

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E MATERIAIS - PPGEM**

**REÚSO DO RESÍDUO DE FUNDIÇÃO
AREIA VERDE NA PRODUÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS**

SIMONE MARÍNDIA BIOLO

Mestrado Acadêmico em Engenharia
Área de Concentração: Tecnologia Mineral / Metalurgia Extrativa

Porto Alegre, RS.

2005

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração Tecnologia Mineral / Metalurgia Extrativa e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Porto Alegre, 21 de dezembro de 2005.

Orientador: Prof. Dr. Ivo André Hömrich Schneider

Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Pérez Bergmann

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marçal José Rodrigues Pires

Departamento de Química Aplicada - PUCRS

Profa. Dra. Daniela Lupinacci Villanova

Departamento de Engenharia de Materiais - UFRGS

Profa. Dra. Ângela Borges Masuero

Departamento de Engenharia Civil da UFRGS

Prof. Dr. Antônio Cezar Farias Vilela

Coordenador do PPGEM

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família pelo apoio, em especial aos meus pais pelo exemplo de dedicação necessário para as conquistas. A minha irmã Déia e meu cunhado Brasil, pelo exemplo de força e dedicação constantes, pelo carinho e aconchego nas freqüentes estadias durante a realização deste mestrado.

Ao meu orientador Ivo, pela orientação, disponibilidade, estímulo e rigor necessários, e também pela sua incansável dedicação, compaixão pelos alunos e amor ao “saber” que me motivaram nesta realização.

Ao meu co-orientador Bergmann, pela orientação, presteza, portas sempre abertas e excelente infra-estrutura do seu laboratório.

A MSc Juliane Vicenzi pelo seu auxílio e contribuição.

Aos queridos colegas Jean, Rodrigo e Elvis por estarem presentes com seu apoio nesta jornada.

A colaboração dos bolsistas Jorge Huff e Gabriel Gondin.

A Cercena S.A. pelo aporte financeiro deste projeto. Em especial a Juarez Cercena pela confiança depositada. Ao eng. Rui da Silva Quadros e Leonir Ceratto pelas fundamentais contribuições.

**“Viver é como andar de bicicleta.
Para manter o equilíbrio é preciso continuar se movendo.”**

Albert Einstein

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS..... ii

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1 A indústria de fundição.....	6
4.1.1 Processos de moldagem.....	6
4.1.2 Matérias-primas para moldagem e macharia em areia.....	10
4.1.3 O sistema ligante no processo de fundição.....	13
4.1.3.1 Moldagem em areia verde.....	14
4.1.3.2 Sistema “cold-box”.....	14
4.1.4 A areia de fundição como um resíduo sólido.....	14
4.1.5 Processos de regeneração.....	16
4.1.5.1 Remoção de Resíduos por atrição a seco.....	17
4.1.5.2 Remoção de resíduos por atrição úmida.....	18
4.1.5.3 Remoção de resíduos por tratamento térmico.....	18
4.1.5.4 Tratamento por radiação.....	22
4.1.6 As possibilidades de reúso.....	22
4.1.6.1 Concreto de baixa resistência.....	24
4.1.6.2 Aplicações na fabricação de cimento portland.....	25
4.1.6.3 Aplicações em concretos e produtos correlacionados.....	25
4.1.6.4 Aplicações em asfalto.....	26
4.1.6.5 Aplicações em materiais cerâmicos.....	26
4.2 Materiais cerâmicos.....	27
4.2.1 Panorama do setor cerâmico.....	28
4.2.2 Blocos cerâmicos.....	29
4.2.3 Matéria-prima.....	30
4.2.4 Processo de conformação dos blocos cerâmicos.....	33

4.2.4.1 Extração e preparação da matéria-prima.....	33
4.2.4.2 Conformação.....	36
4.2.4.3 Tratamento térmico (secagem e queima).....	36
4.3 Emissões gasosas.....	39
4.3.1 Emissões atmosféricas pela legislação brasileira.....	40
4.3.2 Amostragem isocinética.....	42
5. Descrição dos processos produtivos das empresas envolvidas na pesquisa.....	46
5.1 CERCENA S.A. Indústria Metalúrgica.....	46
5.2 Cerâmica Getuliense LTDA.....	50
6. EXPERIMENTAL.....	52
6.1 Ensaio de laboratório.....	52
6.1.1 Matérias-primas.....	52
6.1.2 Caracterização das matérias-primas.....	53
6.1.3 Produção dos corpos-de-prova.....	54
6.1.4 Caracterização de propriedades tecnológicas.....	54
6.1.5 Aspectos ambientais.....	56
6.2 Testes em escala industrial.....	57
6.2.1 Produção dos blocos cerâmicos.....	58
6.2.2 Amostras.....	59
6.2.3 Caracterização de propriedades tecnológicas dos blocos cerâmicos.....	60
6.2.4 Análise das emissões gasosas.....	63
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
7.1 Caracterização dos materiais.....	71
7.2 Massa cerâmica produzida em laboratório.....	79
7.2.1 Aspectos tecnológicos.....	79
7.2.2 Propriedades dos corpos-de-prova.....	81
7.2.3 Análise dos gases.....	84
7.3 Resultados da indústria.....	84
7.3.1 Ensaio de lixiviação e solubilização dos tijolos.....	85
7.3.2 Aspectos tecnológicos.....	87
7.3.3 Resultados de emissões gasosas.....	91
8. CONCLUSÕES.....	94

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
10. ANEXOS.....	101
Parede experimental.....	101
Análises químicas das matérias-primas.....	102
Ensaio de solubilização da areia verde de fundição	106
Análises fenol na massa bruta.....	117
Análises químicas das massas cerâmicas produzidas em laboratório.....	119
Análises químicas dos extratos de lavagem dos gases das amostras da massa cerâmica produzida em laboratório, sem areia verde (N) e com 10% de areia verde (W).....	125
Autorização da FEPAM para dos testes industriais.....	129
Resultados dos testes industriais.....	131
Análises químicas.....	131
Resultados de resistência mecânica e absorção de água.....	137
Resultados das amostragens de emissões gasosas.....	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Sequência de preparação do molde em areia. Fonte: SENAI (1999).....	8
Figura 02: Seqüência das operações na fundição de um metal em molde de areia. Fonte: Bradaschia <i>apud</i> Maciel (2004).....	9

Figura 03: Na atrição pneumática os grãos de areia a regenerar são captados por um fluxo ascendente de ar, transportados através de um tubo vertical e arremessados contra um alvo com forma de chapéu chinês. Fonte: Mariotto (2000b).....	17
Figura 04: Esquema de equipamento de regeneração em que a ação mecânica básica é do tipo roçamento entre grãos. Fonte: Mariotto (2000b).....	17
Figura 05: Esquema de equipamento onde a ação mecânica predominante é do tipo roçamento intensificado por rolos (moinho atritor); a pressão dos rolos sobre o material a tratar pode ser regulada. Fonte: Mariotto (2000b).....	18
Figura 06: Areia usada no processo cura-a-frio, em que as capas contaminantes são de origem orgânica. Fonte: Mariotto (2000b).....	19
Figura 07: Areia da Figura 6 regenerada por calcinação. Fonte: Mariotto (2000b).....	19
Figura 08: Esquema de instalação de regeneração térmica em que o calcinador é um forno de leito fluidizado. Fonte: Mariotto (2000b).....	20
Figura 09: Esquema da planta de regeneração térmica via forno de leito fluidizado. Fonte: Guesser e Peixoto,2005.....	22
Figura 10: Mapa com a localização das indústrias de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: Adaptado de informações fornecidas pelo SIOCERGS (2002) por Manfredini e Sattler, 20003.....	28
Figura 11: Amostragem sub-isocinética. Fonte: CPRH/GTZ,1999.....	43
Figura 12: Amostragem com velocidade superior à isocinética. Fonte: CPRH/GTZ, 1999.....	44
Figura 13: Segregação de partículas. Fonte: CPRH/GTZ,1999.....	45
Figura 14: Fluxograma do processo produtivo da Cercena S.A.....	46
Figura 15: Preparação dos moldes em areia verde.....	48
Figura 16: Preparação dos machos.....	48
Figura 17: Processo de recuperação de areia verde da CERCENA S.A.....	49
Figura 18: Fluxograma de fabricação dos tijolos.....	50
Figura 19: Fluxograma do procedimento experimental adotado neste trabalho.....	52
Figura 20: Aparato utilizado para a avaliação das emissões gasosas das massas cerâmicas em laboratório.....	57

