASO: SETOR DE
PREPARAÇÃO DE MASSA DE UMA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS
CERÂMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Controle de Qualidade do Ar.

Criciúma, 28 de novembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Paula Tramontim Pavei - Mestre - (UNESC) - Orientadora

Prof. Clóvis Norberto Savi - Mestre - (UNESC)

Prof.^a Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann - Mestre - (UNESC)

Dedico este trabalho a todos os funcionários do setor de preparação de massa da empresa, que apesar das dificuldades encontradas, demonstram sempre muita força de vontade e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, meu mestre, por sempre me dar forças e guiar os meus caminhos com proteção.

Aos meus pais, Ocimar e Eliane, pelos ensinamentos e apoio incondicional ao longo de todo o curso, pela compreensão e confiança em mim depositada.

À minha irmã, Marina, que mesmo longe demonstra apoio e preocupação, sempre me auxiliando nos momentos difíceis.

À professora Paula Tramontim Pavei, minha orientadora, pela dedicação, paciência e ensinamentos repassados que foram fundamentais para a construção deste trabalho.

Aos professores Clóvis Norberto Savi e Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann, por aceitarem participar da banca examinadora e apresentarem suas contribuições.

Ao meu supervisor de estágio, pela oportunidade, auxílio e conhecimentos disponibilizados.

Aos meus amigos, em especial à Andrea, Jéssica e Rafaela, pela amizade de sempre e por inúmeros conselhos e estímulos repassados durante este período. À Manuela, pelo companheirismo durante os anos de faculdade, amizade e ajuda nos momentos em que preciso. Também à minha amiga Juliana, pela contribuição e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e verdadeiros amigos que fiz durante a graduação, os quais jamais esquecerei, pelos momentos vividos e conhecimentos compartilhados.

E a todos que, de alguma forma, se interessaram pelo sucesso deste trabalho.

“De um certo ponto adiante não há mais retorno. Esse é o ponto que deve ser alcançado”

Franz Kafka

RESUMO

A indústria cerâmica tem grande importância no desenvolvimento econômico do Estado de Santa Catarina, sendo que a região sul concentra as maiores empresas deste setor. Entretanto, muitos impactos ambientais são decorrentes desta atividade, dentre eles a deterioração da qualidade do ar interno. Em ambientes industriais, a qualidade do ar interno pode ser alterada pela emissão de poluentes provenientes do próprio processo produtivo. Devido ao uso da argila nas indústrias cerâmicas, sobretudo as de via seca, as principais emissões atmosféricas internas neste tipo de atividade estão relacionadas à geração de material particulado contendo sílica. A exposição a este poluente pode ser prejudicial à saúde dos trabalhadores e afetar principalmente o sistema respiratório. Além disto, as doenças respiratórias conhecidas como Doenças Pulmonares Ocupacionais, especialmente a silicose, podem ser difundidas no ambiente de trabalho. Deste modo, na empresa em estudo foram realizados monitoramentos por laboratórios terceiros, a fim de avaliar quantitativamente os agentes de riscos ocupacionais, dentre eles partículas respiráveis contendo sílica. Visando complementar e interpretar este estudo, bem como obter um diagnóstico local, o presente trabalho teve como objetivo principal analisar a contribuição da emissão de material particulado na deterioração da qualidade do ar interno no setor de preparação de massa de uma indústria de revestimentos cerâmicos, bem como propor medidas para correção dos problemas diagnosticados. Para atingir este objetivo, primeiramente foram realizadas pesquisas bibliográficas acerca do tema, seguido de um diagnóstico da qualidade do ar interno no setor e proposição de medidas para melhoria da qualidade do ar. O diagnóstico constituiu-se de análises dos resultados para partículas respiráveis contendo sílica do estudo solicitado pela empresa, bem como da coleta de dados e análise das possíveis fontes emissoras de material particulado no setor de preparação de massa. De forma geral, observou-se que os resultados avaliados no relatório estavam acima do limite de tolerância estabelecido pela Norma Regulamentadora NR-15, definindo a atividade como insalubre. Além disto, os principais problemas identificados no diagnóstico foram áreas não pavimentadas, equipamentos e processos não enclausurados ou isolados, falhas no sistema de ventilação local exaustora e falta de captores e tubulações. A partir destas informações, foram propostas medidas como a pavimentação do local, enclausuramento, juntamente com a instalação de um sistema de ventilação local exaustora, além de manutenção preventiva, utilização de EPI's, sinalização e mecanismos de limpeza adequados. As propostas sugeridas, caso adotadas pelo empreendimento, poderão contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do ar interno e conseqüentemente trazer benefícios ao ambiente de trabalho, reduzindo o risco ocupacional na qual o trabalhador está exposto, bem como custos com a insalubridade.

Palavras-chave: Qualidade do ar interno. Material particulado. Risco ocupacional. Medidas corretivas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Filtro de mangas com sistema de limpeza por sacudimento	28
Figura 02 – Filtro de mangas com sistema de limpeza por jato pulsante	29
Figura 03 – Lavador de gás tipo Venturi	30
Figura 04 – Ciclone comum.....	31
Figura 05 – A – Multiciclone com entrada do fluxo de ar pela parte superior; B – Multiciclone com entrada do fluxo de ar pela lateral.....	32
Figura 06 – Secador rotativo da empresa	35
Figura 07 – A – Moinho pendular da empresa; B – Peneira utilizada no processo de moagem	36
Figura 08 – Moinho pendular.....	36
Figura 09 – Processo de prensagem	37
Figura 10 – Processo de esmaltação	38
Figura 11 – Peças encaminhadas ao forno	39
Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo da atividade	40
Figura 13 – A – Argilas estocadas no galpão da empresa; B – Máquina carregando as argilas para transporte.....	49
Figura 14 – A – Pá-carregadeira transportando as argilas ao caixão esteira; B – Caixão esteira: etapa de secagem	50
Figura 15 – A – Transporte da argila do caixão esteira ao britador; B – Transporte da argila do britador aos secadores	51
Figura 16 – A – Saída da massa dos secadores rotativos; B – Massa estocada em montes para resfriamento.....	52
Figura 17 – Lavador de gases (<i>Scrubber</i>)	53
Figura 18 – A – Etapa de moagem: processo produtivo em funcionamento; B – Etapa de moagem: processo produtivo paralisado.....	54
Figura 19 – A – Caixão esteira: etapa de moagem; B – Transporte da massa das peneiras ao moinho pendular	55
Figura 20 – A – Moinho de martelo; B – Moinho pendular	56
Figura 21 – A – Peneiras durante o processo produtivo paralisado; B – Peneiras durante o processo produtivo em funcionamento.....	57
Figura 22 – Filtro de Mangas 1: sem revestimento	59
Figura 23 – A – Filtro de Mangas 2; B – Filtro de Mangas 3	59

Figura 24 – A – Coifa aberta, da correia que transporta o material peneirado ao moinho pendular; B – Tubulação mal conectada ao captor 1B; C – Tubulação não conectada ao captor 1C; D – Tubulação sem ligação e sem captores, no ponto de saída da massa das peneiras 4 e 5.....	61
Figura 25 – A – Tubulações não conectadas ao captor 3K; B – Coifas 3I e 3J abertas; C – Tubulação não conectada ao captor 3N; D – Tubulações desgastadas e não conectadas ao Filtro de Mangas 3	61
Figura 26 – A – Tubulações entre as peneiras 1 e 2 não conectadas ao captor 3F; B – Tubulação atrás das peneiras 1 e 2 (captor 3F) desgastada e com furos.....	62
Figura 27 – Etapa de granulação	63
Figura 28 – A e B – Coifa aberta nas laterais.....	64
Figura 29 – A – Tubulações sem captores; B – Tubulação não conectada	64
Figura 30 – Descarregamento da massa nas correias	65
Figura 31 – Partículas precipitadas da peneira e correias	66
Figura 32 – A – Etapa de secagem: local sem pavimentação; B – Etapa de moagem: local sem pavimentação	67
Figura 33 – A – Modelo de correia enclausurada; B – Modelo de bandeja de contenção na correia.....	69
Figura 34 – Modelo de cabines com sistema de VLE	70
Figura 35 – Correia enclausurada com sistema de VLE	72
Figura 36 – Modelo de cartaz de advertência	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASPACER – Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CO – Monóxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

CO₂ – Dióxido de Carbono

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EPR – Equipamento de Proteção Respiratória

FIESC – Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina

FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho

FMC – Fumaça

LT – Limite de Tolerância

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MP – Material Particulado

MP 10 – Partículas com Diâmetro Inferior a 10 µm

MP 2,5 – Partículas com Diâmetro Inferior a 2,5 µm

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NHO – Norma de Higiene Ocupacional

NO – Monóxido de Nitrogênio

NO_x – Óxidos de Nitrogênio

NO₂ – Dióxido de Nitrogênio

NR – Norma Regulamentadora

O₃ – Ozônio

PTS – Partículas Totais em Suspensão

SiO₂ – Sílica

SO₂ – Dióxido de Enxofre

VLE – Ventilação Local Exaustora

VGD – Ventilação Geral Diluidora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 AR ATMOSFÉRICO	15
3.2 QUALIDADE DO AR INTERNO	15
3.2.1 Poluentes atmosféricos que afetam a qualidade do ar interno.....	16
3.2.1.1 Material particulado (MP)	17
3.2.1.2 Sílica (SiO ₂).....	18
3.2.1.3 Compostos orgânicos voláteis (COV's)	19
3.2.1.4 Monóxido de carbono (CO)	19
3.2.1.5 Dióxido de carbono (CO ₂)	20
3.2.1.6 Óxidos de nitrogênio (NO _x).....	20
3.2.1.7 Dióxido de enxofre (SO ₂).....	21
3.2.1.8 Ozônio (O ₃)	21
3.2.2 Efeitos dos poluentes atmosféricos à saúde humana	22
3.2.2.1 Silicose	23
3.2.3 Medidas de controle da qualidade do ar interno	24
3.3 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL	25
3.3.1 Ventilação Geral Diluidora (VGD).....	26
3.3.2 Ventilação Local Exaustora (VLE)	26
3.4 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	27
3.4.1 Filtros de Mangas	28
3.4.2 Lavador de gases	29
3.4.3 Ciclones e Multiciclones.....	30
3.5 LEGISLAÇÕES ASSOCIADAS À QUALIDADE DO AR INTERNO.....	32
4 METODOLOGIA	34
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	34
4.2 MÉTODO DA PESQUISA	41
4.2.1 Diagnóstico da qualidade do ar interno	41
4.2.1.1 Análise do relatório de avaliação de riscos ocupacionais.....	42

4.2.1.2 Análise das possíveis fontes emissoras de material particulado	43
4.2.2 Proposição de medidas para melhoria da qualidade do ar interno	44
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	45
5.1 DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR INTERNO	45
5.1.1 Análise do relatório de avaliação de riscos ocupacionais	45
5.1.2 Fontes de emissão de material particulado	47
5.1.2.1 Etapa de armazenamento de matéria-prima e secagem.....	48
5.1.2.2 Etapa de moagem	53
5.1.2.3 Etapa de granulação	62
5.2 MEDIDAS PROPOSTAS PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO AR INTERNO	68
5.2.1 Etapa de armazenamento de matéria-prima e secagem	68
5.2.2 Etapa de moagem.....	71
5.2.3 Etapa de granulação	74
6 CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICES	85

1 INTRODUÇÃO

O setor cerâmico possui grande importância econômica na região sul de Santa Catarina, tendo em vista a disponibilidade de recursos minerais na área. Segundo dados da FIESC (2013), o Estado é o segundo maior exportador do país e no ano de 2011 contava com 714 indústrias concentradas em sua maioria na região sul. A indústria de revestimentos cerâmicos constitui um segmento desta atividade, juntamente com a cerâmica vermelha (tijolos e telhas), materiais refratários, louças e vidro.

Este segmento engloba, dentro do seu ramo de produção, placas aplicadas para revestir pisos e paredes. Para a fabricação das peças cerâmicas utiliza-se como principal matéria-prima a argila. De acordo com o processo de fabricação, as cerâmicas deste setor podem ser classificadas em via úmida, onde as matérias-primas são moídas e homogeneizadas em moinhos de bolas e em meio aquoso; e via seca, na qual o processo de moagem é realizado a seco (CONSTANTINO; ROSA; CORRÊA, 2006).

Em decorrência deste processo, significantes impactos ambientais podem ser observados, tais como a poluição do ar, água e solo, poluição sonora e desmatamento. Outro problema observado neste ramo industrial é o da deterioração da qualidade do ar interno, a qual é desencadeada pela elevada temperatura, ruído e poluentes provenientes do próprio processo produtivo.

Devido às características e matérias-primas utilizadas, a indústria cerâmica emite altas concentrações de material particulado (MP), especialmente as que realizam o processo a seco. A geração de MP ocorre devido ao transporte da argila em caminhões sem lonas ou coberturas; à armazenagem da argila fora de silos ou galpões; à preparação da massa cerâmica e aos processos de moagem, peneiramento e secagem (OLIVEIRA; MAGANHA, 2008). Nesta atividade as partículas geradas contêm diâmetro inferior a 100 µm, algumas podendo ser inaláveis e permanecerem no sistema respiratório.

Deste modo, a exposição dos trabalhadores a estes poluentes pode comprometer a saúde e diminuir o rendimento de trabalho, inclusive gerando a possibilidade de os trabalhadores desenvolverem doenças respiratórias conhecidas como Doenças Pulmonares Ocupacionais, causadas pela inalação de partículas, vapores ou gases nocivos. Entre elas destaca-se a silicose, desenvolvida pela

inalação de pó de sílica, sendo que as indústrias de revestimentos cerâmicos estão entre as principais atividades que apresentam maior risco dos trabalhadores adquirirem esta doença, em razão do uso da argila (BON; ANJOS; KULCSAR, 2013).

Em função das consequências descritas, fez-se necessário a criação de uma norma que assegure o trabalhador quanto à exposição aos agentes nocivos. Assim, a Norma Regulamentadora NR-15, aprovada pela Portaria nº 3.214/78 do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego), determina limites de tolerância para ruído, calor e alguns poluentes, além de outros fatores, a fim de verificar as atividades e operações insalubres, bem como garantir a segurança do trabalhador e a qualidade do ambiente de trabalho.

Com base nestas informações, na empresa em estudo foram realizados monitoramentos por laboratórios terceiros em todos os setores da atividade para avaliar a qualidade do ar interno. Este monitoramento teve como objetivo avaliar quantitativamente os agentes de riscos ocupacionais, incluindo as partículas respiráveis contendo sílica. Entretanto, até o momento não foi realizado um diagnóstico da origem destes resultados, avaliando as fontes de contribuição da deterioração da qualidade do ar interno na atividade, sobretudo no setor de preparação de massa, área esta que visualmente apresenta a maior carga de emissão fugitiva de material particulado.

Diante do exposto, torna-se imprescindível a adoção de medidas que sejam capazes de minimizar as emissões atmosféricas, bem como outros fatores que afetam a qualidade do ar interno, a fim de melhorar o ambiente de trabalho.

Desta forma, o presente trabalho irá analisar as fontes de emissão de material particulado no setor de preparação de massa da indústria, além de propor medidas para corrigir os problemas diagnosticados em relação à deterioração da qualidade do ar interno.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a contribuição da emissão de material particulado na deterioração da qualidade do ar interno no setor de preparação de massa de uma indústria de revestimentos cerâmicos, bem como propor medidas para correção dos problemas diagnosticados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um diagnóstico da qualidade do ar interno no setor de preparação de massa, com enfoque na emissão de material particulado;
- Verificar se as concentrações de partículas respiráveis no setor oferecem riscos ocupacionais aos trabalhadores;
- Identificar as possíveis fontes emissoras de material particulado no setor;
- Propor medidas para corrigir os problemas identificados em relação à deterioração da qualidade do ar interno.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 AR ATMOSFÉRICO

O ar atmosférico é uma mistura de inúmeros gases, quais são: nitrogênio (78,11%); oxigênio (20,95%); argônio (0,934%); gás carbônico (0,033%), além de outros constituintes em porcentagens menores, como o hélio, hidrogênio, metano, dióxido de nitrogênio, vapor d'água e material particulado (BRAGA et al, 2003). Entretanto, segundo Vesilind e Morgan (2011), considerando os poluentes emitidos na atmosfera, esta composição não é encontrada na natureza e serve apenas como referência.

A poluição atmosférica ocorre quando o ar “contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para causar danos em seres humanos, animais, vegetais ou em materiais” (BRAGA et al, 2003, p. 171).

3.2 QUALIDADE DO AR INTERNO

A Resolução ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) nº 09/2003 define a qualidade do ar ambiental interior como a condição do ar de um ambiente interno que resulta do processo de ocupação de um ambiente fechado, seja este com ou sem climatização artificial (ANVISA, 2003).

Segundo o NTT Treinamento Avançado (2003 apud BASTO, 2007), o nível de contaminação do ar em um ambiente interno chega até 100% em relação ao nível de contaminação do ar externo. Este fato ocorre devido ao acúmulo de umidade e poeira nos ambientes fechados.

O ar contaminado em ambientes internos afeta a saúde humana e pode prejudicar a realização de atividades no local. Estes problemas ocorrem devido à inalação de poluentes perigosos que estão presentes no ambiente (VESILIND; MORGAN, 2011).

A qualidade do ar interno pode ser estudada tanto em ambientes industriais, quanto em ambientes destinados apenas à habitação, incluindo locais de trabalho, como os edifícios. As emissões provenientes dos materiais de construção, produtos de limpeza, combustões e a poluição por fungos e bactérias são exemplos de compostos prejudiciais à saúde encontrados no interior dos edifícios. Por outro

lado, em ambientes industriais, os poluentes como material particulado, CO e SO₂, são gerados a partir de atividades decorrentes do próprio processo produtivo (MACINTYRE, 1990). Ressalta-se que o foco deste trabalho é a qualidade do ar interno em ambientes industriais.

De acordo com Carmo e Prado (1999), dois fatores principais podem alterar a qualidade de um ambiente, sendo eles a ventilação inadequada e os contaminantes presentes no recinto.

A ventilação não significa somente o fornecimento do ar externo, como também a retirada do ar viciado dentro do ambiente, ou seja, envolve a “entrada de ar externo, o condicionamento e mistura do ar por todas as partes do ambiente e a exaustão de alguma parcela do ar interno” (CARMO; PRADO, 1999, p. 6). Portanto, a qualidade do ar interno pode ser afetada caso algum destes processos seja inadequado (CARMO; PRADO, 1999).

Alguns contaminantes como vapores, gases, poeiras, fungos e bactérias são gerados no próprio ambiente a partir de diferentes fontes. O dióxido de carbono (CO₂) exalado da respiração, odores, compostos orgânicos voláteis (COV) e o material particulado (MP) são exemplos de poluentes presentes no ambiente interno (BASTO, 2007).

3.2.1 Poluentes atmosféricos que afetam a qualidade do ar interno

A Resolução CONAMA nº 003/90 define poluente atmosférico como qualquer forma de matéria ou energia em quantidade e intensidade em desacordo com os níveis estabelecidos, e que podem tornar o ar nocivo e danoso aos seres vivos e materiais (BRASIL, 1990).

Macintyre (1990) afirma que algumas substâncias contidas no ar, como poeiras, bactérias e odores, que se encontram acima de certa concentração, constituem poluentes ou contaminantes e podem prejudicar a saúde humana e ocasionar danos ecológicos.

Muitos dos poluentes encontrados no ar de ambientes internos provêm do próprio meio, ou seja, estão contidos em tintas de paredes ou móveis, tapetes, produtos de limpeza, computadores, copiadoras e o próprio ocupante, o qual produz dióxido de carbono através da respiração (BASTO, 2007, p. 31).

Na sequência são apresentados os principais contaminantes do ar interno.

3.2.1.1 Material particulado (MP)

Segundo a CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2013), material particulado é o conjunto de compostos sólidos e líquidos, poeiras e fumaças que se encontram suspensos na atmosfera devido ao seu pequeno tamanho. Clezar e Nogueira (1999) afirmam que as partículas que possuem diâmetro menor que 100 μm (micra) são denominadas de aerossol.

As principais fontes de emissão do MP são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros (CETESB, 2013). A CETESB (2013) ainda classifica o MP em quatro categorias: Partículas Totais em Suspensão (PTS): possuem diâmetro menor que 50 μm , podem ser inaláveis e causar problemas à saúde e afetar a qualidade de vida da população; Partículas Inaláveis (MP_{10}): possuem diâmetro inferior a 10 μm , podem ficar retidas no sistema respiratório e até atingir os alvéolos pulmonares; Partículas Inaláveis Finas ($\text{MP}_{2,5}$): possuem diâmetro menor que 2,5 μm , penetram profundamente no sistema respiratório e podem atingir os alvéolos pulmonares; e Fumaça (FMC): é o material particulado suspenso na atmosfera, que resulta dos processos de combustão.

Os aerossóis, conforme Macintyre (1990) podem ser classificados ainda de acordo com sua formação, sendo estes: Fumos, que são partículas sólidas com diâmetro inferior a 10 μm e resultam da condensação de partículas no estado gasoso após a volatilização de metais fundidos; Poeiras, que se formam a partir da desintegração mecânica de substâncias, podendo ser através do manuseio (embalagem) ou de operações como britagem, moagem, trituração e peneiramento. Alguns exemplos como poeiras de carvão, sílica, asbesto e outras partículas com diâmetro inferior a 100 μm se enquadram nesta classificação; Fumaça, que são aerossóis constituídos da combustão incompleta de materiais orgânicos, como lenha, carvão e cigarro, e possuem diâmetros inferiores a 1 μm ; Névoas, que são gotículas líquidas com diâmetros entre 0,1 e 100 μm , resultantes da condensação de vapores ou da dispersão mecânica de líquidos; e por fim Fuligem, que são partículas oriundas da queima de carvão e óleo combustível.