Figura 21: Fluxograma da pesquisa em escala industrial com o uso de areia de fundição na confecção de blocos cerâmicos.....	58
Figura 22: Verificação de Desvio em relação ao esquadro “D” e planeza das faces ou Flecha “ F”	62
Figura 23: Dimensões Nominais (Largura, Altura e Comprimento).....	62
Figura 24: Esquema dos pontos de amostragem da chaminé. Secção retangular dividida em 12 áreas iguais, com pontos (*) onde foi realizada a coleta no centro de cada área. Furação da chaminé 4 Ø 100 mm.....	64
Figura 25: Chaminé de amostragem para a coleta das amostras de emissões gasosas na Cerâmica Getuliense.....	64
Figura 26: Croqui do trem de amostragem. Fonte ABNT, NBR 12827/1993.....	65
Figura 27: Unidade de controle de amostragem isocinética de gases e material particulado composta de gabinete; medidor de temperatura; manômetro de 02 colunas, com parte inclinada, escala total de 0 a 25 mmH ₂ O; gasômetro com vazão máxima de 3 m ³ /h, leitura de 0 a 0000,999 m ³ , leitura mínima de 0,21; vacuômetro; variador de potência; totalizador de tempo (horâmetro); válvulas de controle de bomba; variador de potência; leitor de temperatura digital de 06 canais, calibrado para termopar de tipo K Chromel-Alumel.....	66
Figura 28: Caixa quente e Caixa fria (borbulhadores em banho de gelo) e Caixa bomba – parte da aparelhagem de amostragem isocinética de gases e material particulado.....	67
Figura 29: Medição de NO _x	69
Figura 30: Vista interna da caixa de medição de NO _x	69
Figura 31: Aparelhagem para determinação dos gases de combustão, da CONFOR modelo TEMPEST 50.....	70
Figura 32: Fotografias dos materiais, secos e parcialmente desagregados.....	71
Figura 33: Análise granulométrica das argilas tradicionais e da areia de fundição.....	72
Figura 34: Curvas termogravimétricas das argilas tradicionais e da areia de fundição.....	73
Figura 35: Difratoograma da argila 1, método não-orientado.....	74
Figura 36: Difratoograma da argila 2, método não-orientado.....	75
Figura 37: Difratoograma da argila 3, método não-orientado.....	75

Figura 38: Difratoograma da areia de fundição, método não-orientado.....	76
Figura 39: Curva de gresificação dos corpos-de-prova cerâmicos formulados com argila (m) e argila com aditivação crescente de areia verde de fundição <i>in natura</i> : 5, 10, e 20% em peso.....	80
Figura 40: Resistência mecânica dos corpos-de-prova em função da temperatura de queima.....	80
Figura 41: Blocos cerâmicos produzidos na indústria sem e com 10% de areia de fundição....	84
Figura 42: Valores de resistência mecânica (MPa) dos blocos cerâmicos.....	88
Figura 43: Valores de absorção de água (%) dos blocos cerâmicos.....	88
Figura 44: Parede experimental com blocos cerâmicos com areia de fundição.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Destino dos resíduos de fundição no RS.....	16
--	----

Tabela 02: Faixas de rendimento de regeneração para alguns tipos de tratamento relatados por fabricantes e usuários dos equipamentos.....	20
Tabela 03: Usos potenciais estudados na Inglaterra (Adaptado de “THE CASTING DEVELOPMENT CENTRE”, 1999).....	24
Tabela 04: Panorama do setor de cerâmica estrutural.....	29
Tabela 05: Composição granulométrica dos produtos da cerâmica vermelha de acordo com o diagrama de Winkler.....	34
Tabela 06: Limites Máximos de Emissão Gasosa.....	41
Tabela 07: Composição química ferro-cromo.....	47
Tabela 08: Distribuição granulométrica das matérias-primas (valores em μm).....	72
Tabela 09: Resultados da análise por fluorescência de raios X das matérias-primas empregadas nas formulações dos blocos cerâmicos.....	76
Tabela 10: Análise química das matérias-primas utilizadas (valores médios de análise em triplicata).....	77
Tabela 11: Resultados dos ensaios de lixiviação da areia verde de fundição.....	78
Tabela 12: Resultados dos ensaios de solubilização da areia verde de fundição.....	78
Tabela 13: Resultados das análises de fenol na massa bruta da areia verde de fundição.....	79
Tabela 14: Composição química por fluorescência de raios X dos corpos-de-prova produzidos sem e com 10% de areia verde de fundição.....	82
Tabela 15: Análise química das amostras da massa cerâmica sem areia verde e das amostras com 10% de areia verde.....	82
Tabela 16: Resultados dos ensaios de lixiviação conforme a NBR 10005.....	83
Tabela 17: Resultados dos ensaios de solubilização conforme a NBR 10006.....	83
Tabela 18: Análise química dos extratos da lavagem dos gases das amostras da massa cerâmica sem e com 10% de areia verde.....	84
Tabela 19: Análise química da areia verde.....	85
Tabela 20: Resultados dos ensaios de lixiviação dos blocos cerâmicos produzidos sem e com 10% de areia verde de fundição.....	86
Tabela 21: Resultados dos ensaios de Solubilização dos blocos cerâmicos produzidos sem e	

com 10% de areia verde de fundição.....	86
Tabela 22: Micrografia por microscopia óptica de blocos cerâmicos formulados sem e com 10% de areia verde de fundição (aumento 40 x).....	87
Tabela 23: Resultados teste-t de student.....	89
Tabela 20: Medições das características geométricas.....	90
Tabela 25: Resultados da análise da qualidade.....	91
Tabela 26: Dados da amostragem e análise química da água de lavagem dos gases provenientes da queima de blocos cerâmicos sem e com 10% de areia de fundição: concentração e taxa de emissão de metais (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, Tl, Zn) e de Material Particulado.....	92
Tabela 27: Dados da amostragem e análise química da água de lavagem dos gases provenientes da queima de blocos cerâmicos sem e com 10% de areia de fundição: concentração e taxa de emissão de NO _x , SO ₂ , Névoas de SO ₃ e H ₂ SO ₄ e de Material Particulado.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS - GF – Espectroscopia de Absorção Atômica em Forno Grafite
 AAS – VF – Espectroscopia de Absorção Atômica de Vapor Frio
 ABIFA – Associação Brasileira de Fundição

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFS - American Foundryman society
ANICER - Associação Nacional da Indústria Cerâmica
ASTM - American Society Testing and Materials
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo
CBUQ - Concreto betuminoso usinado a quente
CIENTEC – Fundação Ciência e Tecnologia do estado do Rio Grande do Sul
CIPA - Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente
DMIA - dimetil isopropilamina
DMEA – dimetilamina
EPA - U. S. Environmental Protection Agency
EAA - Espectofotometria de Absorção Atômica
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - RS
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISO – International Organization for Standardization
INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação/Portugal
LD – Limite de Detecção
MDI - difenil-metano-di-isocianato
MTR – Manifesto para Transporte de Resíduos
ND - Não Detectado
PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
SIOCERGS - Sindicato das Indústrias de Olaria e Cerâmica para Construção no RS
TEA – trietilamina
TMA – trimetilamina
VMP - Valor Máximo Permitido
UR – Umidade Relativa (do ar)

RESUMO

A areia de moldagem descartada é o principal resíduo da indústria de fundição. Esse resíduo é regenerado e recirculado no processo produtivo, até o momento que deve ser descartado. O emprego em materiais da construção civil tem sido indicado como a principal possibilidade de utilização segura das areias descartadas. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar, com base em estudos de laboratório e industriais, os aspectos tecnológicos e ambientais do reuso da areia de fundição na produção de blocos cerâmicos. A areia verde foi obtida de uma típica indústria de produção de ferro fundido, localizada no município de Erechim, RS, Brasil,

que utiliza os processos de moldagem em areia verde e *cold box*. Em laboratório foram caracterizados as argilas e o resíduo através de análises químicas, mineralógicas e granulométricas. Foram avaliadas as características dos corpos-de-prova produzidos com adições de 0, 5, 10 e 20% do resíduo na massa cerâmica. Estudou-se também o efeito de diferentes temperaturas de queima. As propriedades avaliadas foram retração linear, absorção de água, resistência à flexão em quatro pontos, composição química, periculosidade (conforme a NBR 10004/2004) e emissões gasosas. Os estudos em planta industrial foram realizados na produção de lotes de blocos cerâmicos de 6 furos sem e com 10% de areia de fundição. Avaliaram-se as propriedades geométricas, absorção de água, resistência à compressão, periculosidade (conforme a NBR 10004) e emissões gasosas. Segundo a NBR 10004, o resíduo é classificado como Não Perigosos – Classe II A - Não Inertes. Os estudos em laboratório demonstraram que os melhores resultados de resistência mecânica foram obtidos com dosagens de 5 e 10% de areia de fundição e temperatura de queima de 900°C. Através dos resultados da indústria comprovou-se a similaridade e conformidade dos blocos cerâmicos, de acordo com a norma vigente, produzidos com 10% de areia de fundição em termos de geometria, absorção de água e resistência mecânica, permitindo a sua comercialização. Esta dosagem de areia verde não elevou a concentração de poluentes nas emissões gasosas e contribuiu para a redução da emissão de CO. Por fim, pode-se concluir que a reciclagem do resíduo sólido de fundição - areia verde mostrou-se perfeitamente possível para fabricação de produtos de cerâmica vermelha para construção civil.

Palavras-chave: resíduos sólidos, poluição, areia de fundição, cerâmica vermelha, emissões gasosas.

ABSTRACT

The modeling sands are the main solid waste from the foundry industry. This material can be a number of times regenerated and recycled to the process, up to the moment it must be discharged. The use of this waste material in civil construction has been indicated as one of the safe possibilities of reuse. Thus, the aim of this work was to analyze in laboratory and industrial scales the technological and environmental aspects of the reuse of foundry sand in the

production of ceramic blocks. The foundry sand was obtained from an iron casting plant located in Erechim, RS, Brazil, working with the green molding and cold-box processes. The clays and solid waste were characterized in laboratory in terms the physical, chemical, mineralogical properties. Tests at laboratory scale were conducted to study the addition of 0, 5, 10 e 20% of foundry sand in the ceramic mass. It was also investigated the influence of different burning temperatures. The properties analyzed were linear retraction, water absorption, mechanical strength, chemical composition, environmental risk (according NBR 10004/2004), and gaseous emissions. Industrial tests were carried out to produce ceramic bricks with 10% of foundry sands. The properties analyzed were water absorption, geometric parameters, mechanical strength, environmental risk (according NBR 10004), and gaseous emissions. Accordingly to NBR 10004, the waste is classified as Non Dangerous Waste (Class II A – Non Inert). The laboratory studies showed that the best results in terms of mechanical strength were attained with 5 and 10% of foundry sand at the temperature of 900°C. The industrial scale tests showed that the ceramics without, or containing 10% of foundry waste, presents similar properties and attend the normatization standards for commercialization. This amount of waste does not increase the concentration of pollutants in the air emissions; in fact, the amount of CO was reduced. Finally, it can be concluded that the reuse of foundry sand is possible for the production of ceramic blocks for civil construction.

Keywords: solid wastes, pollution, sand foundry, ceramics, gaseous emissions.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento industrial e, conseqüentemente, da quantidade e diversidade de resíduos gerados, proporciona um desafio a ser enfrentado pelas indústrias, já que este gerenciamento é de competência das mesmas.

A indústria de transformação tem encontrado grandes dificuldades na disposição final dos resíduos gerados em seus processos produtivos, causando sérios problemas ambientais e

crescentes incrementos nos custos industriais, por falta de soluções tecnológicas apropriadas e de instalações adequadas à eliminação dos resíduos. Por força dos organismos nacionais e internacionais de controle do meio ambiente, que ganharam grande importância com a Norma ISO 14000, a questão da reciclagem e reaproveitamento de resíduos passou a ser estratégica em termos das políticas econômica e industrial. Estão sendo igualmente cada vez mais procuradas formas diversas e oportunidades de valorização de resíduos nos materiais e componentes de construção civil. A implantação de modelos de produção mais limpa em processos industriais tem sido também um importante elemento na minimização dos resíduos gerados, como tem tornado possível uma participação dos centros de pesquisa na solução dos problemas e na identificação de matérias-primas secundárias para o desenvolvimento de materiais (Rocha e Cheriaf, 2003).

A indústria da construção civil apresenta-se, dentro deste contexto, com um grande potencial para a solução desses problemas, pela viabilidade que apresenta de incorporação dos resíduos nos materiais de construção, possibilitando, ainda, redução nos custos dos produtos da construção. Logo, o desenvolvimento tecnológico de processos associados à reciclagem de resíduos industriais passa a ter hoje enorme relevância. O aumento no descarte de rejeitos sólidos, bem como os problemas advindos da exaustão de matérias-primas naturais, vem impulsionando os estudos sobre o aproveitamento desses resíduos como novos materiais, reduzindo o seu impacto ambiental e viabilizando a redução de custos industriais. Quanto ao aproveitamento de resíduos como materiais de construção, só no últimos anos iniciaram-se discussões mais consistentes do problema e do potencial de aproveitamento. Alguns centros de pesquisa, com maior capacidade instalada, conseguiram envolver os geradores de resíduos e aplicar os resultados em processos industriais. Entretanto, pontos delicados da questão precisam ser mais estudados, entre os quais o estabelecimento de normas e de procedimentos que auxiliem na validação dos materiais e mapeamento da disponibilidade dos resíduos (Rocha e Cheriaf, 2003).

O setor de fundição apesar de consumir sucatas metálicas como matéria-prima, produz grandes volumes de resíduos sólidos. Os resíduos são constituídos basicamente de escórias, poeiras diversas e areia descartada, entre outros. A areia descartada, corresponde ao maior volume de resíduos gerados pela indústria da fundição, e apresenta características quantitativas e qualitativas diferenciadas, em função dos tipos de tecnologias de processos utilizados. De acordo com Mariotto, 2000b, “para ter uma idéia do impacto no meio ambiente com a areia utilizada

pelas fundições, todo ano, são descartadas cerca de 2 milhões de toneladas de areia, equivalente a uma pirâmide com 200 m de altura”.

A areia de fundição, que é utilizada para a confecção dos moldes de peças metálicas, classifica-se pela legislação brasileira (NBR 10004 – ABNT, 2004) como um resíduo Não Perigoso. Entretanto, dependendo de cada situação em particular, pode apresentar poluentes tais como, metais (ferro, alumínio, níquel, cromo, chumbo, zinco, etc.) e resinas fenólicas de acordo com o processo de moldagem/macharia utilizado. O volume desses excedentes, somado ao fato de que ele pode não ser totalmente inerte, faz com que afete adversamente o ambiente se destinado ou manuseado de forma inadequada.

No moderno gerenciamento de resíduos sólidos industriais, o princípio dos três Rs (Reutilizar, Reaproveitar, Reciclar) é de fundamental importância. Na impossibilidade de reutilização, reaproveitamento ou reciclagem, é necessário aplicar as tecnologias existentes para um tratamento e/ou disposição final efetivamente segura. Entre as principais alternativas de minimização do impacto ambiental da areia de fundição, apresentam-se soluções como: o descarte em centrais de resíduos industriais, a regeneração e o reúso.

A disposição de areia de fundição em centrais de resíduos, que para a maioria das fundições brasileiras corresponde à única opção aceita pelos órgãos de controle ambiental, fica cada vez mais cara (US\$ 20-50/t) influenciando o custo do processo produtivo. Essa alternativa é extremamente incômoda, porque um aterro, mesmo que monitorado, constitui um passivo cujas implicações futuras são imprevisíveis. Em outras palavras, a disposição do excedente de areia em aterros não pode ser encarada como uma solução definitiva, mas como uma postergação da solução. Como dificilmente se poderá evitar que materiais estranhos sejam co-depositados nesses aterros, o aproveitamento futuro desse material fica dificultado (ABIFA, 1999).

A regeneração de uma areia de fundição implica na limpeza superficial de seus grãos com o objetivo de tornar a areia novamente em condições de uso, permitindo a sua reutilização no processo. Os procedimentos mais empregados para este fim são a atrição (seca ou úmida) e a calcinação (ABIFA, 1999; Mariotto, 2000a; 2000b). É extremamente reduzido o número de empresas que adotam os processos de regeneração, isto se deve, principalmente, ao elevado investimento em equipamentos e ao fato da regeneração de certas areias ser tecnologicamente difícil (Mariotto, 2000a).

O reúso está relacionado à utilização das areias de fundição descartadas como agregado fino em aplicações externas à indústria de fundição. A construção civil tem sido indicada como a

principal possibilidade de utilização segura das areias e alguns trabalhos nesse sentido já foram realizados, tais como no aproveitamento em agregados para concreto e asfalto (Ribeiro *et al.*, 2001; Nunes *et al.*, 2003; Marino, 2004; Pablos, 1995). Praticamente não existem metodologias abrangentes que contemplem não apenas a parte técnica, mas toda a cadeia de ações relativas à aplicação aprovada e continuada dos rejeitos.

A alternativa de destinar os excedentes de areia para o reúso externo exige pouco investimento e os custos operacionais tendem a ser baixos, mas a fundição terá que comprar tanta areia nova quanto se optasse pela destinação em aterros. Tendo em vista as implicações previstas na nova lei de crimes ambientais o excedente de areia não deverá ser simplesmente cedido ou doado a um usuário externo, pois nesse caso ele continuará a ser caracterizado como um “resíduo”: é preciso que ele seja vendido ao usuário final (ou a um intermediário) para que seja caracterizado como um “produto”, o que exigiria, provavelmente, algum tipo de pré-processamento da areia. Pela mesma razão, a fundição deveria optar pelo reúso externo apenas quando não houver possibilidade de vir a ser imputado à areia um eventual dano ambiental causado pelo produto final (ABIFA, 1999).