As partículas presentes em ambientes internos podem ter como origem fontes internas e externas, porém, internamente, os particulados possuem granulometria menor, sendo potencialmente mais perigosos à saúde (CARMO; PRADO, 1999).

A exposição ao material particulado prejudica principalmente o sistema respiratório. As partículas inaláveis podem entrar nos alvéolos por um longo período, causando danos ao pulmão e doenças como bronquite e asma (VESILIND; MORGAN, 2011).

3.2.1.2 Sílica (SiO₂)

A sílica está presente nas areias e na maioria das rochas, podendo ser encontrada na forma cristalina, como o quartzo, ou na forma amorfa, como a sílica gel. Algumas matérias-primas como areia, feldspato e argila possuem sílica em sua composição. A poeira contendo sílica livre cristalizada origina-se de operações industriais, como mineração, cerâmica, metalurgia e fundição (KULCSAR NETO et al, 1995).

A Norma Regulamentadora NR-15, aprovada pela Portaria nº 3.214/78 do MTE, estabelece os limites de tolerância (L.T.) para poeiras minerais, sendo que o valor para a sílica livre cristalizada é definido em função da porcentagem de quartzo presente na partícula. A NR-15 apresenta três fórmulas para calcular o L.T., duas destas para a poeira total (respirável e não respirável). Uma terceira fórmula é estabelecida para expressar o limite de tolerância para a poeira respirável, interesse deste estudo, conforme determina a equação 01 abaixo (BRASIL, 1978a).

$$LT = \frac{8}{\% \text{ Quartzo} + 2} \text{ mg}/m^3 \quad (01)$$

Onde:

L.T. = Limite de Tolerância;

% quartzo = porção da massa de quartzo que passa por um seletor.

Ainda de acordo com a NR-15, o percentual de insalubridade para atividades que exponham o trabalhador a poeiras minerais, cujas concentrações sejam superiores aos limites de tolerância, é de 40%. A insalubridade assegura ao

trabalhador a percepção de adicional do percentual, incidente sobre o salário mínimo da região (BRASIL, 1978a).

3.2.1.3 Compostos orgânicos voláteis (COV's)

Os compostos orgânicos voláteis são aquelas substâncias que possuem em sua composição carbono e hidrogênio e volatilizam-se à temperatura ambiente (BASTO, 2007). As principais fontes dos COV's nos ambientes internos são os produtos químicos, como produtos de limpeza e tintas, processos de combustão, máquina fotocopadora e impressoras de papel (QUADROS; LISBOA, 2010).

“Estudos confirmaram que os COV's são encontrados em maior número nos ambientes internos do que no ar externo” (WANG; ANG; TADE, 2007 apud QUADROS; LISBOA, 2010, p. 7). Os principais compostos encontrados em um ambiente são formaldeído, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno e acetaldeído (QUADROS; LISBOA, 2010).

A exposição aos COV's pode causar cansaço, dores de cabeça, irritação nos olhos e pele, fraqueza e tonturas (CARMO; PRADO, 1999).

3.2.1.4 Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono é gerado a partir da combustão incompleta de materiais que possuam carbono em sua composição, em locais com baixo nível de oxigênio (BASTO, 2007). Segundo a CETESB (2013), o CO é um gás incolor e inodoro emitido pela queima incompleta de combustíveis de origem orgânica, como combustíveis fósseis e biomassa, sendo que as principais fontes são as emissões veiculares.

Além dos veículos automotores, todo processo industrial que envolve a queima de combustíveis orgânicos, chaminés, aquecedores, fogões e qualquer equipamento que haja combustão, também são fontes de CO (CARMO; PRADO, 1999).

Em baixas concentrações este gás pode causar dor de cabeça, náuseas e respiração irregular. Quando em níveis elevados, os sintomas são inconsciência, danos ao sistema nervoso central e ao sistema circulatório (CARMO; PRADO, 1999).

3.2.1.5 Dióxido de carbono (CO₂)

“O dióxido de carbono é o principal composto resultante da combustão completa dos combustíveis fósseis e de materiais que contenham carbono” (BRAGA et al., 2003, p. 172). O CO₂ também pode ser gerado através da respiração aeróbia dos seres vivos, uma vez que estes utilizam o oxigênio para liberar a energia presente nos alimentos que consomem (BRAGA et al, 2003). “O CO₂ é um gás incolor, inodoro e não inflamável” (CARMO; PRADO, 1999, p. 10).

A Resolução ANVISA nº 09/2003 define para o CO₂ como valor máximo recomendável para contaminação química em ambientes internos, 1000 ppm (ANVISA, 2003). Segundo Quadros e Lisboa (2010), o CO₂ pode ser asfixiante e se tornar irritante para o sistema respiratório, desde que haja exposição a concentrações extremamente altas, acima de 30000 ppm.

O CO₂ é considerado o principal gás do efeito estufa, devido ao volume de emissões. Sua concentração tem apresentado um aumento expressivo na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global. “A queima de combustíveis fósseis e o desmatamento são os fatores que mais contribuem para esse aumento” (LESSIN; GHINI, 2009, p. 385).

3.2.1.6 Óxidos de nitrogênio (NO_x)

O óxido de nitrogênio (NO) é um gás venenoso, inodoro e incolor, que é produzido em combustões à alta temperatura. Uma vez no ar, rapidamente se combina com o oxigênio, produzindo o dióxido de nitrogênio (NO₂), gás também muito tóxico com coloração marrom escura e com um cheiro forte. Ele é um dos componentes externos principais da poluição do ar, absorvendo a luz do sol e formando uma névoa marrom-amarelada (CARMO; PRADO, 1999, p. 11).

A principal fonte dos óxidos de nitrogênio são os processos de combustão (BRAGA et al., 2003). O monóxido de nitrogênio (NO) se forma por meio de combustões a altas temperaturas, como em veículos automotores, enquanto que a geração de dióxido de nitrogênio (NO₂) está associada ao uso de fogões a gás e aquecedores de ambiente, além de fumaça e cigarro (BASTO, 2007).

Sob a ação da luz solar, o NO se transforma em NO₂, produzindo oxidantes fotoquímicos, como o ozônio (CETESB, 2013).

O NO_2 produz irritabilidade aos olhos, pele e em altas concentrações pode afetar também a garganta e o trato respiratório. “Por sua vez, o óxido de nitrogênio pode interferir no transporte do oxigênio aos tecidos do corpo e em níveis altos produz efeitos similares aos do monóxido de carbono” (CARMO; PRADO, 1999, p. 11).

3.2.1.7 Dióxido de enxofre (SO_2)

O SO_2 é um gás incolor com cheiro característico em altas concentrações (CARMO; PRADO, 1999), formado pela queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleo combustível e gasolina (CETESB, 2013). Este gás é um dos principais formadores da chuva ácida e pode reagir com outras substâncias presentes no ar, gerando partículas de sulfato que reduzem a visibilidade da atmosfera (CETESB, 2013).

“Este gás é altamente solúvel na água, portanto é rapidamente absorvido pelo muco nas membranas do sistema respiratório, além de ser muito prejudicial aos olhos” (CARMO; PRADO, 1999, p. 13). O SO_2 é também prejudicial aos equipamentos e móveis, pois quando em contato com umidade produz produtos corrosivos, como o ácido sulfúrico (BASTO, 2007).

3.2.1.8 Ozônio (O_3)

O principal produto da reação entre os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, é o ozônio (CETESB, 2013). “Normalmente, a fonte mais importante de ozônio é o ar externo, mas alguns equipamentos eletrônicos também o produzem, como fotocopiadoras e impressoras a laser” (GIODA, 2003; UNDERHILL, 2004 apud QUADROS; LISBOA, 2010, p. 11).

O ozônio é um gás oxidante e seus sintomas são irritação nos pulmões, garganta e olhos (QUADROS; LISBOA, 2010). Além de prejuízos à saúde, o ozônio é danoso à vegetação e aos materiais (CETESB, 2013).

3.2.2 Efeitos dos poluentes atmosféricos à saúde humana

Exposições contínuas a elevadas concentrações de contaminantes atmosféricos podem ser prejudiciais à saúde, podendo afetar o sistema respiratório, sistema nervoso, garganta, olhos e a pele (CARMO; PRADO, 1999). O quadro 01 apresenta os poluentes atmosféricos e seus efeitos.

Quadro 01 – Poluentes atmosféricos e seus efeitos

	SO ₂ Dióxido de Enxofre	NO ₂ Dióxido de Nitrogênio	O ₃ Ozônio	Chumbo e Metais Pesados	Material Particulado	CO Monóxido de Carbono	CO ₂ Dióxido de Carbono
Queimação nos olhos	X				X		X
Ardência nas narinas	X	X	X		X		X
Falta de ar	X	X	X	X	X	X	
Rinite	X	X	X		X		X
Sinusite	X	X	X		X		X
Tosse	X	X		X	X		X
Pressão Alta	X	X		X	X	X	X
Stress	X	X		X	X	X	X
Enxaqueca	X	X		X	X		X
Escamação da pele	X						X
Dor nos ossos				X			X
Dor de cabeça	X	X		X	X		X
Tontura	X			X	X		X
Ansiedade	X			X	X		X
Perda dos sentidos	X			X	X	X	X
Entupimento do nariz	X	X		X			X
Dor de ouvido	X	X			X		X
Pressão sob o coração	X			X	X	X	X

Fonte: NIOSH, 1987 apud BASTO, 2007.

Em razão da alteração da qualidade do ar interno, várias doenças que afetam o sistema respiratório, conhecidas como Doenças Pulmonares Ocupacionais, podem ser difundidas no local. Estas são causadas pela inalação de partículas,

névoas, vapores ou gases nocivos no ambiente de trabalho, podendo se depositar nas vias aéreas ou nos pulmões, dependendo do tamanho e do tipo de partículas que as compõem (BASTO, 2007).

Entre as doenças relacionadas ao trabalho destaca-se a pneumoconiose dos trabalhadores do carvão, a silicose desenvolvida pela inalação de pó de sílica, a asbestose provocada pela exposição ao amianto, a asma ocupacional causada pela inalação de partículas e vapores, a bronquite crônica e o câncer de pulmão (FAGUNDES; ZANELATO, 2010).

As indústrias de revestimentos cerâmicos estão entre as principais atividades que apresentam maior risco aos trabalhadores de adquirirem a silicose, em função do uso da argila (BON; ANJOS; KULCSAR, 2013).

3.2.2.1 Silicose

A silicose se desenvolve em indivíduos que inalaram pó de sílica livre durante muitos anos, sendo a doença ocupacional mais antiga. Esta patologia resulta da exposição ao quartzo e podem ocorrer nas indústrias extrativas de minerais, britagem, moagem, em cerâmicas, fundições e outras indústrias de transformação (FAGUNDES; ZANELATO, 2010).

De acordo com Kulcsar Neto et al (1995), a silicose causa o endurecimento dos pulmões devido ao acúmulo de poeira, dificultando a respiração e podendo causar até a morte.

As micropartículas de sílica conseguem ultrapassar as paredes dos alvéolos, sendo consideradas um corpo estranho no organismo, então estas partículas com diâmetro inferior a dez micra atingem o interior do pulmão, provocando uma reação dos tecidos de caráter inflamatório com cicatrização posterior. A repetição deste processo acaba provocando o endurecimento e ocasionando uma pequena formação de nódulos no tecido pulmonar, e com a persistência da exposição, este acúmulo resultará na perda de elasticidade do pulmão e a respiração exige um maior esforço (FAGUNDES; ZANELATO, 2010, p. 5).

A silicose em sua fase inicial é praticamente assintomática, porém, conforme sua evolução, a dispneia progressiva aos grandes, médios e pequenos esforços é a sua primeira manifestação (BAGATIN, 2001). O diagnóstico da doença deve ocorrer através de exames clínicos, por meio de um questionário respondido

pelo indivíduo, e de exames complementares, como raio-X de tórax e espirometria (FAGUNDES; ZANELATO, 2010).

A silicose, assim como outras pneumoconioses, é incurável e não possui tratamento, porém, pode ser evitada através da adoção de medidas de controle na empresa (KULCSAR NETO et al, 1995).

3.2.3 Medidas de controle da qualidade do ar interno

Há diversas medidas de controle que podem ser adotadas para controlar as emissões de poluentes atmosféricos em ambientes internos industriais, bem como, proteger a saúde de seus trabalhadores (KULCSAR NETO et al, 1995).

As medidas de controle podem ser classificadas de caráter coletivo e de engenharia, se projetadas e aplicadas nos ambientes e nas fontes de geração da poeira nos processos, como os sistemas de ventilação local exaustora (VLE), de caráter administrativo, como aquelas inseridas nos programas de gestão de risco, de caráter individual, como a utilização de equipamentos de proteção respiratória (EPR) e de vestimentas adequadas, e, também, como de ordem geral, por meio da limpeza e da sinalização dos locais de trabalho (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010).

As principais estão descritas abaixo:

- Ventilação: consiste em captar a poeira na fonte geradora, impedindo que os trabalhadores entrem em contato com o contaminante (KULCSAR NETO et al, 1995). Devem ser adotados sistemas de ventilação local exaustora com captos projetados e dimensionados adequadamente (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010).
- Mudança de processo ou operação: devem ser priorizados processos ou operações que evitem a geração de poluentes no ambiente de trabalho (KULCSAR NETO et al, 1995). Quando for possível, os materiais nocivos devem ser substituídos por outros de menor nocividade (MACINTYRE, 1990).
- Umidificação: utilizar água nas operações que geram poeira é uma das melhores formas de controle, pois impede a sua geração (KULCSAR NETO et al, 1995).
- Enclausuramento: O processo é realizado em compartimentos para impedir o escape de poluentes (MACINTYRE, 1990). “As fontes geradoras de poeira devem, preferencialmente, ser enclausuradas, não permitindo saída de poeira para o ambiente” (KULCSAR NETO et al, 1995, p. 16).

- Isolamento: as operações que emitem poluentes devem ser isoladas por meio de barreiras, visando reduzir o número de trabalhadores expostos ao risco. O trabalhador que entrar no local isolado deverá utilizar protetor respiratório adequado (KULCSAR NETO et al, 1995).
- Limpeza: a limpeza no interior de indústrias deve ser feita por lavagem ou por aspiração das partículas, evitando o uso de vassouras para que a poeira não seja dispersa. Nas cabines de exaustão, devem ser realizadas limpezas com ar comprimido ou escovas (KULCSAR NETO et al, 1995).
- Manutenção geral: As manutenções e verificações devem ser realizadas periodicamente em todos os equipamentos do processo, inclusive nos sistemas de enclausuramento e ventilação (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010).
- Equipamentos de proteção individual (EPI): devem ser utilizados obrigatoriamente nos ambientes de trabalho em que os riscos ocupacionais não podem ser totalmente controlados. Os EPI's devem ser fornecidos pela empresa (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010).

3.3 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

O processo de deslocamento do ar que possui como finalidade a retirada ou o fornecimento de ar a um recinto é denominado de ventilação (MACINTYRE, 1990). Quando aplicada ao setor industrial, esta é chamada de ventilação industrial (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999).

O objetivo da ventilação industrial é controlar a temperatura, a distribuição do ar, a umidade e eliminar contaminantes do ambiente (MACINTYRE, 1990). A ventilação industrial é um processo bastante efetivo no controle da poluição do ar em ambientes de trabalho, promovendo a diluição ou retirada de agentes poluidores presentes. Além de auxiliar no conforto térmico dos ambientes internos, a ventilação também é eficaz na conservação de materiais e equipamentos (LISBOA, 2007). De acordo com Macintyre (1990), um sistema de ventilação industrial impede ainda que o lançamento de poluentes na atmosfera contamine o ar.

A ventilação industrial se classifica em Ventilação Geral Diluidora e Ventilação Local Exaustora (LISBOA, 2007).

3.3.1 Ventilação Geral Diluidora (VGD)

A ventilação geral diluidora consiste em diminuir a concentração de contaminantes no ambiente por meio da diluição. Este tipo de ventilação pode ocorrer de duas formas: ventilação natural, através da diferença de pressão provocada pela ação do vento ou diferença de densidade entre ar externo e interno; e ventilação mecânica, que se dá pela diferença de pressão provocada pela ação de um ventilador insuflando ou succionando o ar (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999).

A ventilação geral diluidora obtida mecanicamente pode ser feita de três maneiras: Insuflação mecânica e exaustão natural; Insuflação natural e exaustão mecânica; e Insuflação e exaustão mecânica (MACINTYRE, 1990).

Na insuflação mecânica e exaustão natural, um ventilador envia ar exterior para dentro do ambiente. Como a pressão de dentro do recinto se torna maior que a pressão exterior, o ar sai pelas aberturas existentes, diluindo os contaminantes e arejando o ambiente. Na insuflação natural e exaustão mecânica, um exaustor remove o ar do ambiente interno para o exterior. Assim, a pressão do ar no interior torna-se menor, permitindo um fluxo de ar do exterior para o interior do recinto. Na terceira forma de ventilação, há ventiladores e exaustores que insuflam e removem o ar do recinto, respectivamente, obtendo um sistema misto de ventilação (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999; MACINTYRE, 1990).

O sistema de ventilação geral diluidora não interfere nas operações e processos industriais, porém, quando a quantidade ou toxicidade dos poluentes gerados for elevada, este tipo de ventilação não é adequado. Além de não anular a agressividade do agente poluidor, necessitaria de uma grande quantidade de ar para a diluição. Nestes casos, a ventilação local exaustora é mais eficiente, pois capta os contaminantes no próprio local de formação, não permitindo que se espalhem pelo recinto (MACINTYRE, 1990).

3.3.2 Ventilação Local Exaustora (VLE)

Na ventilação local exaustora os contaminantes são removidos no local onde são gerados, evitando que sejam dispersos no ambiente ou que afetem os trabalhadores (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999; MACINTYRE, 1990). A VLE “atua

capturando os poluentes por meio de uma corrente de ar com velocidade adequada (velocidade de captura)” (COSTA, 2005, p. 139).

O sistema de ventilação local exaustora deve ser instalado apenas quando as fontes de contaminação são bem localizadas, por exemplo, em ambientes industriais que operam com britadores, peneiras, jato de areia, transporte de materiais pulverulentos e aparelhos de solda (COSTA, 2005).

Uma instalação local exaustora tem como componentes principais o captor, a rede de dutos, o ventilador e o coletor ou equipamento de controle de poluição (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999; MACINTYRE, 1990).

O captor é um dispositivo colocado na fonte geradora do contaminante a ser exaurido, podendo ser classificado em captor enclausurante, cabine ou captor externo; os dutos são componentes que conduzem o ar contaminado do captor ao ventilador, e deste ao exterior ou aos coletores; o ventilador fornece a energia necessária para o deslocamento do ar no sistema; e os coletores são equipamentos responsáveis por reter ou dissolver os contaminantes, impedindo que estes sejam lançados na atmosfera (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999; MACINTYRE, 1990).

3.4 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

No setor cerâmico as principais emissões atmosféricas estão relacionadas ao material particulado (MP). A geração de MP ocorre devido ao transporte da argila em caminhões sem lonas ou coberturas; à armazenagem da argila fora de silos ou galpões; à preparação da massa cerâmica e aos processos de moagem, peneiramento e secagem (OLIVEIRA; MAGANHA, 2008).

Cleazar e Nogueira (1999) descrevem alguns parâmetros que devem ser analisados ao selecionar o equipamento de controle de poluição, como grau de purificação desejado; concentração, tamanho e distribuição granulométrica das partículas; propriedades físicas e químicas dos contaminantes; condições do ar e de transporte; facilidade de limpeza e de manutenção; fator econômico; e método de eliminação do material coletado. Seguindo estes parâmetros, os coletores indicados para a indústria cerâmica são os filtros de mangas, lavadores, ciclones e mult ciclones (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999).