O presente trabalho enfoca o reúso da areia descartada do processo de fundição na fabricação de blocos cerâmicos, por contemplar alguns aspectos bastante interessantes: a) a possibilidade de imobilizar no corpo cerâmico os metais pesados presentes na areia; b) o tratamento térmico, típico do processamento cerâmico, é potencialmente capaz de degradar os compostos orgânicos, tais como fenóis; c) a natureza química da areia de fundição é similar a de alguns constituintes mineralógicos da massa cerâmica à base de argila vermelha; d) eventuais contaminantes da areia, como pós-metálicos, quando em granulometria ultrafina, podem ser vistos como aditivos para plastificação ou mesmo sinterização da massa cerâmica; e) as grandes quantidades de matérias-primas processadas por pequenas ou médias empresas cerâmicas são compatíveis com as grandes quantidades de areia que são descartadas pelas fundições, de forma que mesmo pequenas adituições em massas cerâmicas serão capazes de consumir grandes quantidades de resíduo, sem modificar deletariamente as propriedades tecnológicas dos produtos cerâmicos; f) há muitas olarias em atividades dispersas no território nacional, significando com isso menores custos de transporte da areia.

Os principais aspectos a serem investigados dentro do contexto de utilização do resíduo sólido de fundição – areia verde - como aditivo no processamento de blocos cerâmicos queimados baseiam-se em três pontos. O primeiro diz respeito à qualidade dos blocos cerâmicos

produzidos com o resíduo, que devem ter características mecânicas e físicas semelhantes com os blocos produzidos de acordo com a legislação do setor cerâmico. O segundo refere-se a possibilidade de lixiviação e arraste em meio aquoso de elementos poluentes tais como metais pesados, fenóis ou outras substâncias tóxicas para o meio ambiente. Por fim, o terceiro aspecto está na preocupação com as emissões gasosas, que podem provocar impactos ambientais direto ao meio ambiente, como por exemplo, a poluição no ar.

2. OBJETIVOS

Portanto, o objetivo geral do presente trabalho é analisar os aspectos tecnológicos e ambientais do reúso da areia de fundição, proveniente do processo de moldagem à verde, na produção de blocos cerâmicos.

Os objetivos específicos das investigações em laboratório foram:

- Caracterização da areia de fundição descartada pela Metalúrgica Cercena S.A., Erechim – RS, e das argilas utilizadas na produção de blocos cerâmicos pela Cerâmica Getuliense Ltda, provindas de Erebangó - RS;
- Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de corpos-de-prova cerâmicos produzidos com diferenciadas concentrações de areia de fundição e queimados em várias temperaturas;
- Análise dos gases emitidos durante o processo de queima das massas cerâmicas que receberam a areia de fundição;
- Demonstração da compatibilidade de uso do resíduo areia de fundição com o processo de fabricação de material cerâmico.

Os objetivos específicos dos estudos na indústria foram:

- Avaliação da qualidade dos blocos cerâmicos de 6 furos produzidos com a incorporação da areia de fundição, em comparação com o produto original, respeitadas as normas vigentes.

- Realização de um estudo comparativo de aspectos ambientais referentes à lixiviação e solubilização de componentes tóxicos dos blocos cerâmicos produzidos com e sem areia de fundição;
- Caracterização das emissões gasosas em lotes de produção dos blocos cerâmicos com e sem areia de fundição.

3. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa restringe-se, quanto a sua interpretação, aos seguintes aspectos:

- O resíduo utilizado refere-se a amostragens aleatórias realizadas pela Cercena S.A. Indústria Metalúrgica, empresa geradora, podendo variar de acordo com a produção.
- As argilas utilizadas foram fornecidas pela Cerâmica Getuliense Ltda, provenientes do município de Erebango, sendo a amostragem aleatória.
- Na formulação dos corpos-de-prova em laboratório, foi empregado o método de conformação por prensagem, que difere do método de extrusão utilizado para a confecção de blocos cerâmicos de seis furos.
- A extrapolação para a produção industrial deve levar em conta que a curva de queima praticada em laboratório difere da queima praticada industrialmente nos seguintes aspectos: taxa de aquecimento, patamar de queima e tipo de equipamento utilizado.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A indústria de fundição

A indústria de fundição é um segmento da economia que se caracteriza pela produção de bens intermediários, fornecendo em sua maioria peças fundidas para diversas outras indústrias.

Embora seja grande consumidora de rejeitos metálicos (a maior parte das cargas metálicas dos fornos de fusão das fundições é constituída de sucatas provenientes de estamparias, cutelarias, forjarias e mesmo de sucatas geradas por obsolescência de equipamentos) é tida como altamente poluidora por gerar apreciáveis volumes de resíduos sólidos não metálicos, além de efluentes gasosos e líquidos, resultantes da degradação de materiais auxiliares empregados, com níveis variáveis de poluentes. Atualmente, o grande problema das fundições, em termos ambientais, são os resíduos sólidos, a maior parte destes constituídos de excedentes de areias usadas na confecção dos moldes e machos.

No cenário mundial, segundo informações do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior, o Brasil é o 8º produtor de fundidos, superando países como: Itália, Espanha e Canadá. A abundante ocorrência de sucata de minério-de-ferro, a disponibilidade energética e de insumos, como a areia de fundição, bentonitas, resinas, catalisadores e coque de babaçu, contribuíram decisivamente para a definição do parque industrial de fundição nos moldes e dimensões atuais. Segundo dados da Associação Brasileira de Fundição (ABIFA), este segmento do setor metalúrgico fatura 2,5 bilhões de dólares por ano, emprega aproximadamente 55 mil trabalhadores em cerca de mil empresas, 90% das quais de pequeno e médio porte, localizadas em todas as regiões do País, com maior concentração na Região Sudeste. Os fundidos de ferro representam a maior parcela da produção da indústria de fundição e atendem a seu principal demandante, o setor automotivo, responsável por quase 50% do mercado de fundidos (BNDES, 1996). Exemplos de componentes automotivos produzidos a partir de peças fundidas são: blocos de motor, cabeçotes, pistões e seus anéis, coletores de admissão e de escape, girabrequins, cárteres, caixas de engrenagens e esboços de engrenagens usados nos sistemas de transmissão, pinças, discos e sapatas de freios, elementos da suspensão entre outros.

4.1.1 Processos de moldagem

O processo de produção desta indústria, em sua essência, consiste na fusão de ferro, aço ou ligas de metais não ferrosos - cobre, zinco, alumínio e magnésio - visando obter as propriedades que se deseja atribuir ao produto final. Na forma líquida, os metais e suas ligas são vazados no interior de moldes com formatos que reproduzem o objeto pretendido. Antes da fusão do material, é necessária a preparação do *molde*. Este por sua vez consiste num componente cuja função é receber o produto liquefeito e transformá-lo por solidificação na peça correspondente ao modelo que serviu de base para a sua formação. As principais etapas são:

Confecção do modelo

Para a confecção do modelo que servirá para imprimir na forma de areia o formato da peça a ser fundida, geralmente é utilizada madeira, plásticos como o uretano, metais como o alumínio e o ferro fundido. Geralmente, fabricam-se dois semimodelos correspondentes a cada uma das partes do modelo principal que é necessário fabricar.

Confecção dos moldes

A caixa contendo a peça molde é preenchida com areia de fundição. Em seguida é feita a compactação em cada forma e viradas 180 graus. São retirados os moldes, e são feitos os *canais de respiro* (ou vazamento). Após este processo são montadas as duas *metades*, ou seja, os dois blocos formando uma peça em cujo interior está o *negativo* (cavidade) a ser preenchido pelo metal em fusão.

Confecção dos machos

Se a peça que se quer fabricar é oca, será necessário dispor de machos que evitem que o metal fundido se propague pelos vazios internos da peça. Geralmente os machos são fabricados com areias mais finas e misturadas com materiais que proporcionam uma compactação maior. Esta técnica permite uma manipulação manual na inserção destes na cavidade do molde. Uma vez montado o macho dentro das cavidades formadas pelo modelo primário, as duas metades do molde de fundição são unidas para receberem o material sob fusão.

Fusão e vazamento

O processo de fusão se dá pelo aquecimento da matéria-prima até atingir seu ponto de liquefação. São utilizados fornos, como forno de cadinho, forno de reverberação, forno cubilô, forno de indução, forno elétrico entre outros. O vazamento do metal líquido se dá através de cadinho ou panela, o mais próximo possível do canal de entrada do molde.

Esfriamento, solidificação

Esta é a etapa mais crítica de todo o processo, já que um resfriamento excessivamente rápido pode provocar tensões mecânicas na peça, inclusive com aparecimento de trincas, e a formação de bolhas.

Desmoldagem

Após resfriado e solidificado o material fundido, é executada a retirada da peça do molde.

Outras operações

Após retirada do molde de fundição a peça possui diversas rebarbas ocasionadas pelo vazamento através dos canais de respiro, alimentação e dreno, além da marca da emenda das

caixas de macho que deixa às vezes alguma rebarba. Nesta etapa, dependendo das exigências do produto, podem ser realizadas operações de usinagem, tratamento térmico e de superfície na peça fundida.

A Figura 01 apresenta um esquema da seqüência da preparação do molde necessária à obtenção de uma peça bruta de fundição com moldagem em areia.

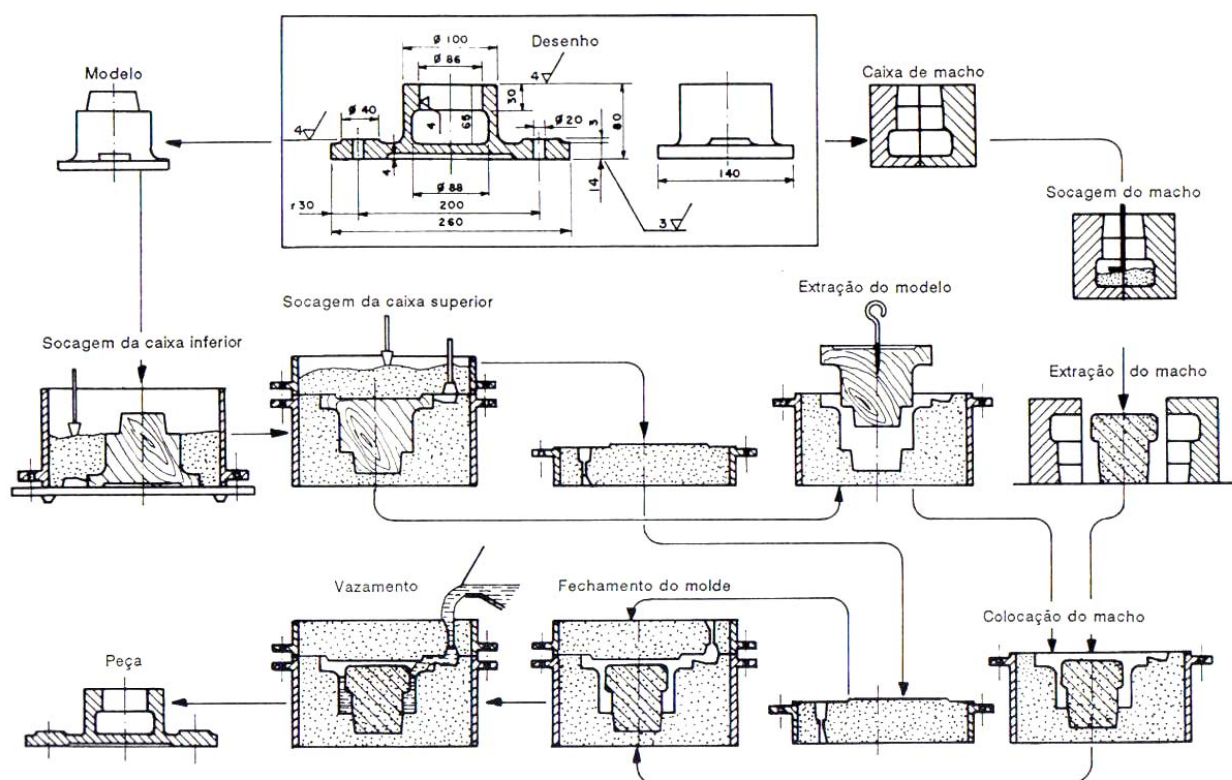


Figura 01: Sequência de preparação do molde em areia. Fonte: SENAI (1999).

Os vários processos de fundição diferem, principalmente, com relação ao tipo de molde. Os processos básicos de fundição são caracterizados pelo sistema de moldagem empregado (Siegel, *apud* Maciel, 2004). Os processos de fundição segundo o molde podem ser classificados em: moldagem em areia, moldagem em casca, moldagem em gesso, moldagem por cera perdida, fundição de molde permanente, fundição sob pressão, fundição em molde cheio e fundição contínua (Maciel, 2004). Destes, a moldagem em areia, pelo sistema de areia verde, é o método mais empregado na atualidade, serve para todos os metais. Os moldes em areia verde são constituídos basicamente de areia base, pó de carvão e bentonita.

O fluxograma do processo de fundição como um todo está representado na Figura 02.

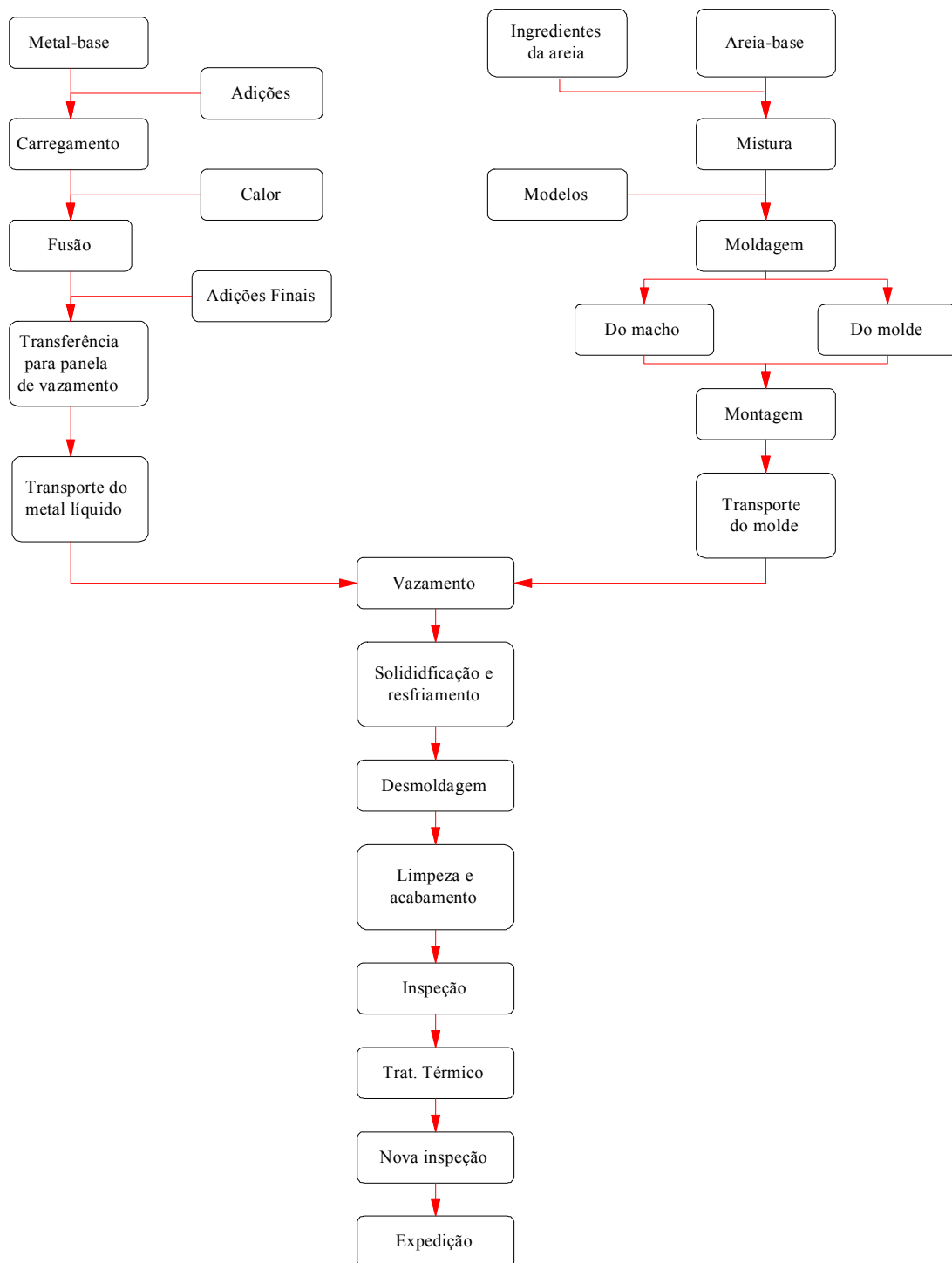


Figura 02: Sequência das operações na fundição de um metal em molde de areia. Fonte: Bradaschia *apud* Maciel (2004).

4.1.2 Matérias-primas para moldagem e macharia em areia

Considerando o sistema ligante adotado, a indústria de fundição distingue dois tipos genéricos principais de areias de moldagem/macharia: a “areia verde” e a “areia ligada quimicamente” (ABIFA,1999).