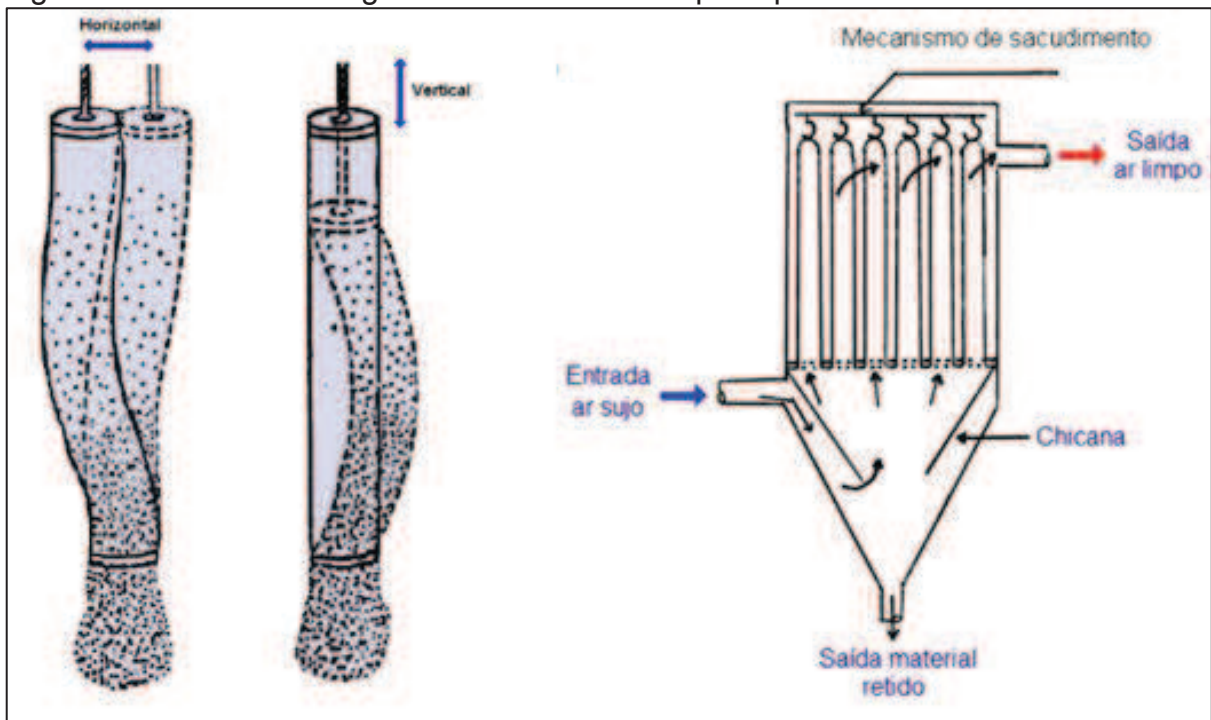
3.4.1 Filtros de Mangas

Os filtros de mangas são equipamentos utilizados no controle de particulados. Gomes (2001, p. 145) afirma que “a filtração é um dos processos mais eficientes no controle das partículas, havendo sistemas cuja porcentagem de remoção excede os 99,5%”. O fluxo gasoso com os contaminantes é forçado a passar por um meio fibroso, denominado “manga”. Este fluxo atravessa os poros da manga e as partículas, na sua maioria, ficam retidas na sua superfície (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999).

Os filtros mangas podem ser classificados, de acordo com a limpeza das mangas, em: Sacudimento mecânico, onde as partículas são removidas por agitação mecânica horizontal ou vertical, e o ar normalmente penetra pela parte interna; Ar reverso, no qual as partículas se desprendem das mangas pela inversão no sentido do fluxo de ar e; Jato pulsante de ar comprimido, onde um tubo de Venturi acoplado ao topo de cada manga gera um jato de ar que percorre toda a extensão da manga, fazendo com que as partículas se desprendam (LISBOA; SCHIRMER, 2007).

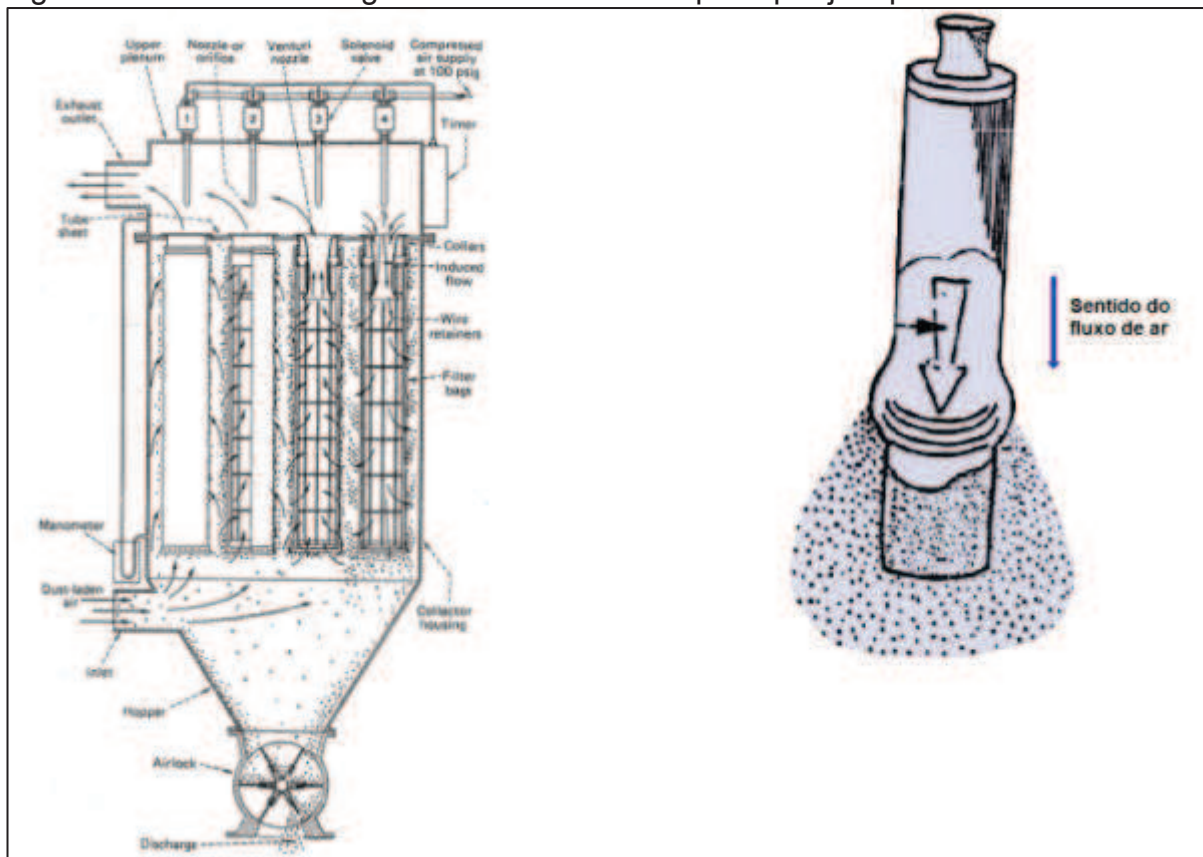
As figuras 01 e 02 ilustram dois tipos de filtros.

Figura 01 – Filtro de mangas com sistema de limpeza por sacudimento



Fonte: LISBOA; SCHIRMER, 2007.

Figura 02 – Filtro de mangas com sistema de limpeza por jato pulsante



Fonte: LISBOA; SCHIRMER, 2007.

Os filtros de mangas apresentam uma alta eficiência de remoção (até 99,9%). Porém, este equipamento possui desvantagens como o alto custo de manutenção, baixa resistência a altas temperaturas e possibilidade de entupimento (REIS JUNIOR, 2005).

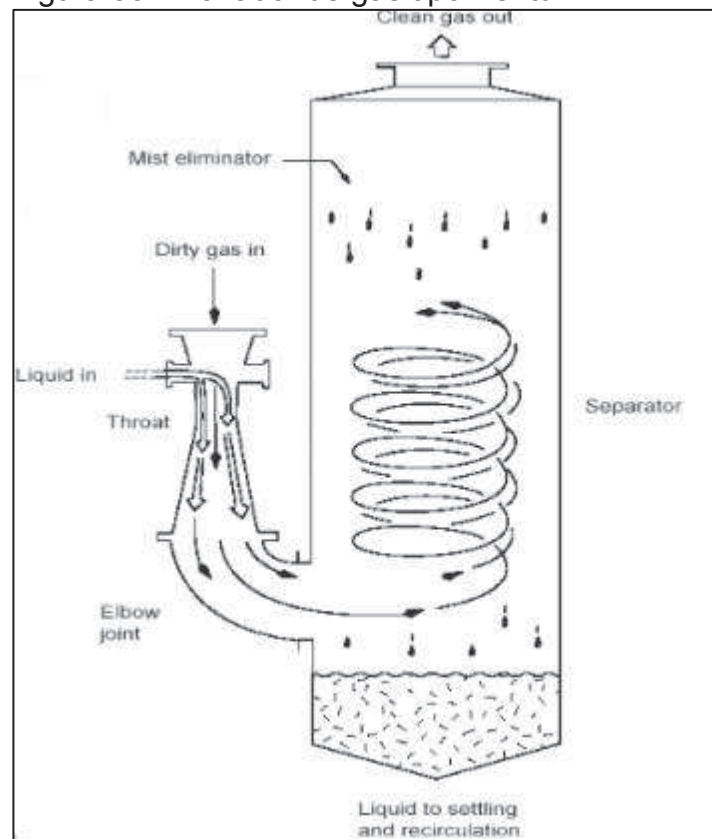
3.4.2 Lavador de gases

Os lavadores de gases são equipamentos coletores de emissões atmosféricas que podem ser utilizados tanto no controle de material particulado quanto para o controle de gases e vapores (LISBOA; SCHIRMER, 2007).

Estes equipamentos têm, basicamente, como princípio básico de funcionamento, a absorção do material particulado (absorbato) presente em fluxo gasoso por meio de um líquido (absorvente), mediante contato (mistura entre essas duas fases), o qual pode ocorrer de diferentes maneiras, dependendo do tipo de lavador. O líquido retém o material particulado onde, posteriormente, tem essa parte sólida separada (LISBOA; SCHIRMER, 2007).

Existem diversos tipos de lavadores de gases, os mais usuais são os lavadores Venturi, lavadores ciclones de spray, coletores dinâmicos úmidos, câmara de spray gravitacional, lavadores de impactação e lavadores auto-induzidos. Dentre estes, o lavador Venturi é o mais utilizado, devido a sua alta eficiência (LISBOA; SCHIRMER, 2007). A figura 03 apresenta um modelo de lavador de gases tipo Venturi.

Figura 03 – Lavador de gás tipo Venturi



Fonte: REIS JUNIOR, 2005.

Os lavadores de gases podem ser utilizados para coleta de gases a elevadas temperaturas e possuem alta eficiência de remoção. A grande desvantagem deste equipamento é a necessidade de tratar os efluentes líquidos gerados e destinar corretamente os resíduos sólidos coletados (LISBOA, 2007).

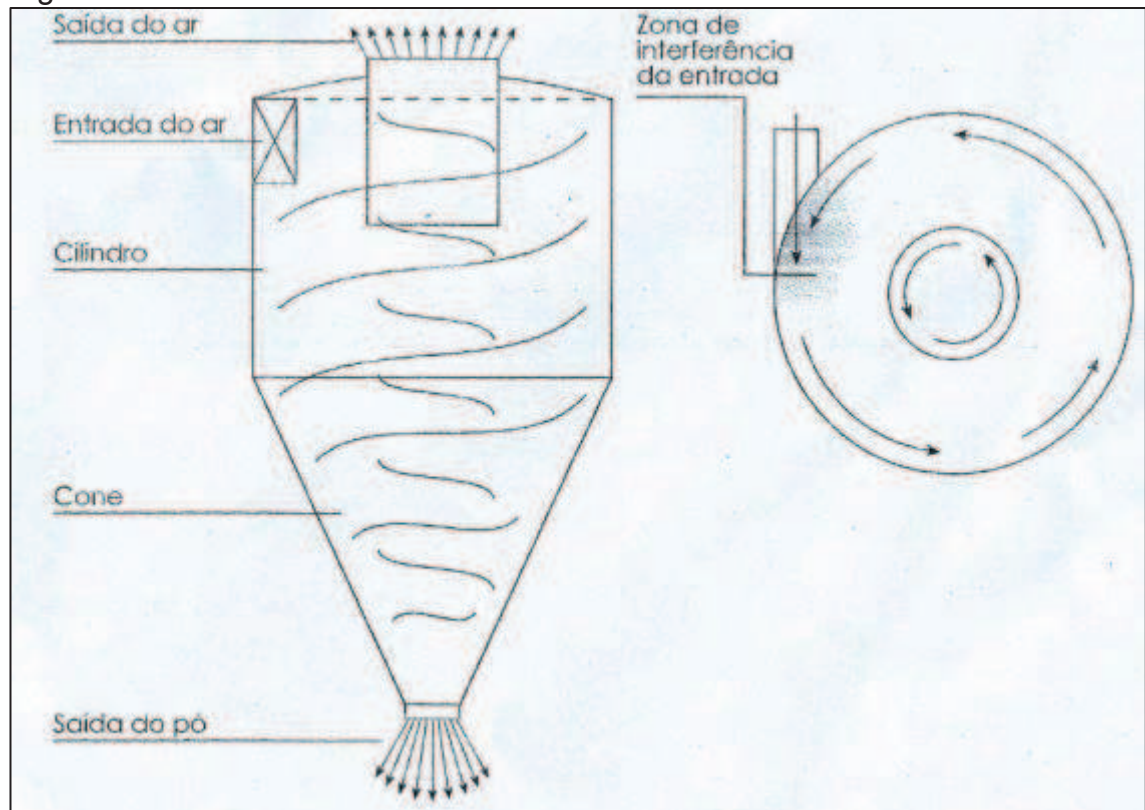
3.4.3 Ciclones e Multiciclones

Os ciclones são também conhecidos como coletores centrífugos e normalmente possuem formato cilíndrico na parte superior e cônico na parte inferior (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999; COSTA, 2005).

A separação das partículas ocorre por meio de uma aceleração centrífuga do ar, onde este entra pelo topo do equipamento e desloca-se em um movimento espiral descendente entre a parede externa e o duto de saída (COSTA, 2005). Este movimento faz com que as partículas se dirijam contra a parede do coletor, separando-se do fluxo principal e, pela ação da gravidade, são recolhidas no duto de saída (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999). Na parte inferior do ciclone, o movimento espiral desloca-se para o centro do equipamento e torna-se ascendente, fazendo com que o ar seja liberado pela parte superior (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999; COSTA, 2005).

A figura 04 abaixo apresenta o esquema de um ciclone comum.

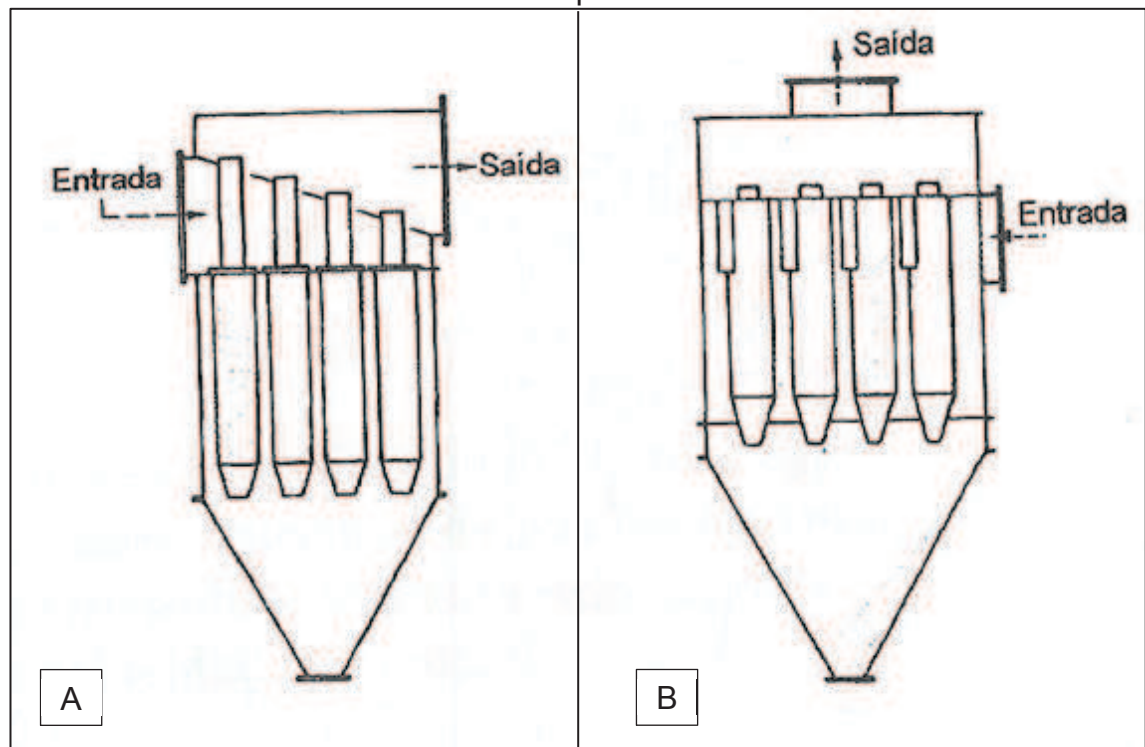
Figura 04 – Ciclone comum



Fonte: COSTA, 2005.

Os mult ciclones apresentam-se como uma associação de ciclones interligados ou agrupados. No mult ciclone, a entrada do fluxo de ar pode ocorrer na lateral ou pela parte superior de cada ciclone, como mostra a figura 05 (CLEZAR; NOGUEIRA, 1999).

Figura 05 – A – Multiciclone com entrada do fluxo de ar pela parte superior; B – Multiciclone com entrada do fluxo de ar pela lateral



Fonte: CLEZAR; NOGUEIRA, 1999.

Tanto os ciclones como os multiciclones possuem baixo custo de construção e manutenção e exigem pouco espaço para instalação. Porém, apresentam baixa eficiência para remoção de partículas pequenas e necessitam de um segundo coletor para controlar totalmente as emissões (LISBOA, 2007).

3.5 LEGISLAÇÕES ASSOCIADAS À QUALIDADE DO AR INTERNO

As principais legislações e normas relacionadas à qualidade do ar interno e segurança do trabalho serão apresentadas a seguir. Estas legislações fornecem critérios e parâmetros que devem ser seguidos para garantir a qualidade do ar, bem como a segurança dos trabalhadores em ambientes internos.

- **Resolução ANVISA nº 09/2003:** Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo (ANVISA, 2003).

- **Portaria nº 3.523/1998 do Ministério da Saúde:** Aprova o Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados (BRASIL, 1998).

- **Portaria nº 3.214/1978 do MTE, NR-15:** Atividades e Operações Insalubres. Define os agentes insalubres, limites de tolerância e os critérios para avaliar e caracterizar as atividades e operações insalubres (BRASIL, 1978a).

- **Portaria nº 3.214/1978 do MTE, NR-06:** Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Orienta os trabalhadores e à empresa quanto aos EPI's (BRASIL, 1978b).

- **Portaria nº 3.214/1978 do MTE, NR-09:** Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais (BRASIL, 1978c).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A empresa alvo deste estudo foi fundada no ano de 1970 no município de Morro da Fumaça, Santa Catarina. Inicialmente a sua produção era limitada a pisos prensados de 7cm x 15cm. No ano de 1975 a empresa passou a fabricar tijolos e, em 1996, iniciou a produção de revestimentos cerâmicos, produzindo hoje, em média, 280 mil m²/mês nos tamanhos 40cm x 40cm e 25cm x 40cm, prensados em monoqueima. Atualmente a empresa possui aproximadamente 14.000m² de área construída e seus produtos são fornecidos para os estados brasileiros e exportados para alguns países como os Estados Unidos, Uruguai, Chile e Argentina.

As principais matérias-primas utilizadas para a composição dos revestimentos cerâmicos são a argila e o argilito. A extração é feita em jazidas localizadas no bairro Linha Batista, no município de Criciúma, e no município de Meleiro, ambos em Santa Catarina. A empresa utiliza 70% do argilito, que contém maior teor de ferro e 30% da argila. Concluída a extração, estes materiais são transportados e estocados em boxes cobertos na parte externa da empresa.

O processo industrial inicia no setor de preparação de massa, que engloba as etapas de armazenamento de matéria-prima e secagem, moagem e granulação. As argilas são misturadas e trituradas em um britador a fim de quebrar os aglomerados de maiores tamanhos. Após a britagem, a massa é transportada por meio de correias a dois secadores rotativos (Figura 06), com objetivo de alcançar um teor de umidade aproximado de 7%. Ao sair do secador, a massa permanece estocada em montes para resfriamento por aproximadamente cinco dias. O combustível utilizado no secador é o gás natural e as emissões geradas são tratadas em um lavador de gases (*scrubber*).

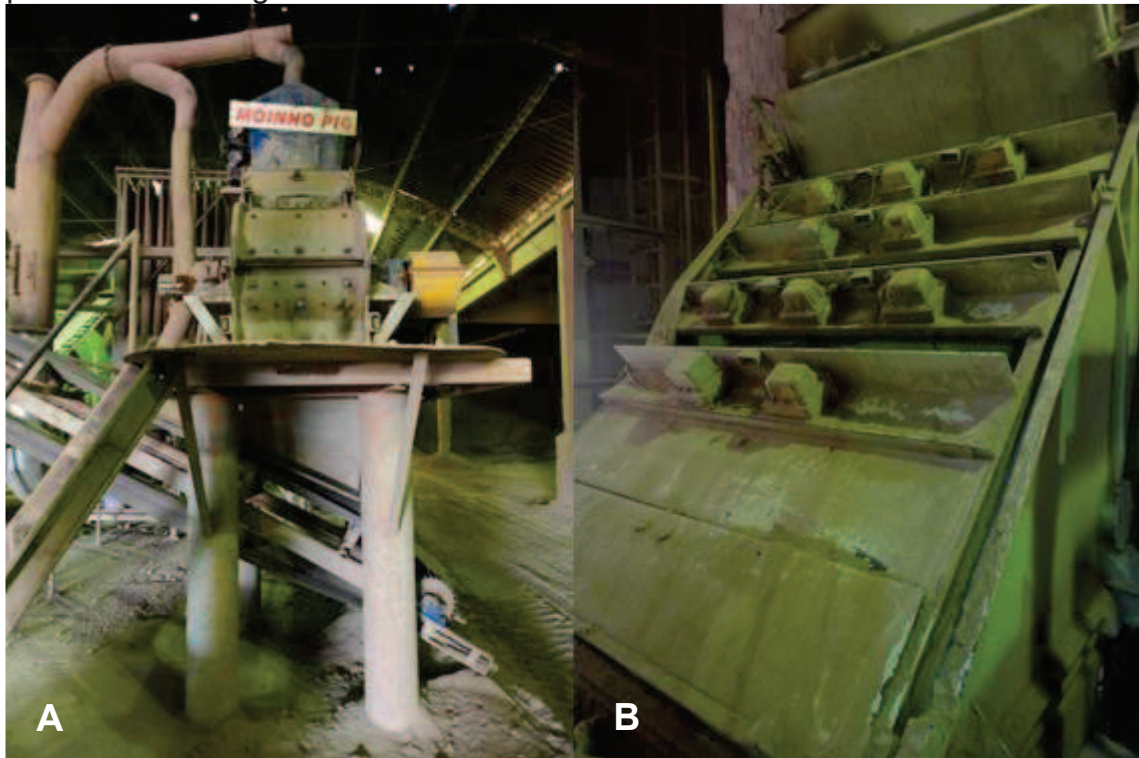
Figura 06 – Secador rotativo da empresa



Fonte: Da autora, 2013.

A próxima etapa da preparação de massa é a moagem realizada a seco, onde a massa resfriada é encaminhada ao moinho de martelo, para reduzir o tamanho das partículas, e posteriormente direcionada a três peneiras. Parte do material peneirado segue para a etapa de granulação e o restante para o moinho pendular. Posteriormente, este material é transportado para outras duas peneiras e segue também para a granulação. O material particulado oriundo do moinho de martelo e das peneiras é parcialmente captado por tubulações e direcionado para dois equipamentos de controle do tipo filtro de mangas. As emissões geradas no moinho pendular são direcionadas para um ciclone e, posteriormente, para um filtro de mangas para o tratamento final. As figuras 07 e 08 ilustram o moinho de martelo, uma peneira e o moinho pendular, respectivamente.

Figura 07 – A – Moinho pendular da empresa; B – Peneira utilizada no processo de moagem



Fonte: Da autora, 2013.

Figura 08 – Moinho pendular



Fonte: Da autora, 2013.

O granulador tem a finalidade de aderir as partículas e formar grânulos maiores, cujo tamanho pode variar entre 0,2 mm e 20 mm. O processo de granulação consiste em aplicar jatos de água à massa por meio de bicos pulverizadores até obter teor de umidade entre 8% e 10%. Através de um elevador, o pó granulado é transportado para os silos de estocagem e na sequência novamente peneirado. As partículas menores, peneiradas, são distribuídas às prensas e o remanescente é triturado em um britador. Ao sair do britador, a massa retorna à peneira e então é encaminhada às prensas.

No setor de prensagem ocorre a compactação da massa granulada por meio da aplicação de pressão (Figura 09), obtendo o formato do produto. Após a prensagem, a peça é levada ao secador para remoção da umidade. O combustível utilizado é o gás natural e a temperatura permanece em torno de 80°C. O setor de prensa conta com três filtros de mangas, de menores tamanhos quando comparados aos do setor de moagem, que coletam as partículas geradas durante o processo.

Figura 09 – Processo de prensagem



Fonte: Da autora, 2013.

A etapa seguinte é a esmaltação (Figura 10), onde a peça passa por uma escova para limpeza e posteriormente recebe uma camada de engobe e de esmalte. O engobe favorece o acoplamento ideal do esmalte e fornece a cor de fundo do piso. Na sequência, os rebarbadores retiram o excesso de material presente nas laterais da peça e, com o auxílio de telas serigráficas, são aplicadas tintas que conferem estampas ao produto. O processo de esmaltação ocorre em circuito fechado. As partículas geradas durante a limpeza da peça e nos rebarbadores são coletadas em um pequeno filtro de mangas.

Figura 10 – Processo de esmaltação



Fonte: Da autora, 2013.

As peças esmaltadas são conduzidas ao forno (Figura 11) durante 25 minutos para receber o tratamento térmico, etapa onde há o maior consumo de gás natural na empresa. Esta operação ocorre em três fases dentro do forno: aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada; queima durante certo tempo na temperatura especificada; e resfriamento. A temperatura pode alcançar até 1.100°C.

Figura 11 – Peças encaminhadas ao forno

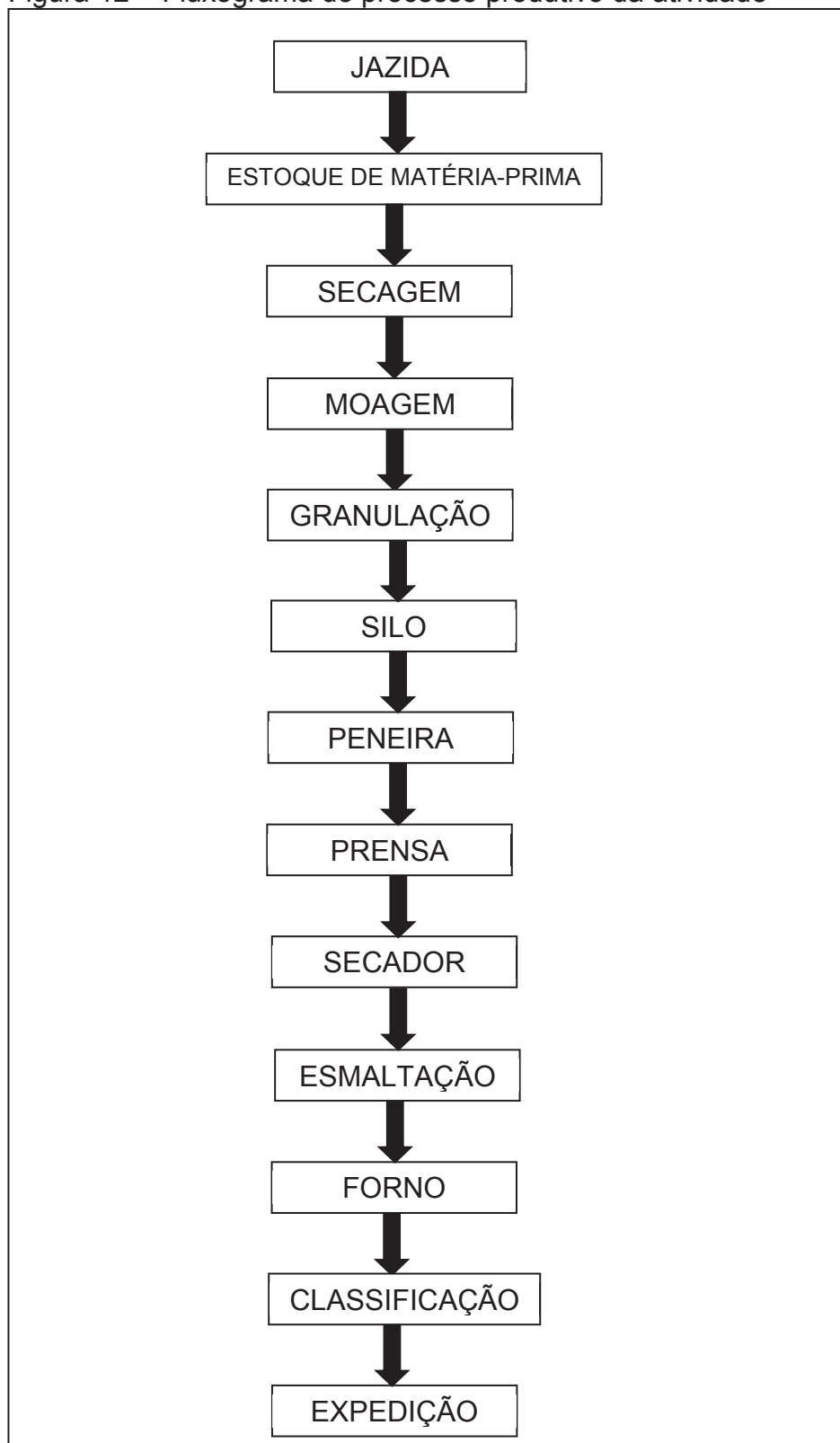


Fonte: Da autora, 2013.

Ao saírem do forno, os pisos são classificados de acordo com as suas características e defeitos, tais como cor, trinca e aspectos superficiais. Por fim, os produtos são embalados, acondicionados em pallets de madeira e armazenados para comercialização.

As etapas do processo produtivo encontram-se resumidas no fluxograma da figura 12.

Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo da atividade



Fonte: Da autora, 2013.

Simultaneamente ao processo ocorre a fabricação de esmaltes e tintas. Para produção dos esmaltes são utilizadas matérias-primas de natureza mineral, tais

como caulim, frita, feldspato, alumina, quartzo, bentonita, entre outros. Estes materiais são moídos com água por um período aproximado de 9 horas. Para a preparação de tintas, misturam-se as bases serigráficas, que são esmaltes constituídos com alto percentual de frita, o veículo químico e os corantes, dependendo da cor desejada.

A empresa possui um sistema de tratamento para os efluentes gerados nas etapas de esmaltação e preparação de esmaltes e tintas. Estes são descarregados e encaminhados às chicanas, onde são utilizados flocculantes e coagulantes para auxiliar na decantação. O lodo gerado é reutilizado na massa cerâmica e a água é reaproveitada para lavagem.

Além dos setores do processo industrial, a empresa conta com os setores de apoio como administração, almoxarifado e departamento técnico/laboratório.

4.2 MÉTODO DA PESQUISA

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a deterioração da qualidade do ar interno no setor de preparação de massa da indústria, com enfoque voltado à contaminação por material particulado, bem como propor medidas para reduzir as fontes geradoras deste poluente que contribuem para a alteração da qualidade do ar.

O foco do estudo foi direcionado ao setor de preparação de massa, pois, após análise do processo produtivo e discussões com os técnicos da empresa, observou-se que, internamente, é o setor no qual apresenta maiores reclamações e constatações em relação às emissões atmosféricas. Além disto, foi solicitado pelo supervisor de estágio um estudo detalhado das etapas do setor, a fim de melhorar a qualidade do ar no local.

A pesquisa foi dividida em duas etapas, compreendendo o diagnóstico da qualidade do ar interno e a proposição de medidas para melhorar a qualidade do ar neste setor.

4.2.1 Diagnóstico da qualidade do ar interno

O diagnóstico consiste na caracterização da área de estudo e envolve a coleta e análise de dados. O objetivo desta etapa é avaliar detalhadamente os

aspectos e impactos na área para que seja possível elaborar soluções alternativas, a fim de resolver ou minimizar os problemas encontrados. Desta forma, o diagnóstico deve ser a primeira fase de um estudo ambiental.

Neste trabalho, tal etapa constituiu-se através de uma análise do relatório de avaliação de riscos ocupacionais solicitado pela empresa e, em seguida, da coleta detalhada de dados e análise das possíveis fontes emissoras de material particulado no setor de preparação de massa.

4.2.1.1 Análise do relatório de avaliação de riscos ocupacionais

Inicialmente, a proposta do estágio era avaliar a qualidade do ar interno através de monitoramentos nos setores da indústria. Porém, por iniciativa própria, a empresa já havia solicitado esta avaliação em abril de 2013, sendo assim, o presente trabalho iniciou-se com a análise do relatório obtido.

O monitoramento foi realizado por uma empresa terceirizada e teve como objetivo analisar quantitativamente os agentes de riscos ocupacionais como ruído, temperatura e partículas respiráveis contendo sílica. Os resultados das medições foram apresentados em um relatório de acordo com o nível e tempo de exposição dos trabalhadores.

Visivelmente, a qualidade do ar no setor de preparação de massa é afetada pelas emissões de particulado, sendo este o principal poluente oriundo do processo, visto que na etapa de secagem o combustível utilizado é o gás natural. Estas partículas são geradas no próprio manuseio da matéria-prima e são danosas à saúde humana. Portanto, optou-se por analisar e discutir somente os resultados obtidos para partículas respiráveis contendo sílica. Tais valores foram avaliados e comparados com os limites de tolerância estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR-15 da Portaria nº 3.214/78 do MTE. A metodologia utilizada pela empresa responsável para a coleta do material particulado também foi comparada com a Norma de Higiene Ocupacional – NHO 08: Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho, de 2009, da FUNDACENTRO.

4.2.1.2 Análise das possíveis fontes emissoras de material particulado

Após a análise do relatório, foi realizado um diagnóstico ambiental no setor de preparação de massa. Esta etapa teve como finalidade obter um maior conhecimento das atividades desenvolvidas e identificar as possíveis fontes emissoras de material particulado.

Antes de iniciar o diagnóstico, algumas informações e documentos foram apurados com os funcionários da empresa, como croquis do processo produtivo e memorial descritivo de alguns equipamentos do setor de preparação de massa. Porém, verificou-se que a empresa apresentava uma carência destes registros e também de informações relevantes para o entendimento e análise do processo produtivo, incluindo a ausência de descrições das etapas do processo e detalhes referentes aos equipamentos.

Em função disto, primeiramente foi elaborado um layout do setor através da elaboração de croquis. Foram desenvolvidos três croquis das etapas de armazenamento de matéria-prima e secagem, moagem e granulação, respectivamente. Para isto, utilizou-se o *software* AutoCAD 2013. Ressalta-se que não foram consideradas escalas reais para a elaboração dos mesmos.

Paralelo a esta fase, realizou-se um levantamento *in loco* e registros fotográficos de todas as etapas do setor, dando início ao diagnóstico ambiental. Em cada etapa foi avaliada a situação dos equipamentos; a forma de armazenamento e transporte da matéria-prima durante o processo; as fontes emissoras de material particulado; os sistemas de tratamento de emissões atmosféricas, incluindo os captadores, as tubulações, os ventiladores e os coletores; a organização e limpeza do ambiente e dos equipamentos; e o uso de equipamentos de proteção individual.

Para promover um melhor entendimento, a análise de alguns dados e a construção dos croquis foi realizada em períodos com paralisação do processo produtivo.

4.2.2 Proposição de medidas para melhoria da qualidade do ar interno

Com as informações obtidas e os resultados do diagnóstico, foram propostas medidas de controle para os problemas verificados em cada etapa. Estas tiveram enfoque na melhoria da qualidade do ar interno no setor, visando reduzir as fontes geradoras de material particulado.

As recomendações foram elaboradas com base nas observações *in loco* e em pesquisas bibliográficas. Buscou-se sugerir medidas de caráter coletivo e de engenharia, aplicáveis às fontes geradoras de material particulado, bem como as de ordem geral e as relacionadas especificamente às atividades desenvolvidas pelos funcionários.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Na sequência serão expostos e discutidos os resultados obtidos com o diagnóstico realizado, bem como serão apresentadas as medidas propostas para melhoria da qualidade do ar no setor de preparação de massa da indústria de revestimentos cerâmicos alvo deste estudo.

5.1 DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR INTERNO

Com a execução do diagnóstico foi possível avaliar a exposição dos funcionários ao material particulado, bem como observar as fontes de emissão deste poluente e outros fatores que alteram a qualidade do ar no local. Tais resultados são apresentados na sequência.

5.1.1 Análise do relatório de avaliação de riscos ocupacionais

Conforme mencionado na metodologia, a empresa realizou uma análise dos agentes de riscos ocupacionais nos setores da atividade, através da contratação de laboratório terceirizado. Considerando que o enfoque deste trabalho refere-se à avaliação das emissões de particulados no setor de preparação de massa, foram analisados os resultados das medições de partículas respiráveis e os procedimentos utilizados para tais medições neste setor.

Para o procedimento, a empresa responsável pelo monitoramento baseou-se na Norma de Higiene Ocupacional – NHO 08/2009: Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho, da FUNDACENTRO.

O monitoramento foi realizado pelo sistema de coleta individual, onde o dispositivo de captação de material particulado é disposto na lapela do próprio trabalhador. Este sistema foi escolhido para estimar a exposição dos trabalhadores ao risco, conforme indica a NHO 08/2009 (BRASIL, 2009).

Os equipamentos utilizados foram bomba de amostragem digital com ciclone separador de partículas e um calibrador de vazão micro-processado. No item 7.3.4, a NHO 08/2009 determina que os equipamentos a serem utilizados na coleta de material particulado respirável devem ser filtro de membrana, porta-filtro, separador de partículas, bomba de amostragem e mangueira (BRASIL, 2009). De

forma geral, observa-se que a seleção dos equipamentos está de acordo com os sugeridos pela norma, considerando que os principais equipamentos mencionados foram utilizados durante a amostragem. As amostras coletadas foram encaminhadas a um laboratório de toxicologia ocupacional e higiene industrial para análise final.

Ao concluir as medições, a empresa gerou um relatório com os dados obtidos. De acordo com o item 9 da NHO/2009, devem ser abordados neste relatório, no mínimo, introdução incluindo objetivos do trabalho, materiais e metodologias utilizados, descrição das situações de exposição avaliadas e conclusões e recomendações (BRASIL, 2009). Assim, analisando o relatório realizado pela empresa, observou-se que, conforme exigido pela norma, todas as informações foram apresentadas ao empreendedor.

Os resultados da medição para partículas respiráveis contendo sílica encontram-se dispostos na tabela 01.

Tabela 01 – Resultados do monitoramento para partículas respiráveis contendo sílica

Setor	Concentração Medida (mg/m³)	Quartzo (%)	Limite de Tolerância (mg/m³) – NR-15
Preparação de Massa	3,13	27,17	0,27

Fonte: Dados do relatório de avaliação de riscos ocupacionais, 2013.

A porcentagem de quartzo foi fornecida pela análise laboratorial e o limite de tolerância foi calculado de acordo com a Norma Regulamentadora NR-15, seguindo a equação 02 abaixo.

$$LT = \frac{8}{\% \text{ Quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3 \quad (02)$$

Onde:

L.T. = Limite de Tolerância;

% quartzo = porção da massa de quartzo que passa por um seletor.

O limite de tolerância é definido pela NR-15 como a concentração máxima ou mínima, relacionada com a natureza e ao tempo de exposição ao agente, que não afetará a saúde do trabalhador (BRASIL, 1978a). Ao comparar os resultados

obtidos, percebe-se que a concentração de partículas respiráveis no setor de preparação de massa encontra-se acima do limite de tolerância estabelecido, o que define a atividade como insalubre, conforme a NR-15 (BRASIL, 1978a).

Tal fato pode ser considerado como uma situação de risco aos trabalhadores do setor de preparação de massa, considerando que conforme citado por Vesilind e Morgan (2011), a exposição contínua às partículas pode ser danosa à saúde humana, pois afetam principalmente o sistema respiratório e o pulmão, provocando efeitos como falta de ar, rinite e asma. Ademais, estas partículas contêm sílica – presente na argila – e, quando inaladas durante muito tempo, podem causar silicose, uma das Doenças Pulmonares Ocupacionais (FAGUNDES; ZANELATO, 2010). Além disto, conforme mencionado por Basto (2007), comprometendo a saúde, a má qualidade do ar interno na indústria poderá diminuir também o rendimento de trabalho dos funcionários expostos a tal poluição.

De acordo com a NR-15, o grau de insalubridade para a atividade da indústria em estudo é de 40% do salário mínimo (BRASIL, 1978a). Observa-se, portanto, que a atividade tem um acréscimo nas suas despesas em decorrência da presença destes contaminantes no ar. Isto reforça a necessidade de uma análise mais criteriosa das fontes de emissões no setor e posterior identificação de formas de controle.

Com a adoção de medidas de controle para reduzir as emissões e assim melhorar a qualidade do ar, os efeitos negativos podem ser evitados, bem como o acréscimo salarial com o pagamento de insalubridade que a empresa deverá ressarcir aos trabalhadores.

5.1.2 Fontes de emissão de material particulado

Conforme foi constatado na análise do relatório de avaliação de riscos ocupacionais, a concentração de partículas respiráveis no setor de preparação de massa está acima do limite definido pela Norma Regulamentadora NR-15. Em função do exposto, optou-se por realizar um diagnóstico no setor. Para isto, foi verificada a situação real do local, identificando as fontes de emissões, bem como outras informações necessárias ao estudo.

Para melhorar a compreensão da análise de todo o setor, a apresentação dos resultados foi dividida de acordo com as etapas que compreendem a

preparação de massa: armazenamento de matéria-prima e secagem; moagem e granulação. Nos itens abaixo serão apresentados detalhadamente os dados coletados em cada etapa citada, ilustradas com registros fotográficos e croquis respectivos.

5.1.2.1 Etapa de armazenamento de matéria-prima e secagem

A primeira etapa da preparação de massa é a secagem, cujo objetivo é obter teor de umidade próximo a 7%. O apêndice A apresenta o croqui desta etapa. Com a elaboração do croqui, pode-se observar o detalhamento dos processos que ocorrem nesta fase por meio da representação dos seus equipamentos. Conforme o croqui, a secagem é composta pelos processos de armazenamento da matéria-prima, transporte das argilas ao caixão esteira, dois secadores rotativos e um lavador de gases (*scrubber*) para o tratamento das emissões atmosféricas geradas.

Inicialmente as argilas são misturadas e depositadas dentro do galpão da empresa. Assim, verificou-se que este procedimento constitui uma fonte de emissão fugitiva, pois, a mistura e o estoque das argilas são feitos sem qualquer isolamento, favorecendo a emissão de partículas de menor granulometria para o ambiente local. Ademais, o transporte da matéria-prima das dependências externas da empresa até o galpão, realizado por pás-carregadeiras, também é uma fonte de material particulado.

A figura 13 ilustra as argilas estocadas no galpão após a mistura e as máquinas carregando para transportá-la ao caixão esteira.

Figura 13 – A – Argilas estocadas no galpão da empresa; B – Máquina carregando as argilas para transporte



Fonte: Da autora, 2013.

Após a mistura, as argilas são transportadas com o auxílio de pás-carregadeiras ao caixão esteira ou caixão alimentador (Figura 14), o qual armazena a matéria prima para a próxima etapa da secagem. Como a empresa não possui vias pavimentadas, o transporte torna-se uma fonte de emissão de particulados. Além disto, foi verificado que o caixão esteira permanece aberto durante todo o processo e não possui nenhum sistema de captação das partículas, contribuindo para a emissão destas ao ambiente local.