Segundo Bonin *et al.* (1995), a areia de moldagem é uma mistura de vários elementos que se combinam dando características de perfeita trabalhabilidade para formação da caixa de moldagem. Para atender a essa trabalhabilidade, ou seja, atendimento às características mínimas exigidas para a formação da caixa de moldagem e obtenção de peças com qualidade, é necessário que a composição da areia tenha características próprias, tais como: maleabilidade, compatibilidade, refratariedade, coesão, resistência a esforços mecânicos como compressão e tração, expansão volumétrica, permeabilidade e perfeita desmoldagem. Entre os componentes da mistura dos moldes/machos, são basicamente seis tipos de componentes analisados:

- Areia do sistema regenerada: 96,25% - 93,23%;
- Areia base ou lavada: 3,00% - 4,80%;
- Pó de carvão: 0,18% - 0,50%;
- Bentonita: 0,50% - 1,40%;
- Amido de milho: 0,07% - 0,10%;
- Água: conforme a necessidade;
- Aglomerantes orgânicos ou inorgânicos: conforme a necessidade.

Os valores acima são de caráter orientativos, e relacionados à massa da mistura, referente a um tipo de metal fundido (ferro fundido). Exceto a areia regenerada, todos os demais componentes são acrescentados a cada mistura produzida, e conforme a necessidade de produção.

Os materiais básicos, conforme sua influência na massa total, são assim caracterizados por Bonin *et al.* (1995):

a) Areia base ou areia lavada (nova). É o principal componente da mistura da areia de moldagem, e sua função é de agregado. A cada massa processada acrescenta-se, conforme a necessidade, uma quantidade nova deste componente. Os motivos de sua reposição na mistura são: perda das características refratárias devido às altas temperaturas quando do processo de vazamento do metal, acerto do percentual dos demais elementos em excesso, reposição das perdas volumétricas ocorridas durante o processo. Sua granulometria típica compreende grãos que podem variar de 3,36 a 0,053 mm (ou seja 6 a 270 malhas por polegadas no sistema inglês de medidas). Geologicamente, a predominância de sua composição depende da jazida de

extração e da necessidade do tipo de metal a ser moldado. Quanto ao teor de finos, as percentagens da areia retida nas peneiras de malhas na faixa de 0,05 mm (# 200 a 270) e fundo (determinação dos materiais pulverulentos) devem ser controlados, pois o excesso deste material prejudica a permeabilidade do molde, aumenta o número de particulados suspensos no ar e aumenta a densidade da mistura. Sua concentração deve estar dentro do parâmetro que compreende de 3,5- 6% no máximo.

b) Pó de carvão. O pó de carvão, ou pó Cardiff, é um elemento carbonáceo de adição na mistura da areia de moldagem. É um material volátil com grande capacidade de se expandir quando aquecido com pouco ou nenhum oxigênio, liberando voláteis. Sua adição visa principalmente:

- Evitar a penetração do metal líquido no molde e reduzir a ocorrência de defeitos devido à expansão térmica da sílica;
- Reduzir a expansão térmica da sílica;
- Aumentar a plasticidade da areia;
- Melhorar o acabamento superficial da peça;
- Melhorar a facilidade de limpeza da peça fundida;
- Produzir atmosfera redutora que prevalece no molde, com menor formação de defeitos na peça.

c) Amido. Os amidos, principalmente o de milho, são usados como aglomerantes na mistura de moldagem. São responsáveis por: aumento da plasticidade de conformação “a verde” da mistura, (sem afetar a resistência à compressão de modo sensível); aumento da resistência a seco; redução dos efeitos de expansão térmica das sílicas; contribuição moderada para a formação de atmosfera redutora na moldagem da peça.

d) Argila / bentonita. A ABNT caracteriza a bentonita como uma rocha constituída essencialmente por silicatos de alumínio hidratados, denominados argilo-mineral, que pode conter sílica livre e outras impurezas, e é o principal aglomerante da mistura na areia de moldagem, sendo responsável pela coesão da areia quando em contato com a água. Sua função coesiva permite que a resistência da caixa de moldagem seja suficiente durante o vazamento, não permitindo assim que a mesma se rompa durante o processo. Quando o vazamento ocorre a bentonita perde características físicas devido ao seu comportamento térmico e volumétrico de sua formação mineralógica. As moléculas da água são mantidas nas camadas da argila e conseqüentemente pela elevação da temperatura são eliminadas. Para todas as argilas, a perda de

água da composição corresponde à perda das propriedades plásticas e o desenvolvimento progressivo de uma nova forma de coesão, do tipo que acontece com as lajotas de cerâmica, tornando-se frágeis, ou seja, sinterizadas. Devido às perdas das características coesivas e refratárias há necessidade de constante reposição da bentonita, sendo, portanto, um dos fatores de descarte das areias já utilizadas.

e) Água: Sua característica principal na mistura da areia de moldagem é tornar possível a propriedade coesiva dos elementos da mistura.

f) Aglomerantes orgânicos e inorgânicos. Aglomerantes são produtos químicos que conferem às areias a resistência necessária e suficiente para as etapas de moldagem, vazamento do metal fundido, até seu resfriamento e desmoldagem, com as dimensões características da peça a ser moldada. Em geral as argilas (bentonita) possuem esta característica, porém nem sempre são suficientes para a formação de machos, conforme o sistema de fundição adotado. Como aglomerantes orgânicos (resinas), descritos por Mariotto (1984), podem ser encontrados os seguintes produtos:

- sistemas fenol-formaldeídos: constituídos de resinas fenol-formaldeído parcialmente condensadas mais hexamina;

- sistemas furânicos: constituídos de composições tais como uréia-álcool furfurílico, uréia-formaldeído ou fenol-formaldeído somados a conversores à base de fósforo, ácidos fracos, sais ácidos e calor ou peróxidos e dióxido de enxofre;

- sistemas uretânicos: constituídos por fenol-formaldeído mais isocianato ou poliisocianato e catalisadores líquidos ou gasosos.

A finalidade da resina fenol-formaldeído, utilizada no processo de casca ("*shell*"), é de envolver a areia. Quando esta é aquecida, a resina amolece e em seguida é curada, enrijecendo o conjunto. Já o sistema de resina furânica, utilizado no processo de "*hot-box*" de fundição, endurece as areias sob passagem de gases de dióxido de enxofre (SO₂), ou com a presença de ácidos, curando em pouco tempo. Finalmente, os sistemas uretânicos podem ser catalisados com produtos em suspensão no gás dióxido de carbono (CO₂), curando rapidamente e formando o processo "*cold-box*", ou com catalisador líquido misturado à areia, para formação dos machos. Especificamente neste caso, há diluição em solventes, e uma das partes do ligante é um poliisocianato.

Assim como as diversas resinas orgânicas utilizadas em fundição, podem ser utilizados aglomerantes inorgânicos, além da argila, e que podem ser:

- silicato de sódio e derivados – dióxido de silício (SiO_2), hidróxido de sódio (Na_2OH);
- silicato de sódio e dióxido de carbono (CO_2) para a confecção de moldes e machos. Estes produtos misturados às areias endurecem por geleificação.

4.1.3 O sistema ligante no processo de fundição

Dois grupos de agentes ligantes são de interesse: Os naturais, como as bentonitas e os óleos minerais e vegetais. Os sintéticos como vidro solúvel (metassilicato de sódio), resinas fenólicas, resinas uréia-formaldeído, resinas furânicas e as poliuretânicas. Considerando a diversidade de exigências impostas pelos diferentes tipos de fundições que empregam areia, os sistemas de classificação devem ser analisados segundo os seguintes grupos típicos de fundições, conforme Bonin *et al.* (1995):

a) Fundições que trabalham exclusivamente com sistemas orgânicos de aglomeração: são aquelas que usam basicamente os moldes de areia aglomerada com resinas de cura a frio, ou moldes metálicos, por gravidade, empregando machos aglomerados com sistemas “*cold-box*”, “*hot-box*”, “*shell*” e outros de base orgânica;

b) Fundições que trabalham principalmente ou exclusivamente com moldagem em casca (“*shell*”): que compram a areia coberta preparada por terceiros ou preparam sua própria areia coberta;

c) Fundições que trabalham com sistema de areia verde, isto é, areia aglomerada com argila: são as que utilizam apreciável quantidade de machos aglomerados com sistemas “*cold-box*”, “*hot-box*”, “*shell*” e outros de base orgânica, ou que não empregam machos;

d) Fundições que trabalham principalmente ou exclusivamente com sistemas inorgânicos de aglomeração de areia (silicato / dióxido de carbono (CO_2) ou silicato / éster): são as que moldam peças de baixo custo e com baixa agressividade ambiental. Entretanto, os resíduos de silicato de sódio prejudicam a refratariedade dos grãos de areia, obrigando a adotar a prática de diluição da areia usada com areia nova em proporções bastante elevadas – aproximadamente 40%.