Figura 14 – A – Pá-carregadeira transportando as argilas ao caixão esteira; B – Caixão esteira: etapa de secagem



Fonte: Da autora, 2013.

Outra fonte de emissão fugitiva identificada são as correias que transferem a argila do caixão esteira ao britador, e deste aos secadores. Conforme pode-se observar na figura 15, as correias são abertas e não há nenhum sistema de captação de particulados sobre as mesmas. Também verificou-se que as correias não possuem sistema de coleta para as partículas residuais, o que favorece a perda de material.

Figura 15 – A – Transporte da argila do caixão esteira ao britador; B – Transporte da argila do britador aos secadores



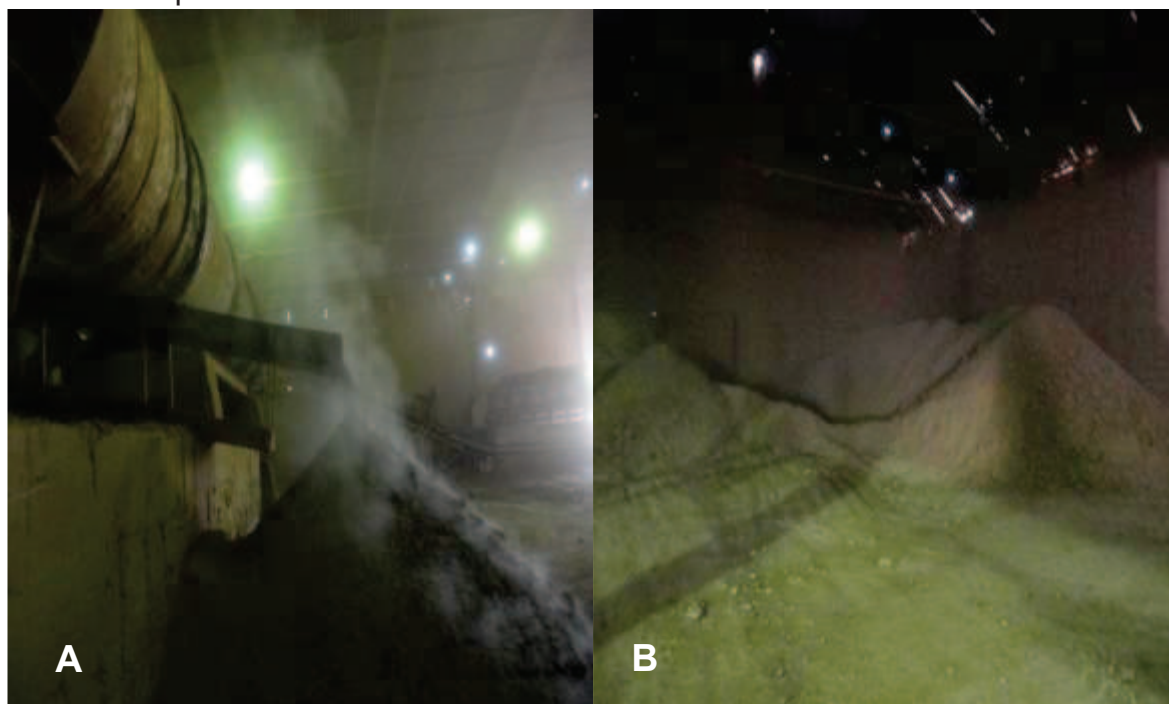
Fonte: Da autora, 2013.

No britador, as argilas são trituradas com o objetivo de quebrar os aglomerados de maiores tamanhos. Foi verificado que neste processo ocorre perda de material, pois o equipamento não é enclausurado.

Após o britador, as argilas são encaminhadas através das correias aos secadores rotativos. Neste processo ocorre a secagem da massa para alcançar a umidade desejada, que é de 7%. O combustível utilizado nos secadores rotativos é o gás natural. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA, este combustível é considerado pouco agressivo ao meio ambiente. Os principais poluentes gerados pelo gás natural são CO_2 , NO_x e, em menor escala, CO e hidrocarbonetos (BRASIL, 2013). O consumo de gás natural na atividade da secagem é em média 32 mil $\text{m}^3/\text{mês}$.

A massa seca é retirada dos secadores através de uma correia e depositada no pátio da empresa, permanecendo estocada em montes para resfriamento por aproximadamente cinco dias e posteriormente segue para a moagem. Ao observar a figura 16, percebe-se que a retirada da massa e o resfriamento da mesma são feitos sem qualquer enclausuramento ou isolamento, o que permite o lançamento de vapores e partículas ao ambiente.

Figura 16 – A – Saída da massa dos secadores rotativos; B – Massa estocada em montes para resfriamento



Fonte: Da autora, 2013.

A empresa possui um sistema de tratamento para as partículas, gases e vapores gerados no secador rotativo, o lavador de gases.

O princípio de funcionamento deste equipamento é o mesmo apresentado pelos autores Lisboa e Schirmer (2007), baseado na mistura do fluxo gasoso (partículas) com um meio líquido (água). O lavador de gases da atividade é do tipo *Scrubber* e apresenta algumas peculiaridades. O mesmo possui aletas fixas, que separam as partículas do ar, e o nível d'água no interior do equipamento (aproximadamente 80 cm).

O fluxo gasoso entra no equipamento pela lateral e é succionado através de um exaustor. Ao atingir as aletas, as partículas se separam do ar e precipitam, entrando em contato com a água. O ar succionado pelo exaustor é eliminado pela tubulação superior. A mistura água/partícula (lodo) é descarregada pela parte inferior do equipamento, no tanque, em um intervalo de duas semanas, e posteriormente reaproveitada no processo para composição da massa cerâmica.

Anteriormente o ar era eliminado através de uma chaminé. Entretanto, uma das desvantagens do lavador de gases é a formação de pluma visível de vapor d'água, principalmente nos dias frios (CETESB, 2010). Devido às reclamações constantes da vizinhança quanto a esta geração de vapor, a empresa optou por

direcionar a tubulação de saída do ar para o tanque. Para auxiliar a amenizar a dispersão do vapor, o tanque é coberto com lona, conforme ilustrado na figura 17.

Figura 17 – Lavador de gases (*Scrubber*)



Fonte: Da autora, 2013.

Ressalta-se que a empresa não realizou, até o momento, qualquer monitoramento das emissões atmosféricas para avaliar a eficiência deste sistema de tratamento.

Após a secagem, a massa é direcionada à próxima etapa, a moagem, sendo que não há uma separação física (parede) entre os dois ambientes destas etapas.

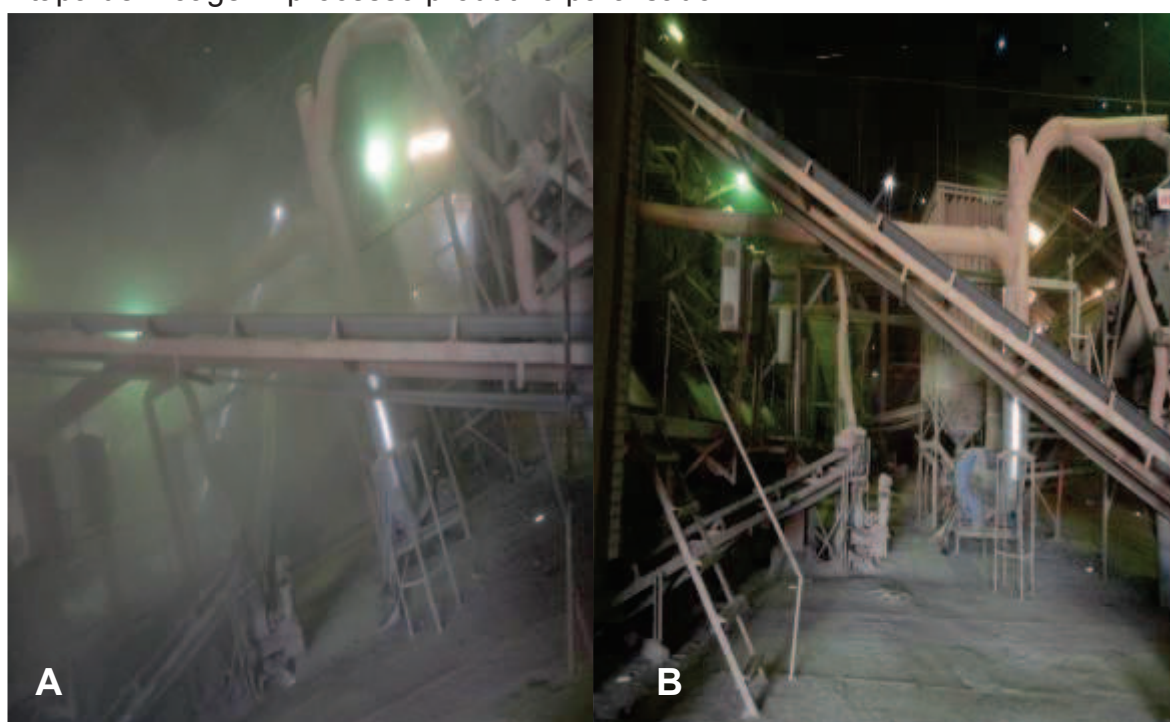
5.1.2.2 Etapa de moagem

Na segunda etapa é realizada a moagem e o peneiramento da massa, com a finalidade de reduzir o tamanho das partículas. O croqui desta etapa encontra-se no apêndice B. Conforme pode ser observado nos croquis, a etapa de moagem é mais complexa quando comparada à etapa de secagem e granulação,

pois envolve mais equipamentos e processos, tais como o transporte da matéria ao caixão esteira, moinho de martelo, peneiras, moinho pendular, elevador, silo e equipamentos coletores de partículas do tipo ciclone e filtros de mangas.

Com o diagnóstico, constatou-se visualmente que a etapa com maior emissão de particulados é a moagem, conforme ilustra a figura 18. Desta forma, para melhor compreensão do processo, alguns registros fotográficos foram obtidos em períodos em que o processo produtivo estava paralisado.

Figura 18 – A – Etapa de moagem: processo produtivo em funcionamento; B – Etapa de moagem: processo produtivo paralisado



Fonte: Da autora, 2013.

Por meio de pás-carregadeiras a massa é conduzida ao caixão esteira para armazenamento. Como já mencionado anteriormente, o transporte no solo não pavimentado e o armazenamento do material no caixão esteira aberto constituem uma fonte de emissão fugitiva de material particulado. Na etapa de moagem, a massa já está seca, o que favorece sua dispersão. Além disto, a massa é transportada de um equipamento a outro através de correias abertas, onde observou-se a emissão de material particulado.

A figura 19 ilustra o caixão esteira da etapa de moagem e as correias transportadoras.

Figura 19 – A – Caixão esteira: etapa de moagem; B – Transporte da massa das peneiras ao moinho pendular

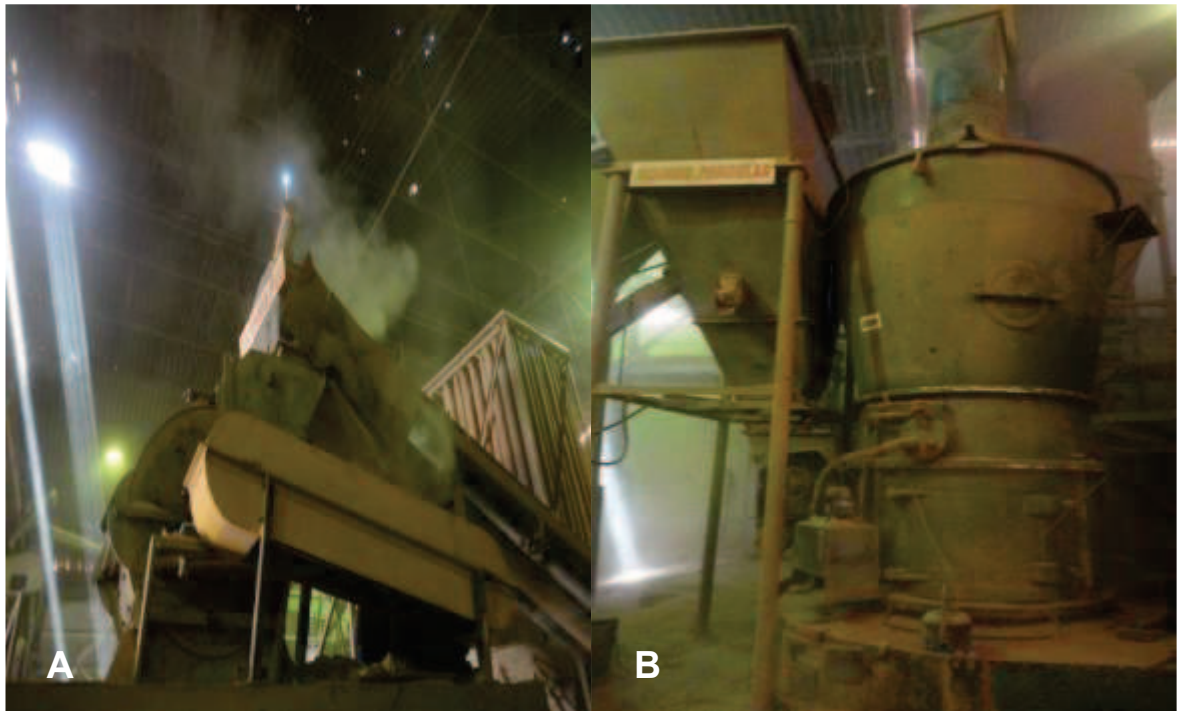


Fonte: Da autora, 2013.

As correias transportadoras encaminham a massa do caixão esteira ao moinho de martelo, onde ocorre a primeira moagem, a fim de reduzir o tamanho das partículas do material. Durante este processo, foi verificado grande emissão de particulados. Este equipamento não está enclausurado, como pode ser observado na figura 20.

Após a moagem no moinho de martelo, a massa é direcionada a três peneiras, que estão descritas no croqui (Apêndice B) como Peneiras 3, 4 e 5, para seleção granulométrica. O material peneirado é encaminhado por meio das correias, elevador e silo à etapa seguinte. O material remanescente, o qual não foi peneirado, é direcionado ao moinho pendular para a segunda moagem e, posteriormente, para as Peneiras 1 e 2. O processo do moinho pendular é realizado em circuito fechado, conforme o croqui (Apêndice B) e a figura 20. Assim, visualmente, as emissões neste processo só ocorrem no transporte da massa até o equipamento, e deste ao caixão esteira.

Figura 20 – A – Moinho de martelo; B – Moinho pendular

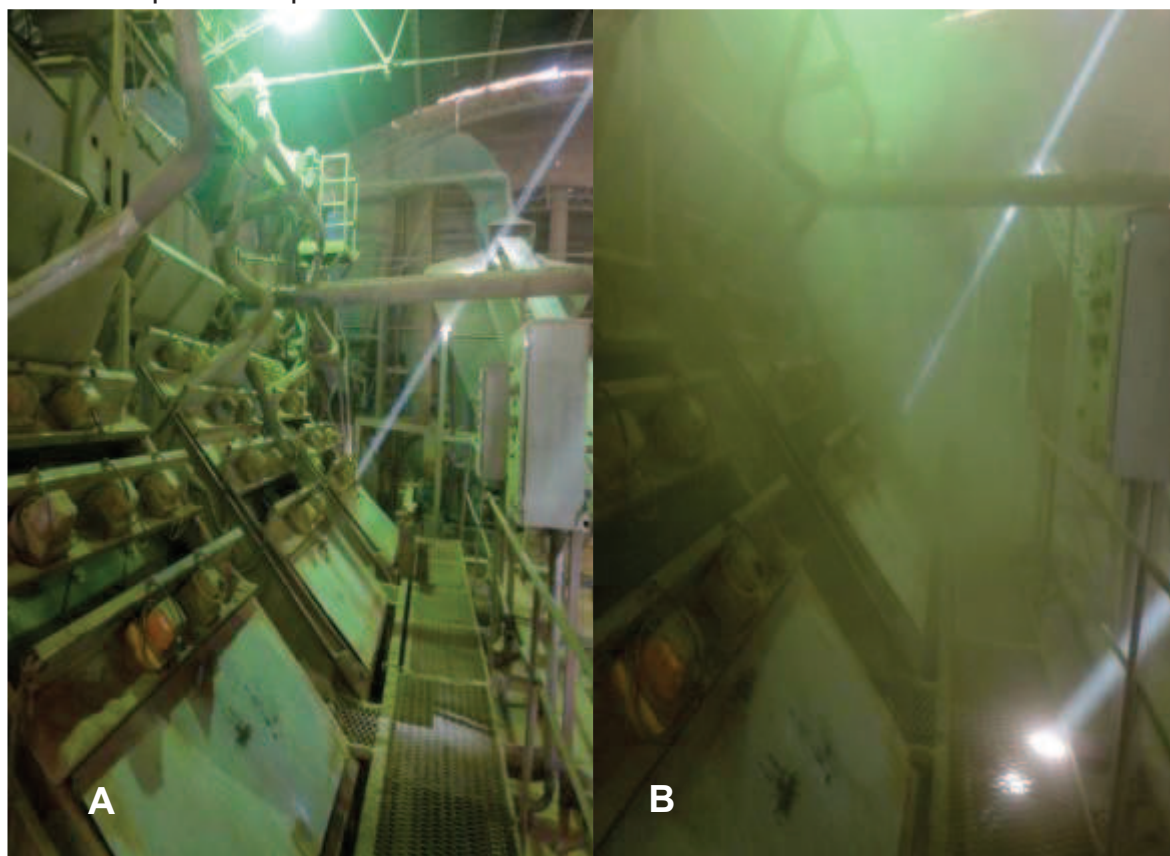


Fonte: Da autora, 2013.

Dentre todos os equipamentos e processos da etapa de moagem, foi constatado, visualmente, que o peneiramento emite a maior concentração de material particulado dentro do ambiente. Isto ocorre uma vez que as peneiras não estão isoladas ou enclausuradas, permitindo a dispersão das partículas. Além disto, foi observado que, quando ocorre entupimento das peneiras, a limpeza das mesmas é realizada com escovas, permitindo a precipitação e dispersão do material, verificando-se que no processo de peneiramento há uma grande perda de massa.

A figura 21 ilustra as peneiras, com o processo produtivo paralisado e em funcionamento, para fins de comparação.

Figura 21 – A – Peneiras durante o processo produtivo paralisado; B – Peneiras durante o processo produtivo em funcionamento



Fonte: Da autora, 2013.

Em atividades com altas emissões de poluentes atmosféricos, é imprescindível a adoção de medidas de controle, tais como um sistema de captação das emissões fugitivas (KULCSAR NETO et al, 1995). Com o diagnóstico realizado, foi constatado que a empresa possui equipamentos de controle e que este sistema funciona parcialmente na atividade.

Para auxiliar na captação do material particulado gerado na etapa de moagem, a empresa conta com três filtros de mangas e um ciclone. O primeiro filtro de mangas, descrito como Filtro de Mangas 1 no croqui (Apêndice B), coleta parcialmente as partículas geradas no moinho de martelo e nas correias vinculadas à peneira 5; o ciclone coleta as partículas geradas somente no moinho pendular e que, posteriormente, recebem tratamento final no Filtro de Mangas 2; por fim, o Filtro de Mangas 3 coleta parcialmente as partículas geradas nas outras correias e nas Peneiras 1 a 4.

Os Filtros de Mangas 2 e 3 possuem o mesmo princípio de funcionamento mencionado pelos autores Clezar e Nogueira (1999), Lisboa e Schirmer (2007) e

Costa (2005), na qual o fluxo gasoso atravessa os poros das mangas e as partículas permanecem retidas, permitindo que o ar seja liberado por uma chaminé. O mecanismo de limpeza e retirada do material nestes dois filtros é realizado por jato pulsante de ar comprimido.

Por outro lado, no Filtro de Mangas 1, a mistura partícula/ar penetra no equipamento por dentro das mangas, e o ar é liberado pelas laterais entre as mangas, não sendo direcionado para um único duto ou chaminé. Isto ocorre uma vez que este filtro não possui revestimento, permitindo a saída do ar. O mecanismo de limpeza do Filtro de Mangas 1 é através de sacudimento mecânico, com dispositivos moto vibradores.

Ressalta-se que o material retirado dos três filtros de mangas retorna ao processo. Nos Filtros 2 e 3, o material é descarregado diretamente na correia e retorna às peneiras 1 e 2, conforme o croqui (Apêndice B), enquanto que no Filtro 1, este procedimento é realizado manualmente e o material retorna ao moinho de martelo.

Estes equipamentos também se diferem na quantidade de mangas. O Filtro de Mangas 1 possui 90 mangas, o Filtro de Mangas 2 possui 64 mangas e o Filtro de Mangas 3 possui 96 mangas. Não há registros de trocas das mangas dos sistemas presentes na atividade, porém, conforme relatos informais dos funcionários, as mesmas foram substituídas há mais de um ano e sua limpeza é realizada anualmente.

Como o Filtro de Mangas 1 não possui revestimento, foi observado que este equipamento constitui uma fonte de emissão de material particulado ao ambiente, pois, na saída do ar ocorre também a liberação de pequenas partículas. Ressalta-se ainda que a empresa não realizou, até o momento, qualquer monitoramento das emissões atmosféricas para avaliar a eficiência destes sistemas de tratamento.

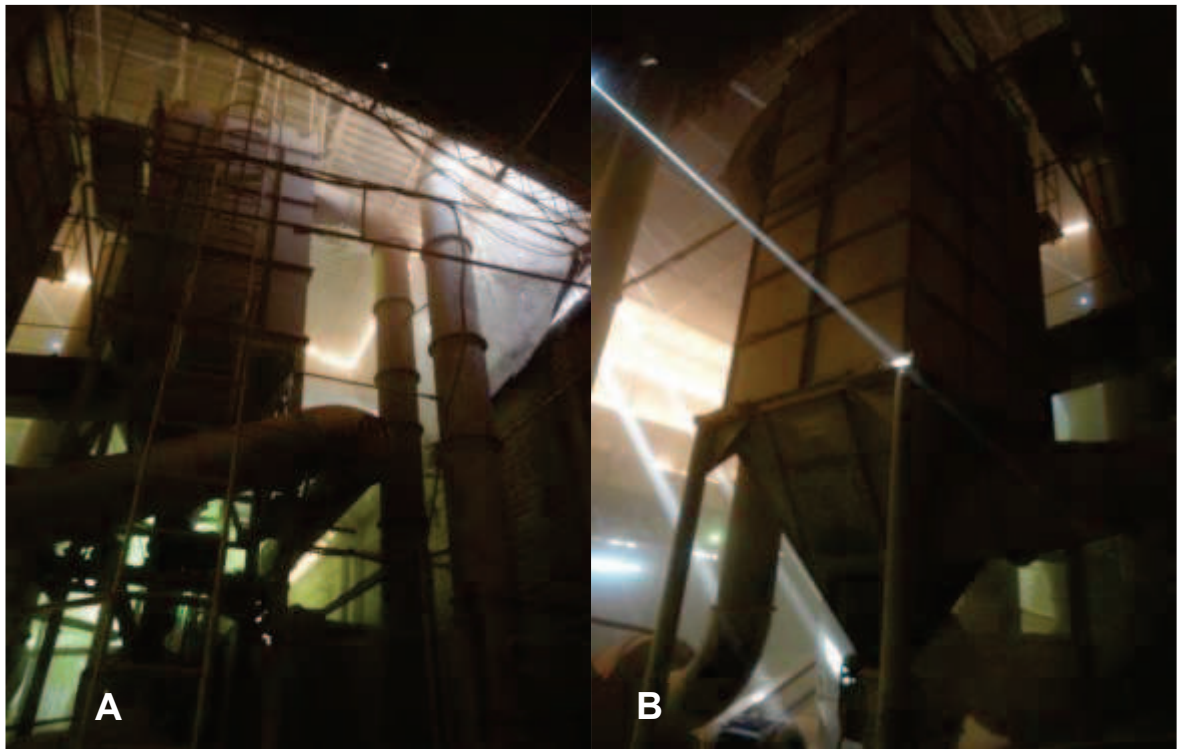
As figuras 22 e 23 ilustram os três filtros de mangas da empresa.

Figura 22 – Filtro de Mangas 1: sem revestimento



Fonte: Da autora, 2013.

Figura 23 – A – Filtro de Mangas 2; B – Filtro de Mangas 3



Fonte: Da autora, 2013.

De acordo com a figura 21 e o croqui da etapa (Apêndice B), as peneiras 1, 2, 3 e 4 possuem captores e tubulações ligados ao Filtro de Mangas 3 (descritos

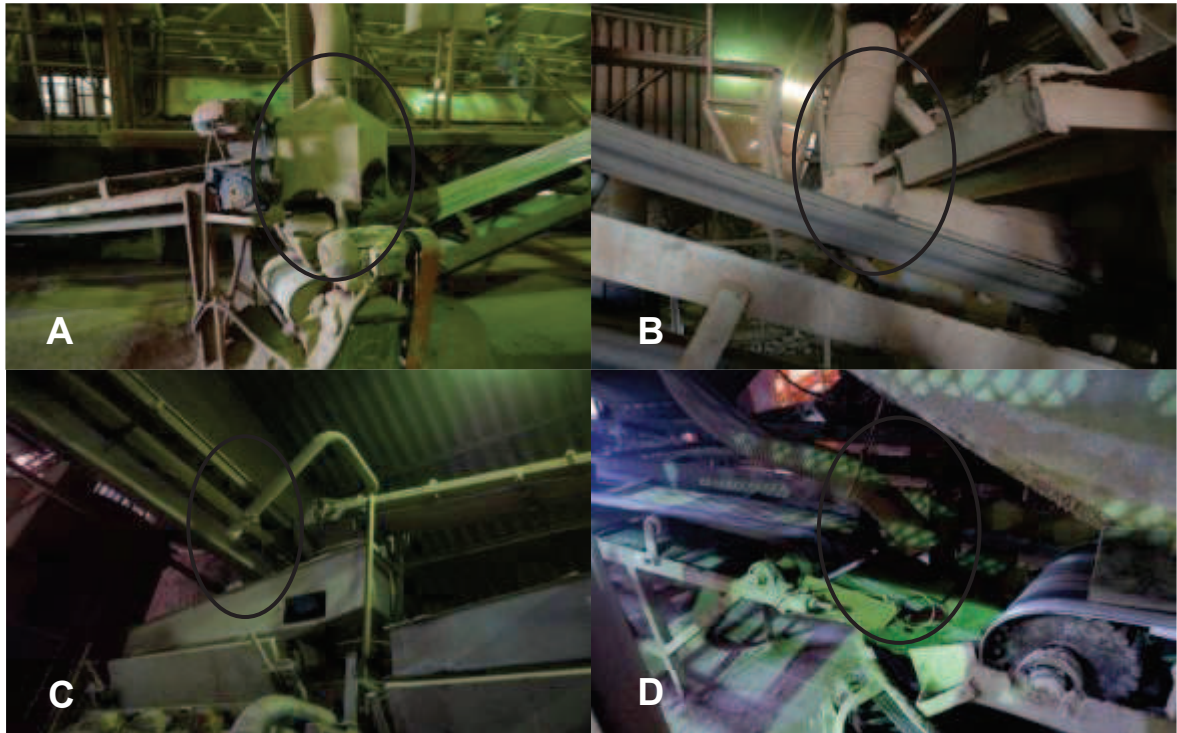
como 3B, 3C, 3D e 3E), sendo que a peneira 5 não possui qualquer sistema de captação.

Somente parte das correias possui coifas e tubulações, sendo estas: a correia que transporta o material do caixão esteira ao moinho de martelo (captor descrito no croqui como 3A); a correia transportadora do moinho de martelo às peneiras (captor 1B); a correia que distribui o material à peneira 5 (captor 1C); nas laterais das peneiras 1, 2, 3 e 4, onde as coifas estão instaladas sobre a correia que transporta o material peneirado ao elevador (captos 3F, 3G, 3H, 1D e 1E); parcialmente nas correias que encaminham o material não peneirado ao moinho pendular (captos 3I, 3J, 3K, 1G); na correia que transporta o material do moinho pendular às peneiras, onde as coifas estão localizadas no ponto de descarregamento do Filtro de Mangas 2, do ciclone e na distribuição do material às peneiras 1 e 2 (captos 3L, 3M, 3N e 3O); e na correia onde o material armazenado no silo é descarregado para ser encaminhado à próxima etapa (captor 1F).

Também foi verificado que algumas das tubulações não estão conectadas aos captos, tais como 1B, 1C, 3F, 3G, 3H, 3I, 3J, 3K e 3N. Além disto, foram identificados furos nas tubulações ligadas aos captos 1F e 3F. Ainda, observou-se que onde existem coifas vinculadas às correias, estas não são totalmente fechadas, contêm as laterais abertas e as tubulações encontram-se desgastadas.

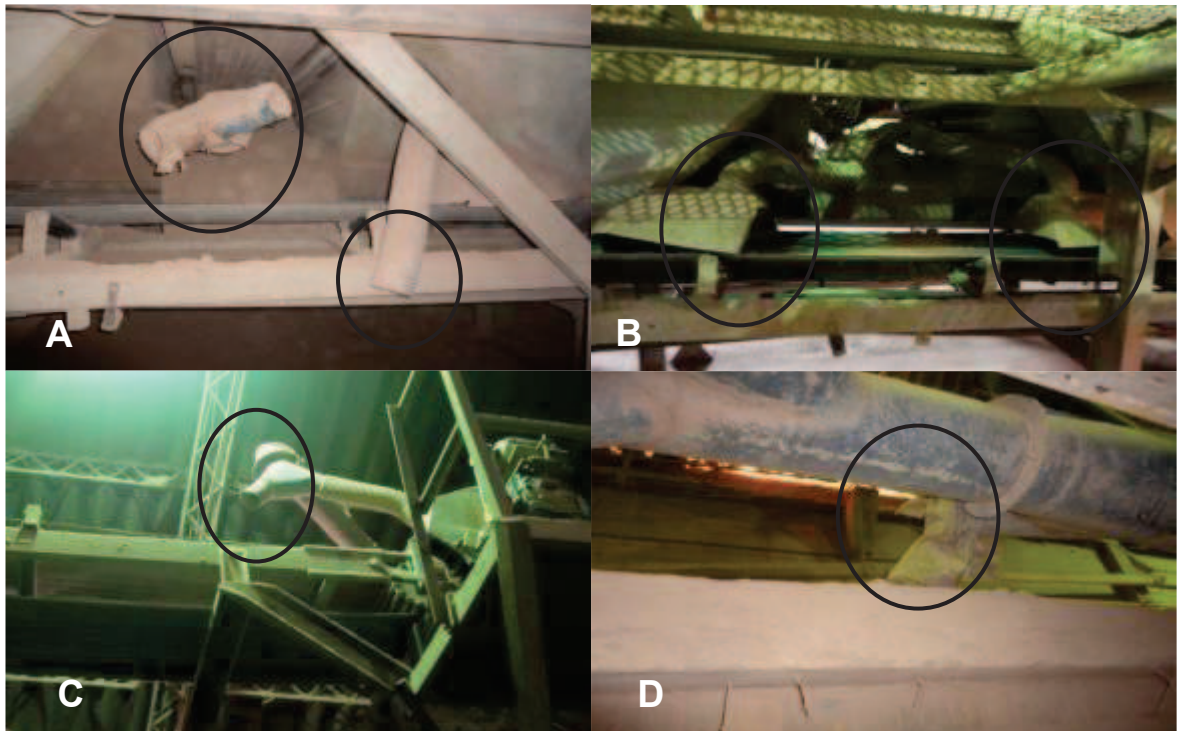
Estas falhas dificultam a captação total do material particulado, acarretando na dispersão e no escapamento do mesmo no ambiente, conforme as figuras 24, 25 e 26.

Figura 24 – A – Coifa aberta, da correia que transporta o material peneirado ao moinho pendular; B – Tubulação mal conectada ao captor 1B; C – Tubulação não conectada ao captor 1C; D – Tubulação sem ligação e sem captors, no ponto de saída da massa das peneiras 4 e 5



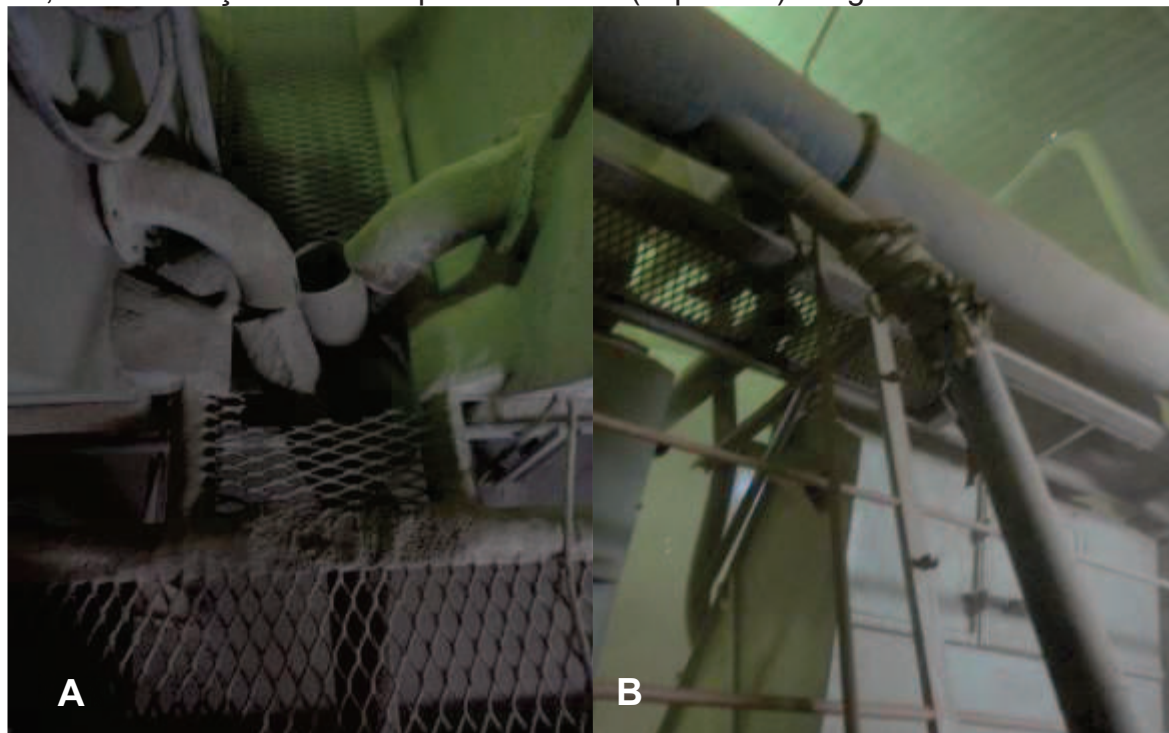
Fonte: Da autora, 2013.

Figura 25 – A – Tubulações não conectadas ao captor 3K; B – Coifas 3I e 3J abertas; C – Tubulação não conectada ao captor 3N; D – Tubulações desgastadas e não conectadas ao Filtro de Mangas 3



Fonte: Da autora, 2013.

Figura 26 – A – Tubulações entre as peneiras 1 e 2 não conectadas ao captor 3F; B – Tubulação atrás das peneiras 1 e 2 (captor 3F) desgastada e com furos



Fonte: Da autora, 2013.

No diagnóstico também foi identificado que os equipamentos estão cobertos pela poeira, pois não há sistema de coleta das partículas residuais nas correias, facilitando a perda de material.

Concluída a etapa de moagem, a massa é encaminhada para a granulação.

5.1.2.3 Etapa de granulação

A terceira e última etapa da preparação de massa é a granulação, cujo objetivo é aderir as partículas e formar grânulos maiores. O apêndice C apresenta o croqui desta etapa e, como pode ser observado, a etapa de granulação é menos complexa quando comparada à etapa de moagem, porém, envolve mais processos e equipamentos do que a etapa de secagem. Conforme o croqui, o processo de granulação ocorre por meio de dois elevadores, um granulador, quatro silos de armazenamento, uma peneira e um britador. A figura 27 ilustra a etapa de granulação.

Figura 27 – Etapa de granulação

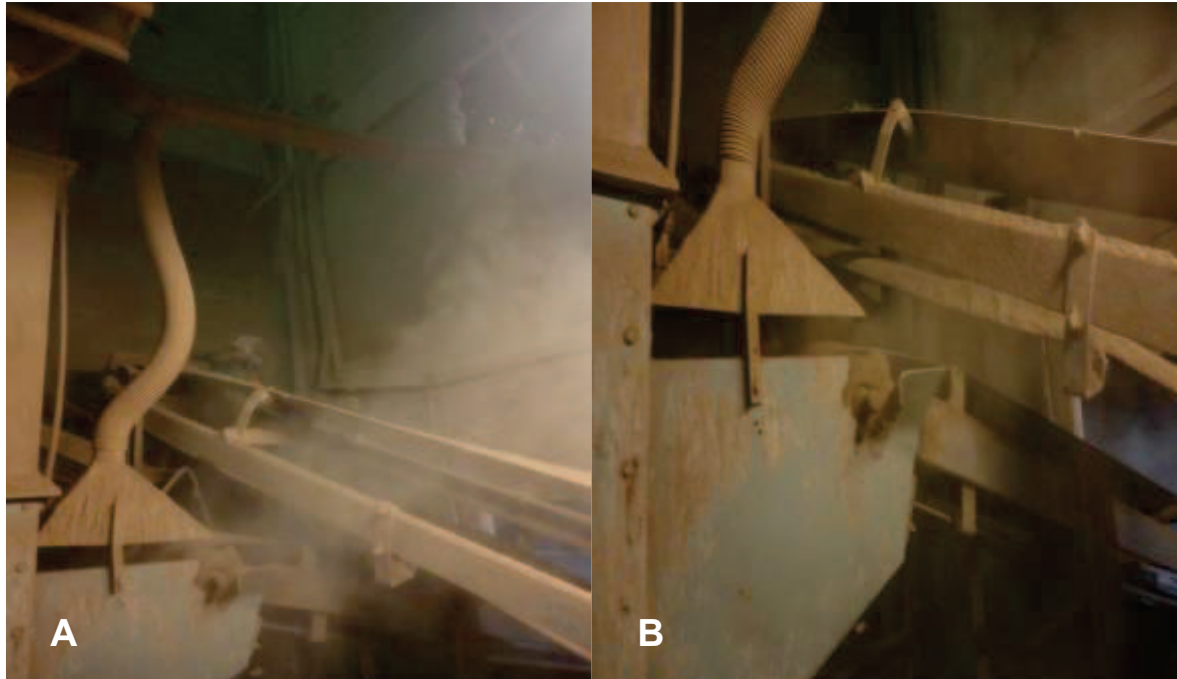


Fonte: Da autora, 2013.

A massa é direcionada da etapa de moagem à granulação por meio de correias transportadoras e através de um elevador é encaminhada ao granulador. Este tem o objetivo de obter a granulometria desejada à massa, por meio da aplicação de jatos de água. Posteriormente, a massa granulada é transportada por correias e por um elevador para os silos de armazenamento.

Visivelmente, neste procedimento, foram observadas emissões de particulados no transporte da massa realizado nas correias abertas e na peneira. Na etapa de granulação, foi verificado que somente a correia que transporta o material da etapa de moagem à granulação possui um captor com tubulações (descrito no croqui como 3P). Porém, o captor encontra-se com as laterais abertas e, além disto, as tubulações não estão conectadas ao Filtro de Mangas 3. Ademais, foi observado que as tubulações encontram-se isoladas por falta de captores na calha do elevador ao granulador e na correia que transporta o material granulado aos silos. Isto indica que na etapa de granulação não há nenhum sistema de tratamento funcionando para coletar as partículas geradas. As figuras 28 e 29 ilustram a coifa da correia e as tubulações.

Figura 28 – A e B – Coifa aberta nas laterais



Fonte: Da autora, 2013.

Figura 29 – A – Tubulações sem captores; B – Tubulação não conectada



Fonte: Da autora, 2013.

Após armazenamento, a massa é descarregada dos silos diretamente nas correias, sendo que este procedimento é realizado sem enclausuramento, emitindo particulados ao local (Figura 30).

Figura 30 – Descarregamento da massa nas correias



Fonte: Da autora, 2013.

Também foi identificado que as correias não possuem sistema de coleta para contenção dos resíduos, facilitando a perda de material e, conseqüentemente, emissão de particulados.

Após ser descarregada nas correias, a massa é encaminhada através de um elevador à peneira, para uma melhor seleção granulométrica. O material peneirado é transportado por correias à próxima etapa, a prensa, e o remanescente é triturado em um britador. Ao sair do britador, a massa retorna à peneira e posteriormente é encaminhada às prensas.

A peneira e a correia que transfere a massa para as prensas localizam-se em um nível mais alto em relação aos outros equipamentos, e como não há nenhum captor para a coleta das partículas, estas tendem a precipitar e dispersar-se no ambiente, como pode ser visualizado na figura 31.

Figura 31 – Partículas precipitadas da peneira e correias

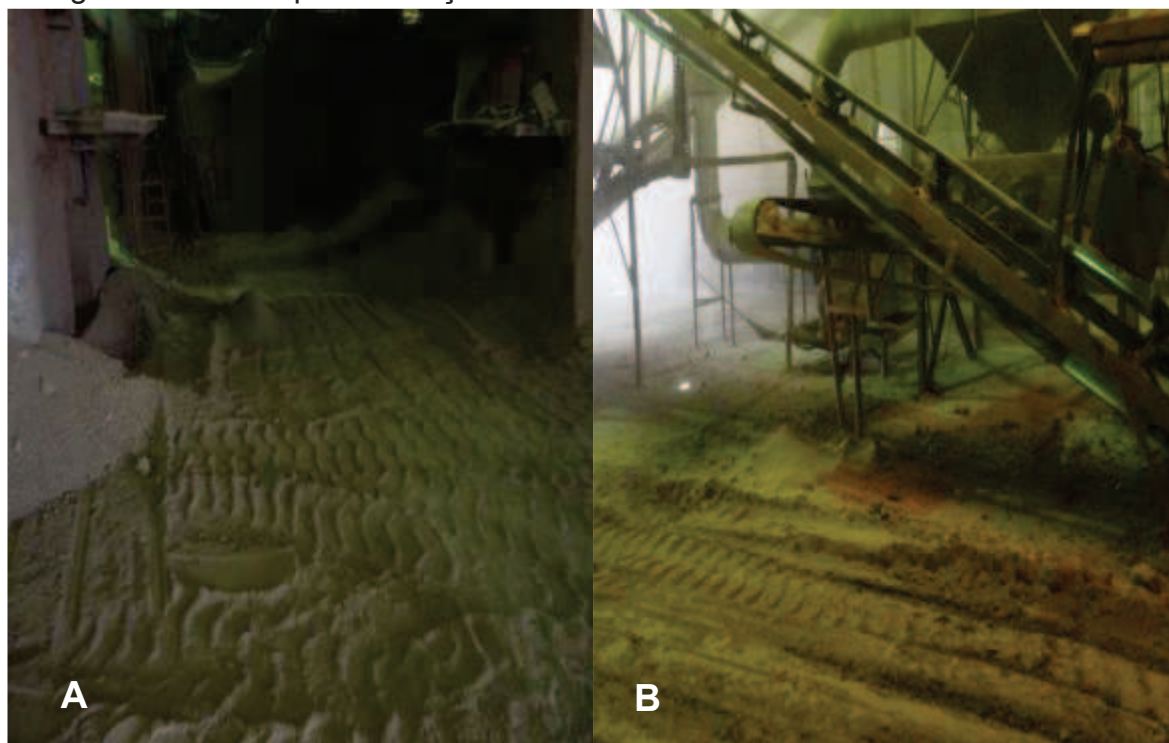


Fonte: Da autora, 2013.