A CERCENA S.A. Indústria Metalúrgica, fornecedora do resíduo estudado neste trabalho, enquadra-se no item c) da classificação acima, empregando na moldagem o processo de areia verde e para a confecção dos machos o processo *cold box*. Os quais serão comentados a seguir.

4.1.3.1 Moldagem em areia verde

É o método mais empregado na atualidade, serve para todos os metais. É especialmente apropriado para peças de tamanho pequeno e médio. Pode-se estimar que mais de 80% das peças produzidas utilizem moldes feitos de areia aglomerada. Essa técnica é largamente utilizada devido à sua facilidade de uso, baixo custo e abundância de matéria-prima. Consiste na elaboração do molde com areia úmida modelada pelo formato do modelo da peça a ser fundida. A areia verde é a combinação da areia sílica com os agentes aglomerantes, em geral a argila (bentonita).

A preparação da areia de moldagem para este processo deve misturar proporções de areia base, bentonita, água e aditivos como o pó Cardiff. Após a desmoldagem, a peça metálica é separada da areia, que retorna quase que integralmente para ser repreparada e destinada a confecção de novos moldes. Assim, a areia para a moldagem é quase totalmente proveniente da reciclagem interna da areia já usada, a qual inclui parte da areia que constituía os machos e que então, fica misturada a areia do molde.

4.1.3.2 Sistema “cold-box”

Método principalmente empregado para produção de machos. De acordo com Moraes *apud* Maciel (2004, p.39):

O processo caixa fria (*cold box*) constitui-se na mistura de dois tipos de resina e areia que depois de soprada, gasa-se o catalisador pulverizado, obtendo-se já em condições de uso o macho ou mesmo o molde. Conforme o mesmo autor, outro componente essencial para o sistema é a resina, que é constituído de um sistema orgânico de duas partes que reagem entre si e curam à temperatura ambiente na presença de um catalisador gasoso. A parte um é do tipo fenol-éter-poli-benzílica dissolvida em uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos e ponto de ebulição alto (158°C). A parte dois é um poli-isocianato (difetil-metano-di-isocianato) conhecido como MDI, dissolvido com solventes orgânicos voláteis. O terceiro componente é o catalisador, que são compostos químicos auxiliares utilizados em conjunto com as resinas para promover a polimerização ou cura. Os catalisadores do processo caixa fria são normalmente um composto da família das aminas, podendo ser o TEA – trietilamina, DMEA – dimetilamina, TMA – trimetilamina, DMIA – dimetil isopropilamina. De acordo com D’elboux (2000), o catalisador para resina amina-uretânica-fenólica mais usado no Brasil é o TEA, por ter menor custo comparado aos outros e com menor odor.

4.1.4 A areia de fundição como um resíduo sólido

Segundo NBR 10004 (ABNT, 2004) as areias de fundição são classificadas como “Resíduos Não-Perigosos” (Classe II). Entretanto, algumas, por conter quantidades elevadas de

machos (que possuem concentrações expressivas de componentes perigosos) levam a que o resíduo seja classificado como resíduo “Perigoso” (Classe I). Os resíduos provenientes da produção de machos (areias de cura química, machos vazados e não vazados) possuem uma composição muito diversificada proveniente da mistura de resinas e catalisadores orgânicos, que nem sempre é conhecida. As areias descartadas também incorporam teores de elementos constituintes das ligas fundidas, mas estes raramente superam os limites da norma, constituindo exceções notáveis as areias descartadas por fundições de bronze ou de ferros fundidos brancos de alto cromo (Mariotto, 2000). Os principais componentes presentes nas areias de fundição descartadas que preocupam ambientalmente são os ligantes químicos e os metais.

Em relação aos ligantes químicos, os componentes mais visados são os fenóis. A NBR 10004 (1987) determinava um máximo de 10 mg/kg na massa bruta de resíduos. Como este V.M.P. (valor máximo permitido) é excedido nas areias de fundições que empregam machos ligados com resinas fenólicas, quase sempre o resíduo era classificado como Perigoso (Classe I). A nova versão da NBR 1004 (2004), no Anexo H, codifica a areia de fundição como um resíduo Não Perigoso (Classe II). Entretanto o fenol e outros compostos fenólicos estão listados no anexo E, da mesma norma, como substâncias que conferem periculosidade ao resíduo. De acordo com Batalha e Parlato (1993), o maior prejuízo talvez ocorra nos sistemas públicos de abastecimento de água, onde traços de compostos fenólicos (usualmente $< 1,0 \text{ mgL}^{-1}$) afetam as propriedades organolépticas da água para consumo humano. Segundo Pizzolato *et al.* (1996), em termos ambientais, os fenóis, mesmo em baixas concentrações, são nocivos. Principalmente quando em contato com a água que é submetida a cloração, podendo originar compostos fenólicos clorados de elevada toxidez mesmo em níveis de parte por bilhão. Além disso, em concentrações mais elevadas, compostos fenólicos causam efeito destrutivo sobre a flora e fauna aquática devido ao seu potencial tóxico e também a alta demanda de oxigênio. Além disso, alguns compostos fenólicos tem chamado muito a atenção de agências de proteção ambiental, visto que mesmo em baixas concentrações podem atuar, por exemplo, como disruptores endócrinos de animais e de seres humanos, interferindo no funcionamento do sistema hormonal, seja através da substituição dos hormônios naturais, do bloqueio da ação hormonal ou ainda, do aumento ou diminuição dos níveis de hormônios naturais (Santamarta, 2001). Regulamentos da EPA (Environment Protection Agency – USA), limitam em 10^{-6} g/L a concentração de fenóis totais na água potável, obrigando uma completa estabilização do composto fenólico em qualquer posterior utilização. No Brasil, a norma NBR 10004 de 1997 limita na mesma proporção o total

de fenol permitido (10^{-6} g/L). A nova edição da norma aumentou o limite máximo permitido para 10^{-5} g/L.

A presença de metais é proveniente da oxidação de constituintes das ligas metálicas fundidas e de sua reação com constituintes da areia de fundição, assim como de partículas metálicas que se depositam na areia. Quanto aos metais, a NBR 10004 (1987, 2004), estipula uma série de valores medidos no solubilizado e no lixiviado. É comum que os teores de alumínio, manganês e ferro sejam ultrapassados nos ensaios de solubilização, classificando o resíduo como Não-Inerte (ABIFA,1999).

Bonet (2002) mostra que no Estado do Rio Grande do Sul, o destino das areias de fundição está distribuído conforme a Tabela 01.

Tabela 01: Destino dos resíduos de fundição no RS .

Destino	Quantidade (%)
Aterros licenciados pela FEPAM	81
Aterros particulares	8
Reaproveitamento	6
Aterros municipais	3
Estocado	2
Total	100

Fonte: Bonet, 2002.

A disposição dessa areia em aterros gera problema ambiental, principalmente devido às quantidades envolvidas. A implementação de regulamentações ambientais mais restritivas nos últimos anos tem obrigado as fundições a destinar seus excedentes de areia para centrais controladas de resíduos, sendo este o sistema atual de gestão do resíduo praticado, muitas vezes distantes das fundições, onerando consideravelmente seus custos.

4.1.5 Processos de regeneração

Segundo Bonin *et al.* (1995), deve-se definir o termo regeneração, como tratamento dado à areia usada para remover da superfície dos grãos as capas aderentes de aglomerantes, aditivos e seus produtos de decomposição, assim como os resíduos metálicos, reconduzindo-a, o mais próximo possível, à condição de areia nova; já o termo torrões deve ser definido como aglomerados de grãos da areia proveniente da desmoldagem, que se mantém coeso pela presença de aglomerante residual ou, às vezes, por efeito de sinterização. A regeneração compreende as

etapas de desagregação de torrões e grumos (recuperação), remoção de resíduos metálicos, limpeza superficial dos grãos e classificação da areia regenerada. Os procedimentos mais comumente empregados, são (Mariotto, 2000b):

- Atrição
 - seca
 - pneumática
 - mecânica (impacto, roçamento, esmerilhamento, moinho atritor ...)
 - úmida
- Calcinação (*regeneração térmica*)
 - leito fluidizado, forno rotativo, forno estático
- Outros (*experimentais ou não comerciais*)
 - criogenia, bio-digestão ...

4.1.5.1 Remoção de Resíduos por atrição a seco

As capas de resíduos aderentes aos grãos são destacadas através de impactos e ou esfregamento de grãos contra grãos, ou de grãos contra partes do equipamento. O rendimento tende a ser baixo, já que a obtenção de alta eficiência exige atrição intensa, que tende a fraturar grãos. Alguns dos métodos usados para produzir atrição a seco são: arremesso pneumático ou mecânico, roçamento e esmerilhamento (Mariotto, 2000a). Alguns tipos de equipamentos usados para a limpeza dos grãos por atrição a seco estão representados esquematicamente nas Figuras 3, 4 e 5.