Concluído o diagnóstico, foi verificado que visivelmente a moagem é a etapa a qual mais contribui com emissões de particulados no setor de preparação de massa. Além disto, a qualidade do ar na etapa de secagem é bastante afetada devido às partículas que dispersam da moagem, pois não há isolamento físico entre as duas etapas, tal como ocorre na granulação.

Também foram identificadas situações comuns às três etapas, que possibilitam a emissão de material particulado no interior da atividade. Ao observar todas as fases do setor, percebeu-se que o local de circulação é de chão batido, ou seja, não possui pavimentação (Figura 32), e a limpeza é realizada através do uso de vassouras comuns. Isto facilita o lançamento da poeira no local, afetando a qualidade do ar. Tal fato é corroborado por Fundacentro e Aspacer (2010), que expõem que a varrição com vassouras comuns dispersam a poeira sedimentada no ar.

Figura 32 – A – Etapa de secagem: local sem pavimentação; B – Etapa de moagem: local sem pavimentação



Fonte: Da autora, 2013.

Ainda, através de relatos informais dos trabalhadores, foi possível observar que a limpeza dos equipamentos é realizada esporadicamente com a utilização de escovas ou através de jatos de ar comprimido, porém, não isoladamente, o que também dispersa a poeira, conforme Fundacentro e Aspacar (2010). Além disto, as manutenções nos equipamentos ocorrem somente quando alguma peça é danificada.

Nos dias em que foi realizado o diagnóstico, todos os funcionários estavam utilizando equipamentos de proteção individual (EPI's) adequados, incluindo roupas, calçados, protetor auricular, máscaras e filtros para proteção respiratória. Conforme exposto por Fundacentro e Aspacar (2010), os EPI's são obrigatórios nas situações de trabalho em que há riscos ocupacionais e devem ser utilizados com a finalidade de proteger o funcionário das fontes de exposição dos poluentes.

5.2 MEDIDAS PROPOSTAS PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO AR INTERNO

Após análise e discussão dos resultados obtidos com o diagnóstico no setor de preparação de massa, foi possível verificar que as fontes de emissão de material particulado, bem como outros fatores, contribuem consideravelmente para a alteração da qualidade do ar no setor. Desta forma, foram propostas sugestões a fim de minimizar estas emissões e assim melhorar o ambiente de trabalho.

Nos itens abaixo serão apresentadas as medidas recomendadas para cada etapa do setor.

5.2.1 Etapa de armazenamento de matéria-prima e secagem

De acordo com o diagnóstico realizado e as fontes de emissão de material particulado identificadas na etapa de armazenamento de matéria-prima e secagem, recomendam-se as seguintes medidas de controle:

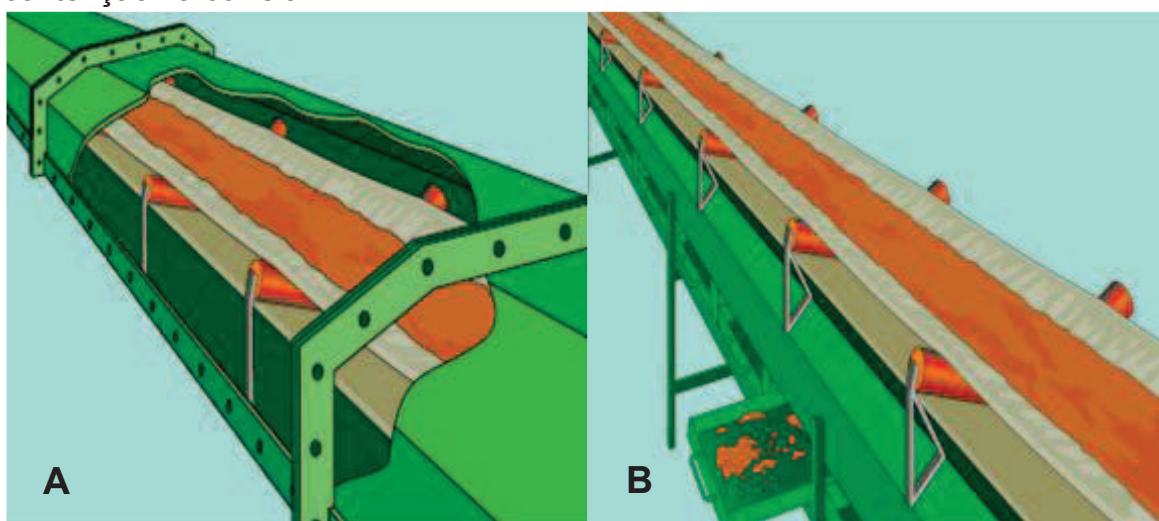
- Isolamento: Conforme foi verificado, o estoque, a mistura da matéria-prima e o resfriamento da massa após a secagem são realizados no galpão da empresa. Para que este procedimento não comprometa a qualidade do ar no ambiente interno através da emissão das partículas de menor granulometria, recomenda-se o isolamento destes locais por meio de barreiras, permitindo somente a entrada da pá-carregadeira para o transporte do material e dos funcionários para inspeção (KULCSAR NETO et al, 1995).
- Fechamento do caixão esteira: Na etapa de secagem, as argilas são armazenadas no caixão esteira para posteriormente serem encaminhadas ao britador. Como já mencionado, este caixão esteira permanece aberto durante todo o processo, facilitando a emissão de particulados. Desta forma, sugere-se que o caixão esteira seja coberto enquanto não houver carregamento da matéria prima.
- Enclausuramento: Durante todo processo de secagem, as argilas são transportadas de um equipamento a outro através das correias e, antes de serem encaminhadas ao secador, são trituradas em um britador. Conforme o diagnóstico realizado, estes processos provocam a perda de material e, conseqüentemente, liberam particulados. Seguindo o exposto por Kulcsar Neto et al (1995), para que estas emissões ao ambiente sejam evitadas, sugere-se que as correias e o britador sejam enclausurados. Ainda, propõe-se a instalação de bandejas de contenção dos

resíduos no retorno das correias transportadoras, a fim de coletar as partículas residuais e, assim, evitar a dispersão e perda do material.

Neste caso não há necessidade de instalar um sistema de ventilação local exaustora, pois o material ainda está úmido e em granulometria maior. Sendo assim, isto seria uma forma de encarecer as melhorias propostas, uma vez que o enclausuramento destes equipamentos é eficiente.

A figura 33 ilustra a correia enclausurada e a bandeja de contenção.

Figura 33 – A – Modelo de correia enclausurada; B – Modelo de bandeja de contenção na correia

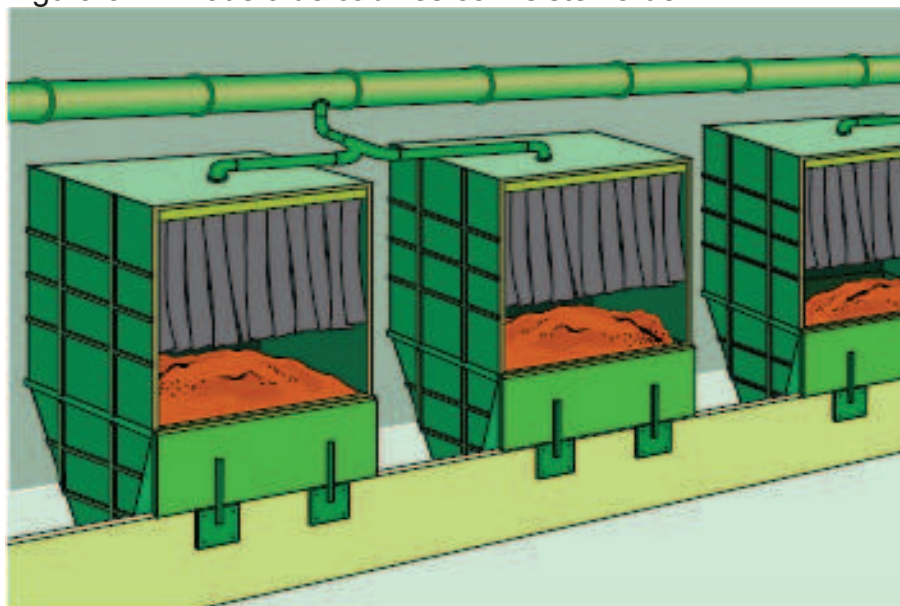


Fonte: FUNDACENTRO; ASPACER, 2010.

- Cabines com Sistema de Ventilação Local Exaustora: Ao sair do secador, a massa seca é retirada através de uma correia e o descarregamento é realizado no pátio da empresa. Conforme mencionado, isto favorece o lançamento de partículas e vapores ao local. De modo a reduzir estas emissões, recomenda-se o enclausuramento da correia, bem como a instalação de uma cabine semiaberta para o descarregamento da massa (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010).

A cabine deve conter aberturas somente para a transferência da correia e para o carregamento da pá-carregadeira, quando houver. Além disto, deve ser instalado um sistema de ventilação local exaustora na cabine, com captadores e tubulações adequados, pois, neste processo a massa encontra-se seca, o que facilita as emissões de partículas e vapores. As tubulações devem ser conectadas ao lavador de gases para tratar as emissões geradas. A figura 34 ilustra as cabines.

Figura 34 – Modelo de cabines com sistema de VLE



Fonte: FUNDACENTRO; ASPACER, 2010.

- Sistema de Tratamento de Emissões Atmosféricas – Lavador de Gases: Como já mencionado, a empresa possui um lavador de gases para tratar as emissões geradas no secador da etapa de secagem. Recomenda-se que seja avaliada a eficiência deste sistema de tratamento, através de amostragens realizadas a jusante e a montante do equipamento.

Considerando também que serão instaladas novas tubulações conectadas ao lavador de gases, sugere-se que seja calculada a vazão de poluentes a serem coletados, os diâmetros das tubulações e potência do exaustor, a fim de verificar se o sistema está adequado para tratar esta vazão e, caso necessário, o sistema deve ser redimensionado.

Ainda, com base no disposto pela CETESB (2010), sugere-se que sejam realizadas inspeções e manutenção periódica do equipamento, verificando-se as condições gerais deste, tais como presença de furos, sinais de corrosão e incrustação de pó na parede interna. Elaborou-se um modelo de *check list*, disposto no apêndice D, que pode ser utilizado pela empresa para registrar e controlar tais inspeções realizadas no lavador de gases.

5.2.2 Etapa de moagem

Segundo o diagnóstico realizado na etapa de moagem, foram identificadas diversas fontes de emissão de material particulado. Para reduzir estas emissões e assim melhorar a qualidade do ar no setor, recomenda-se que sejam adotadas as seguintes medidas de controle:

- Fechamento do caixão esteira: Assim como na secagem, na moagem a massa também é armazenada no caixão esteira, o qual permanece aberto durante todo o processo. Para que as emissões de particulados sejam minimizadas, recomenda-se que este caixão esteira também seja coberto enquanto não houver carregamento da matéria. Considerando ainda que nesta etapa a massa já está seca, sugere-se a instalação de uma coifa e tubulações, direcionando as emissões ao Filtro de Mangas 1, para auxiliar na coleta das partículas.

- Enclausuramento com Sistema de Ventilação Local Exaustora: Para que não ocorra a dispersão de partículas, todas as correias que transportam o material na etapa de moagem devem ser enclausuradas. Conforme foi observado no diagnóstico, somente parte das correias possuem coifas e tubulações. Desta forma, considerando que a massa nesta etapa encontra-se seca e em granulometria menor, recomenda-se a instalação de sistema de VLE nas correias que ainda não possuem, tais como:

- ✓ Correia que distribui o material às peneiras 3 e 4, onde a coifa deve ser colocada no ponto de transferência. O ponto de transferência compreende os locais nas correias onde ocorre recepção ou saída de matéria para outro equipamento.

- ✓ Laterais da peneira 5, onde as coifas devem ser instaladas sobre a correia que transfere a massa peneirada ao elevador;

- ✓ Correias que encaminham o material não peneirado ao moinho pendular, instalando as coifas nos pontos de saída da massa das peneiras 1, 3, 4, 5 e no ponto de transferência da massa ao moinho pendular. Ressalta-se que na peneira 2 já existem coifas instaladas para a captação de pó;

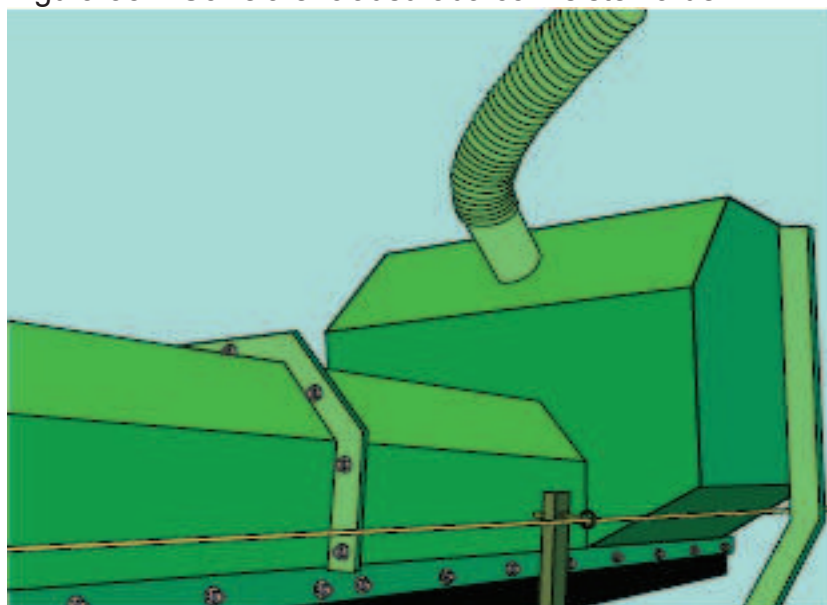
- ✓ Correia que transfere a massa do moinho pendular ao caixão esteira, dispondo as coifas nos dois pontos de transferência;

- ✓ Correia que transporta o material do moinho pendular às peneiras, instalando a coifa no ponto de descarregamento do Filtro de Mangas 3;

- ✓ Correia que transfere o material do elevador ao silo, onde a coifa deve ser instalada em cada ponto de transferência; e
- ✓ Correia que transfere o material armazenado no silo à próxima etapa, onde a coifa deve ser colocada no ponto de descarregamento do material do silo.

O sistema deve ser projetado com captores e tubulações dimensionados adequadamente e direcionados aos Filtros de Mangas 1 e 3 para coleta das partículas, conforme Fundacentro e Aspacer (2010). Nas correias que já possuem coifas, recomenda-se que estas sejam totalmente fechadas para evitar o escape das partículas e garantir a captação total. Além disto, sugere-se a instalação de bandejas de contenção de resíduos no retorno de todas as correias, visando coletar as partículas e evitar a perda da matéria. A figura 35 ilustra a correia enclausurada com sistema de VLE no ponto de transferência.

Figura 35 – Correia enclausurada com sistema de VLE



Fonte: FUNDACENTRO; ASPACER, 2010.

Outro processo responsável pela emissão fugitiva de particulados é a moagem realizada no moinho de martelo. No diagnóstico foi verificado que este equipamento não está enclausurado, contudo, possui tubulações conectadas ao Filtro de Mangas 1. Sendo assim, sugere-se o enclausuramento do moinho de martelo, com o objetivo de minimizar a dispersão do material particulado, bem como examinar e verificar as tubulações, a fim de identificar possíveis aberturas, furos, incrustações e desgastes que possam estar dificultando a coleta total das partículas.

Conforme observado na análise, o processo de peneiramento emite, visualmente, a maior concentração de particulados nesta etapa, sendo que as peneiras 1, 2, 3 e 4 possuem coifas e tubulações ligadas aos filtros de mangas. Foi verificado também que neste processo há grande perda de massa. Sendo assim, para que estas emissões e perdas sejam minimizadas, propõe-se o enclausuramento de todas as peneiras, bem como a instalação de sistema de VLE na peneira 5. Além disto, da mesma forma que no equipamento citado anteriormente, sugere-se que as coifas e tubulações sejam averiguadas, para verificar possíveis furos e entupimentos que possam estar dificultando a coleta das partículas.

- Sistema de Tratamento de Emissões Atmosféricas – Filtros de Mangas: Conforme mencionado, a empresa possui três filtros de mangas para auxiliar na coleta das partículas geradas na etapa de moagem. Como verificado no diagnóstico, visualmente as emissões de particulados ainda é alta, desta forma recomenda-se que seja avaliada a eficiência destes equipamentos, por meio de amostragens realizadas a jusante e a montante dos mesmos.

Também devem ser realizadas inspeções detalhadas para verificar as condições do equipamento, das mangas, das tubulações e dos captores, a fim de identificar presença de furos ou rasgos, entupimentos, partes soltas, incrustações e sinais de corrosão (CETESB, 2010). Recomenda-se que as tubulações que se encontram danificadas sejam substituídas e as que estão soltas devem ser conectadas aos captores. Além disto, a limpeza e troca das mangas devem ser realizadas periodicamente. Em relação ao Filtro de Mangas 1, sugere-se que este seja revestido para garantir a sua eficiência de coleta e que o dispositivo de descarga do pó coletado esteja acoplado diretamente à saída do filtro de mangas, evitando a dispersão de poluentes.

Considerando que com as medidas adotadas haverá um aumento na vazão a ser coletada, sugere-se que seja realizado um estudo para calcular esta vazão e assim, redimensionar o sistema, adequando os captores, as tubulações e os exaustores para o tratamento. Conforme mencionado em CETESB (2010), para o dimensionamento dos filtros é necessário considerar também a área de filtração necessária, a qual é obtida pela velocidade de filtração (relação ar-pano) recomendada, dependendo do tipo de meio filtrante e do tipo de sistema de limpeza. Para a sílica, no tipo de limpeza das mangas realizada por agitação mecânica, a

velocidade de filtragem recomendada é entre 0,7 e 0,8 m/min, e na limpeza realizada por jato pulsante, a velocidade recomendada é entre 2,1 e 2,7 m/min (CETESB, 2010).

O apêndice E apresenta um modelo de *check list* que pode ser utilizado pela empresa para registrar e controlar as inspeções realizadas nos filtros de mangas.

5.2.3 Etapa de granulação

No diagnóstico da etapa de granulação foram observadas emissões de partículas nas correias abertas e na peneira. Assim, propõe-se que sejam realizadas as seguintes medidas:

- Enclausuramento com Sistema de Ventilação Local Exaustora: Para que não ocorra a dispersão das partículas, recomenda-se que todas as correias transportadoras sejam enclausuradas (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010).

Nesta etapa foi verificado que apenas uma das correias possui coifa com tubulações. Desta forma, sugere-se que, associado ao enclausuramento, seja instalado um sistema de VLE com tubulações e captosres direcionados ao Filtro de Mangas 3 nas correias que não possuem, tais como:

- ✓ Calha que transfere o material do elevador ao granulador;
- ✓ Correia que transporta a massa granulada ao elevador;
- ✓ Correia que transfere o material do elevador aos silos de armazenamento;
- ✓ Correia que transporta a massa dos silos ao elevador, enclausurando o descarregamento da massa;
- ✓ Correias que transferem a massa do elevador à peneira e desta à prensa; e na correia que transfere a massa do britador ao elevador.

Ressalta-se que os captosres (coifas) devem ser instalados em cada ponto de transferência da massa.

Na correia que já possui captor, recomenda-se que este seja totalmente fechado e que as tubulações sejam conectadas aos captosres que serão instalados e ao Filtro de Mangas 3. Para evitar a perda de material, as correias também devem conter bandejas para coleta de partículas residuais (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010)

Outro equipamento com potencial de emissão de material particulado fugitivo é a peneira. Conforme observado, as partículas precipitam e se dispersam no ambiente, propiciando a perda de material. Portanto, recomenda-se também que a peneira seja enclausurada juntamente com um sistema de ventilação local exaustora, com captores e tubulações direcionados ao Filtro de Mangas 3.

Algumas medidas de controle são comuns a todas as etapas do setor de preparação de massa, sugerindo-se:

- Pavimentação: Como mencionado nos resultados, o local de circulação da fábrica, especialmente no setor de preparação de massa, é constituído sobretudo de chão batido. Conforme citado por Fundacentro e Aspacar (2010), para que o transporte não implique na dispersão das partículas ao ambiente, a melhor alternativa é pavimentação. Desta forma, sugere-se que todas as vias de circulação da fábrica sejam pavimentadas.

- Limpeza: Com relação à limpeza do local, deve-se evitar a utilização de vassouras comuns, uma vez que facilita a propagação da poeira sedimentada (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010). Portanto, sugere-se o uso de vassouras industriais mecânicas que contenham dispositivos para coletar e armazenar a poeira, minimizando a emissão na varrição. Como a empresa não possui este equipamento, foi realizado um orçamento com uma empresa de São Paulo, SP, cujo valor apresentado é de R\$ 2.350,00 a unidade, com frete incluso.

Quanto à limpeza dos equipamentos, as escovas e jatos de ar comprimido somente devem ser utilizados em equipamentos enclausurados e com sistema de ventilação exaustora (cabine de exaustão), para coletar as partículas dispersas e evitar a perda de material, conforme Kulcsar Neto et al (1995). Outra sugestão é utilizar o sistema de ventilação industrial da empresa para aspiração da poeira, através de pontos de conexão de mangueiras flexíveis com captor às tubulações da VLE (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010). Para isto deve ser realizado um redimensionamento no sistema de VLE, projetando-o também para este fim, de forma a evitar a perda de eficácia no sistema. Este recurso também poderá ser utilizado para a limpeza do ambiente.

Além disto, como forma de proteção a fontes secundárias de exposição à poeira, sugere-se que sejam evitados jatos de ar comprimido para limpeza dos uniformes (FUNDACENTRO; ASPACER, 2010).

Ressalta-se que tanto a limpeza no ambiente de trabalho, quanto à limpeza dos equipamentos devem ser realizadas regularmente, incluindo todas as instalações dos processos, como as estruturas e tubulações que possam acumular poeira, conforme mencionado por Fundacentro e Aspacar (2010). Sendo assim, sugere-se a criação de programas de limpeza preventiva, incluindo a realização de registros destas atividades, para que se tenha controle dos procedimentos realizados.

- **Manutenção:** Seguindo o exposto por Kulcsar Neto et al (1995), recomenda-se que as manutenções nos equipamentos operacionais sejam realizadas periodicamente, de forma preventiva, criando registros para os procedimentos realizados (além dos sugeridos nos Apêndices D e E), a fim de controlar e evitar quaisquer possíveis vazamentos de poeira por meio de furos e incrustações. Além disto, os equipamentos destinados ao tratamento das emissões atmosféricas também devem ser verificados.

- **Equipamentos de Proteção Individual:** Como já relatado nos resultados, os EPI's são utilizados pelos funcionários constantemente. Desta forma, recomenda-se manter o uso durante o período de trabalho e, ainda, utilizá-los enquanto ocorrer manutenção, inspeções e limpeza dentro do ambiente, especialmente os equipamentos de proteção respiratória.

- **Sinalização:** De acordo com o exposto por Fundacentro e Aspacar (2010) e Kulcsar Neto et al (1995), os locais de trabalho que contenham poeira com sílica devem ser sinalizados com cartazes de advertência. Isto serve como forma de orientação aos trabalhadores quanto aos riscos e efeitos da exposição à poeira. A figura 36 apresenta uma sugestão de cartaz que pode ser adotado pela empresa. Recomenda-se ainda, a instalação de cartazes com conteúdos que informem os trabalhadores quanto ao uso de EPI's em cada setor.

Figura 36 – Modelo de cartaz de advertência



Fonte: FUNDACENTRO; ASPACER, 2010.

Com a aplicação das medidas de controle, espera-se que as fontes de emissão de material particulado sejam minimizadas, melhorando a qualidade do ar no setor e o ambiente de trabalho. Além disto, estas medidas irão contribuir para a redução do risco ocupacional no qual o trabalhador está exposto, bem como dos custos com insalubridade.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho demonstrou que a qualidade do ar no setor de preparação de massa da indústria de revestimentos cerâmicos é consideravelmente afetada pelas emissões de material particulado. Nas análises e discussões dos resultados obtidos com o diagnóstico, foi possível observar que os trabalhadores permanecem expostos a este poluente, o que é considerado uma situação de risco, uma vez que a exposição contínua às partículas pode ser danosa à saúde humana.

A análise do relatório de avaliação de riscos ocupacionais mostrou que a concentração de partículas respiráveis no setor de preparação de massa encontra-se acima do limite de tolerância estabelecido pela Norma Regulamentadora NR-15, sendo considerada como atividade insalubre.

Através do diagnóstico realizado no setor foi possível identificar as fontes de emissão de material particulado. Na etapa de secagem foi observado que este poluente é oriundo principalmente do estoque da matéria-prima e do transporte da massa cerâmica realizado em correias abertas. A qualidade do ar nesta etapa também sofre grande influência das partículas que dispersam da moagem, visto que não há isolamento físico entre as duas etapas, tal como ocorre na granulação.

A etapa de moagem foi a que apresentou visualmente a maior emissão de particulados, provenientes, sobretudo dos processos de peneiramento, transporte da massa em correias abertas e do moinho de martelo. Também foi verificado que nesta etapa a massa já está seca, o que favorece ainda mais a sua dispersão.

Na etapa granulação foram identificadas emissões de particulados principalmente nas correias abertas e na peneira. Além do mais, foi observado que como a peneira situa-se em um nível mais alto em relação aos outros equipamentos e que não há sistema de coleta das partículas, estas tendem a precipitar, propiciando a perda de material.

A empresa possui um lavador de gases para coletar os poluentes gerados no secador, três filtros de mangas e um ciclone para auxiliar na coleta das partículas geradas nas etapas de moagem e granulação. Entretanto, a mesma não realizou até o momento qualquer monitoramento das emissões atmosféricas para avaliar a eficiência destes sistemas de tratamento.

Além disto, foram observadas falhas nos sistemas de captação das etapas de moagem e granulação, tais como captore com laterais abertas, falta de captore nas correias, tubulações desgastadas e não conectadas aos captore e aos filtros de mangas, e falta de revestimento no Filtro de Mangas 1.

Também foram identificadas outras situações comuns às três etapas do setor que possibilitam a emissão de material particulado no interior da atividade. Dentre elas a falta de pavimentação nas vias de circulação, a limpeza do local realizada com vassouras comuns, a limpeza dos equipamentos realizada esporadicamente com escovas ou jatos de ar comprimido e a falta de manutenção preventiva.

Diante dos resultados obtidos foram propostas medidas de controle para melhoria da qualidade do ar interno no setor de preparação de massa. As mesmas tiveram enfoque na redução das fontes de emissão de particulados, tais como pavimentação das vias, isolamento dos processos de armazenamento e resfriamento da massa, enclausuramento com sistema de ventilação local exaustora nas correias transportadoras e outros equipamentos, programas de limpeza e manutenção preventivas, sinalização e uso de EPI'S.

Também foi recomendado que seja avaliada a eficiência dos sistemas de tratamento por meio de amostragens realizadas a jusante e a montante dos equipamentos. Ainda, sugeriu-se como complementação deste estudo a realização de cálculos para determinar a vazão de poluentes a serem coletados, os diâmetros das tubulações e a potência do exaustor, a fim de verificar se o sistema está adequado para tratar a concentração de particulados emitida no processo e, caso necessário, redimensionar os sistemas de tratamento.

Para preservar a qualidade de vida dos funcionários e melhorar a qualidade do ar no local de trabalho é de fundamental importância que as emissões de material particulado sejam minimizadas. Desta forma, recomenda-se que a empresa aplique as medidas de controle propostas no setor de preparação de massa, uma vez que isto também reduzirá os custos gastos com a insalubridade.

Sugere-se também que seja realizada uma pesquisa para verificar e calcular as perdas de matéria-prima no setor, com o intuito de comparar com os custos de adequação do sistema, caso as medidas sejam aplicadas.

Recomenda-se, ainda, que em estudos futuros seja realizado um diagnóstico de todos os setores da indústria, visando avaliar tanto a deterioração da

qualidade do ar interno em função da emissão de material particulado, bem como de outros agentes de riscos ocupacionais, como calor e ruído.

REFERÊNCIAS

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução – RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Brasília: **Diário Oficial da União**, 20 de janeiro de 2003. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d094d3004e5f8dee981ddcd762e8a5ec/Resolucao_RE_n_09.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 08 ago. 2013.

BAGATIN, Ericson. Doenças Pulmonares Ocupacionais. **Pneumo Atual**, Campinas, v. 8, n. 13, p.1-7, maio 2001. Disponível em: <http://www.hccpg.rn.gov.br/downloads/artigos/MEDICINA_DO_TRABALHO/Doen%C3%A7as_Ocupacionais_Pneumoatual.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2013.

BASTO, José Edson. Qualidade do ar interno. In: Congresso Nacional de Engenharia de Segurança do Trabalho e Congresso Líbero-Americano de Engenharia de Segurança do Trabalho, 10., 2007, Itajaí. **Anais...** Florianópolis: Anest, 2007. p. 2 – 89. Disponível em: <http://www.anest.org.br/arquivos/pdf/conest_10a/Apostila_de_Qualidade_do_Ar_Interno_ITAJAi.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2013

BON, Ana Maria Tibiriça; ANJOS, Alcinea M. Dos Santos; KULCSAR, Francisco. **Atividades de Risco**. São Paulo: Fundacentro, 2013. Disponível em: <<http://srvhportalsin.fundacentro.gov.br/silica-e-silicose/atividades-de-risco>>. Acesso em: 22 ago. 2013

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 305 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº. 003, de 28 de junho de 1990: Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília: **Diário Oficial da União**, 22 de agosto de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE – MS. Portaria nº. 3.523, de 28 de agosto de 1998. Brasília: **Diário Oficial da União**, 31 de agosto de 1998. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/PORTARIA_3523.pdf>. Acesso em 14: ago. 2013

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Gás Natural**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/fontes-convencionais-de-energia/gas-natural>>. Acesso em: 02 nov. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Norma de Higiene Ocupacional NHO 08. Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho. São Paulo: **Fundacentro**, 2009. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/3/nho-0-coleta-de-material-particulado-solido-suspenso-no-ar-de-ambientes-de-trabalho>> Acesso em: 10 out. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Portaria nº. 3.214 de 08 de junho de 1978a. Aprova a Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres. Brasília: **Diário Oficial da União**, 06 de julho de 1978. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20%28atualizada_2011%29.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Portaria nº. 3.214 de 08 de junho de 1978b. Aprova a Norma Regulamentadora nº 06 – Equipamentos de Proteção Individual. Brasília: **Diário Oficial da União**, 06 de julho de 1978. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DC56F8F012DCDAD35721F50/NR-06%20%28atualizada%29%202010.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Portaria nº. 3.214 de 08 de junho de 1978c. Aprova a Norma Regulamentadora nº 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília: **Diário Oficial da União**, 06 de julho de 1978. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2013.

CARMO, Adriano Trotta; PRADO, Racine Tadeu Araujo. **Qualidade do ar interno**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1999. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/racine-iaq.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

CLEZAR, Carlos Alfredo; NOGUEIRA, Antônio Carlos Ribeiro. **Ventilação industrial**. Florianópolis: UFSC, 1999. 298 p.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Poluentes**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-B?sicas/21-Poluentes>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tecnologia de Controle da Poluição do Ar para Material Particulado, Gases, Vapores e Odores e Verificação de Sistemas**: Cadernos da Gestão do Conhecimento. São Paulo, 2010. 102 p.

CONSTANTINO, Alberto de Oliveira; ROSA, Sergio Eduardo Silveira da; CORRÊA, Abidack Raposo. **Panorama do Setor de Revestimentos Cerâmicos**. Brasília, 2006. 22 p. Disponível em:
<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivo_s/conhecimento/relato/rs_rev_ceramicos.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.

COSTA, Ennio Cruz da. **Ventilação**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 256p.

FAGUNDES, Gilmar; ZANELATO, Maria Aparecida. **Silicose Doença Pulmonar Ocupacional no Trabalhador de Mineração**. Diamantina: DCB/UFVJM, 2010. 11 p. Disponível em:
<http://patologiaufvjm.weebly.com/uploads/2/3/4/2/2342487/silicose_1.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2013.

FIESC – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Santa Catarina em Dados**. Florianópolis, 2013. 176 p. Disponível em:
<http://www2.fiescnet.com.br/web/pt/site_topo/pei/produtos/show/id/46>. Acesso em: 02 nov. 2013.

FUNDACENTRO; ASPACER. **Manual de Controle da Poeira no Setor de Revestimentos Cerâmicos**: Programa Nacional de Eliminação da Silicose. São Paulo, 2010. 60 p. Disponível em:
<<http://www.fundacentro.gov.br/LinksDownload/Noticias/manual.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2013.

GOMES, João Fernando Pereira. **Poluição atmosférica**: um manual universitário. Porto: Polindústria, 2001. 176 p.

KULCSAR NETO, Francisco et al. **Sílica Manual do Trabalhador**. São Paulo: Fundacentro, 1995. 47 p. Disponível em:
<http://www.braziliancenter.org/pt/images/resources/resources-SILICA-_MANUAL_DO_TRABALHADOR.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2013.

LESSIN, Ricardo Contreira; GHINI, Raquel. Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o oídio e o crescimento de plantas de soja. **Tropical plant pathology**, Jaguariúna, v. 34, n. 6, p. 385-392, 2009. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/tpp/v34n6/a04v34n6.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2013.

LISBOA, Henrique de Melo; SCHIRMER, Waldir Nagel. Metodologia de Controle da Poluição Atmosférica. In: LISBOA, Henrique de Melo. **Controle da poluição atmosférica**. Florianópolis: ENS/UFSC, 2007. Cap. VII, p. 1-93. Disponível em: <<http://www.lcqar.ufsc.br/adm/aula/Cap%207%20MetControle%20PATM.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

LISBOA, Henrique de Melo. Ventilação Industrial. In: _____. **Controle da poluição atmosférica**. Florianópolis: ENS/UFSC, 2007. Cap. VI, p. 1-63. Disponível em: <<http://www.lcqar.ufsc.br/adm/aula/Cap%206%20Ventilacao%20Industrial.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2013

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. 2a.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990, 403 p.

OLIVEIRA, Maria Cecília de; MAGANHA, Martha Faria Bérnils. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Branca e de Revestimento (Série P+L)**. São Paulo: Cetesb, 2008. 83 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/ceramica.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2013

QUADROS, Marina Eller; LISBOA, Henrique de Melo. Qualidade do ar interno. In: LISBOA, Henrique de Melo. **Controle da poluição atmosférica**. Florianópolis: ENS/UFSC, 2010. Cap. IX, p. 1-37. Disponível em: <<http://www.lcqar.ufsc.br/adm/aula/Capitulo%209%20Ar%20Interno.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

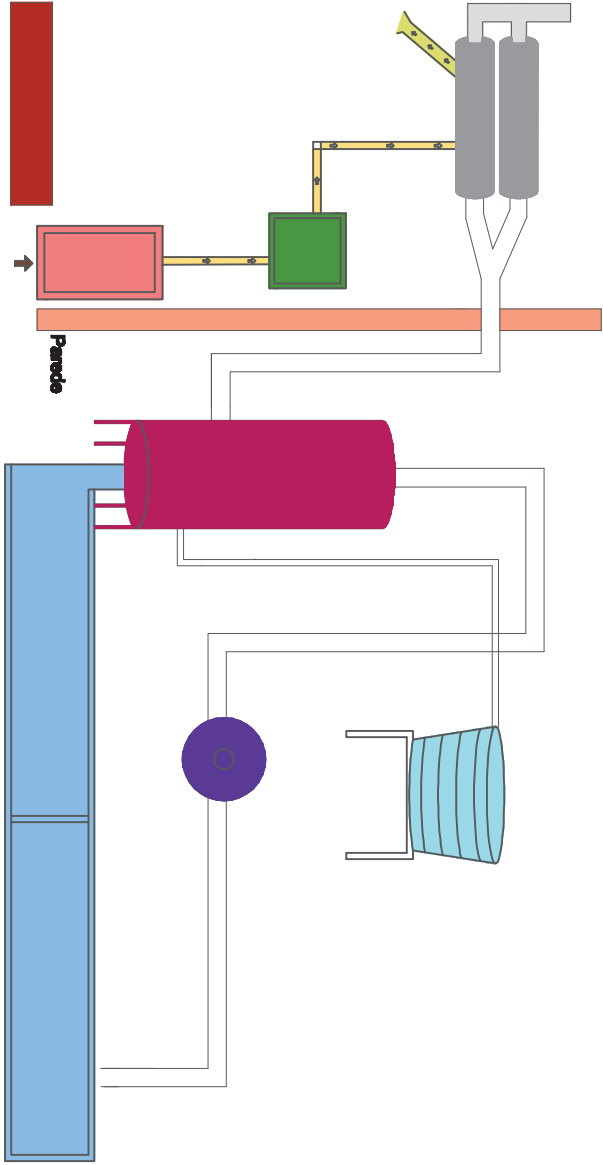
REIS JUNIOR, Neyval Costa. **Equipamentos de Controle de Poluição do Ar**. Vitória: Ufes, 2005. 31 p. Disponível em: <http://www.inf.ufes.br/~neyval/Monitoramento_Qualidade_Ar/Equipamentos_de_controle_de_emissao.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 438 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Croqui da etapa de armazenamento de matéria-prima e secagem

ETAPA 1: ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA-PRIMA E SECAGEM



Legenda:

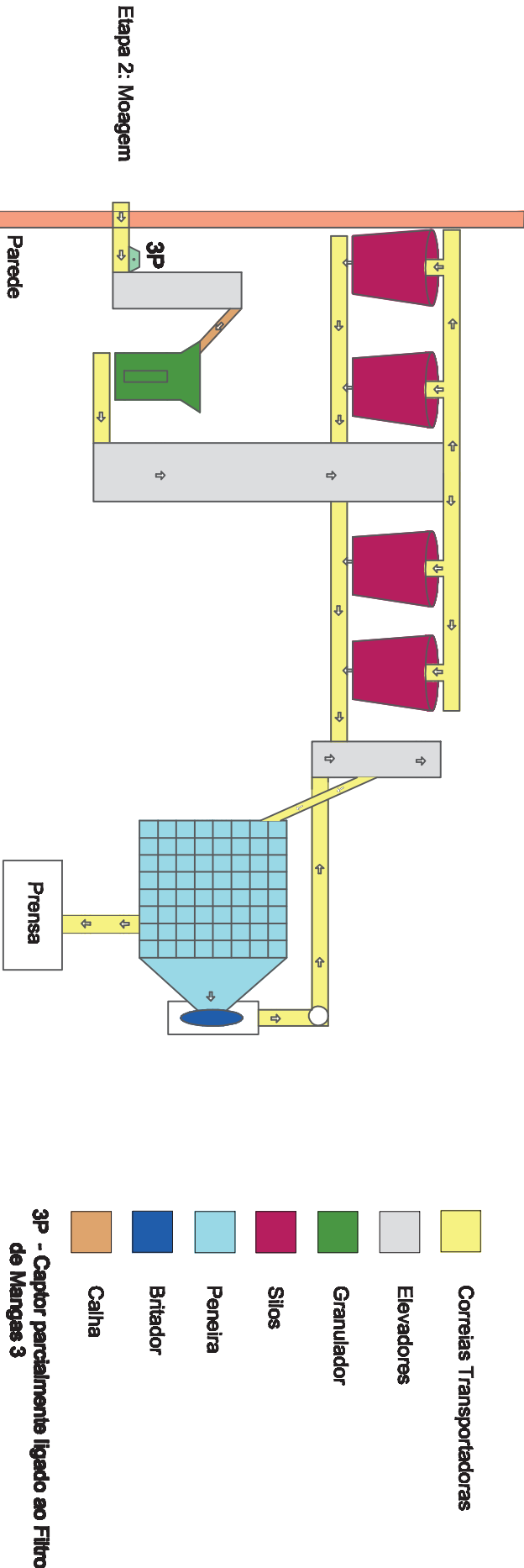
- | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|
|  | Armazenamento de Matéria-prima |  | Saída da Massa |
|  | Carregamento de Matéria-Prima |  | Lavador de Gases |
|  | Caixa Esteira |  | Exaustor |
|  | Correias Transportadoras |  | Tanque: Salda de todo gerado no Lavador de Gases |
|  | Britador |  | Caixa d' água |
|  | Secadores Rotativos | | |
|  | Entrada de Gás Natural | | |

APÊNDICE B – Croqui da etapa de moagem

APÊNDICE C – Croqui da etapa de granulação

ETAPA 3: GRANULAÇÃO

Legenda:



APÊNDICE D – *Check list* de inspeção do Lavador de Gases

Empresa:	
Setor:	
Equipamento de Controle: Lavador de Gases	
Data:	
Rev.:	
Área:	
Fonte de Emissão:	
Identificação:	
Fabricante/Fornecedor:	
Tipo:	
Dados do Lavador	Vazão de Gases:
	Temperatura:
	Pressão:
	Vazão/Tipo de líquido utilizado:
Destino do Efluente Líquido Gerado:	
Emissão Atmosférica Final	Material Particulado (mg/Nm ³ seco):
	NO ₂ (mg/Nm ³ seco):
	SO ₂ (mg/Nm ³ seco):
	CO ₂ (mg/Nm ³ seco):
Observações:	

APÊNDICE E – *Check list* de inspeção dos Filtros de Mangas

Empresa:	
Setor:	
Equipamento de Controle: Filtro de Mangas	
Data:	
Rev.:	
Área:	
Fonte de Emissão:	
Características Gerais	Fabricante/Fornecedor:
	Modelo:
	Tipo:
Fluxo Gasoso	Vazão:
	Temperatura:
	Concentração de pó:
Meio Filtrante	Material Filtrante:
	Nº Mangas:
	Dimensões das Mangas:
	Área Filtrante Total:
	Velocidade de Filtragem:
Sistema de Limpeza das Mangas	Tipo:
	Frequência:
Pó Coletado	Acondicionamento e Destino:
	Dispositivo de Descarga:
Emissão Final	Concentração Esperada:
	Concentração Real:
Observações:	