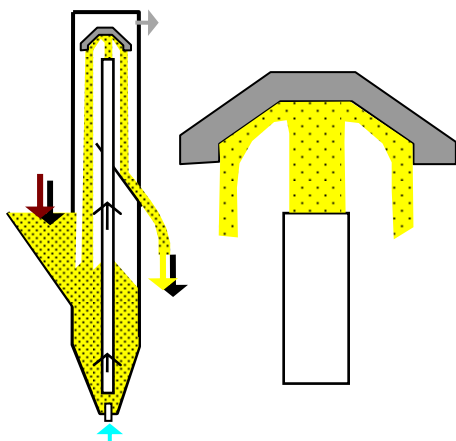


Figura 3: Na atrição pneumática os grãos de areia a regenerar são captados por um fluxo ascendente de ar, transportados através de um tubo vertical e arremessados contra um alvo com forma de chapéu chinês. Fonte: Mariotto (2000b).

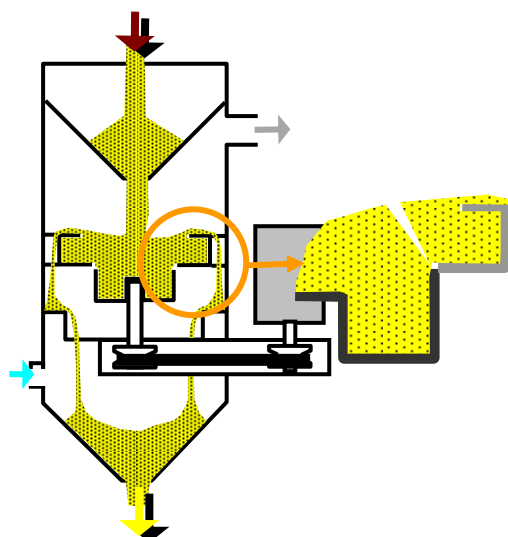
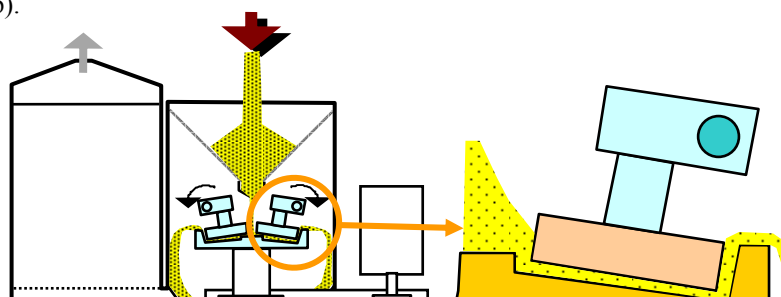


Figura 4: Esquema de equipamento de regeneração em que a ação mecânica básica é do tipo roçamento entre grãos. Fonte: Mariotto (2000b)



4.1.5.2 Remoção de Resíduos por atrição úmida

A atrição úmida é realizada por agitação de uma suspensão da areia a tratar em água. Os rendimentos obtidos são elevados. No entanto, o tratamento das grandes quantidades de água requeridas para o processo exige equipamento de grande porte e a ocupação de extensas áreas, resultando em alto custo de investimento. Por essa razão, a atrição úmida, que no passado esteve entre os métodos mais recomendados, embora seja empregada em países da Europa Oriental (Mariotto, 2000a).

4.1.5.3 Remoção de Resíduos por tratamento térmico

A recuperação da areia por via térmica processa-se geralmente por calcinação oxidante, onde a areia em contato com o oxigênio em temperaturas elevadas (700-800°C) permite a oxidação dos ligantes orgânicos (geralmente resinas fenólicas ou poliuretânicas), com liberação de dióxido de carbono e água. Através do tratamento por via térmica é possível destruir os aglomerantes e as ligações entre os grãos de areia. A superfície do grão de areia não é lisa, possuindo inúmeras fendas e recortes que favorecem o estabelecimento de ligações pelos aglomerantes. A aplicação de calor num meio oxidante além de destruir estas ligações altera igualmente a composição e as características da areia, passando esta, por exemplo a ter um grau de dilatação menor, característica esta vantajosa para o processo de moldagem. Por aplicação desta tecnologia consegue-se recuperar até 95% da areia, correspondendo os 5% restantes a finos. No entanto, esta areia não pode ser reutilizada ilimitadamente, uma vez que as suas características se alteram deixando de obedecer a determinados parâmetros como grau de umidade, granulometria e grau de permeabilidade (INETI, 2000).

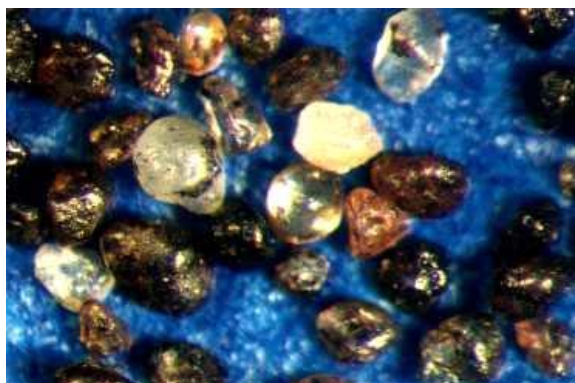


Figura 06: Areia usada no processo cura-a-frio em que as capas contaminantes são de origem orgânica. Fonte: Mariotto (2000b).



Figura 07: Areia da Figura 6 regenerada por calcinação. Fonte: Mariotto (2000b).

Em geral a recuperação térmica tem necessidade de alto investimento além do um custo operacional elevado. A calcinação de areias usadas de fundição difundiu-se principalmente entre os usuários de areias ligadas com resinas, sendo altamente eficiente na remoção de resíduos orgânicos, conforme pode ser observado nas Figuras 6 e 7. Pode ser empregada também visando a inertização de resíduos minerais.

O tratamento térmico de regeneração de areias de fundição é normalmente realizado em um dos seguintes tipos de equipamentos:

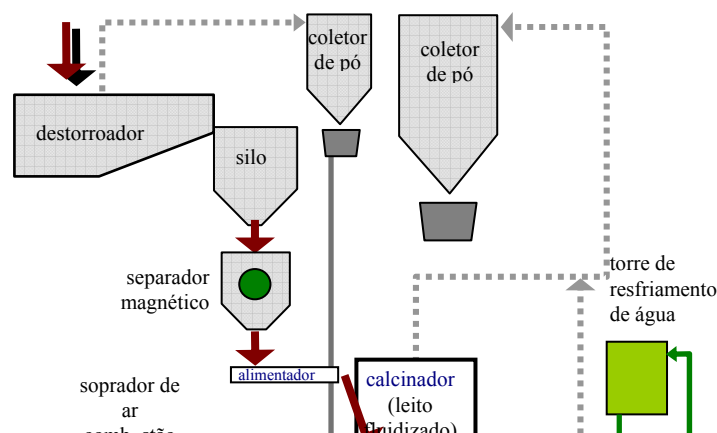
(a) Fornos rotativos (aquecimento a combustível)

- (a.1) aquecimento direto
- (a.2) aquecimento indireto

(b) Fornos de leito fluidizado

- (b.1) aquecimento elétrico
- (b.2) aquecimento a combustível
 - (b.2.1) combustão no próprio leito
 - (b.2.2) com câmara de combustão
 - (b.2.2.1) externa
 - (b.2.2.2) imersa no leito

Há uma tendência de predomínio dos fornos de leito fluidizado nessa aplicação (Mariotto, 2000 a).



De acordo com Magnani *et al.* (1998) - análises termogravimétricas e termodiferenciais das amostras das areias regeneradas e das recuperadas mostraram que a perda de massa, decorrente da decomposição da resina fenólica, ocorre essencialmente no intervalo de temperatura entre 450°C e 550°C. Temperaturas de calcinação superiores significam gastos desnecessários de energia, além de ocasionar a formação de aglomerados, como resultado do mecanismo de sinterização via fase líquida, a partir da reação entre o sódio e o potássio residuais e os grãos finos de sílica.

Tabela 02: Faixas de rendimento de regeneração para alguns tipos de tratamento relatados por fabricantes e usuários dos equipamentos.

Tipo de tratamento	areia quimicamente ligada	areia verde
Térmico, leito fluidizado	96 a 99 %	não recomendado
Térmico, forno rotativo	90 a 92 %	90 a 92 %
Pneumático	~ 80 %	não recomendado
Termo-pneumático	70 a 80 %	90 a 95 %
Mecânico (alta intensidade)	80 a 95 %	65 a 75 %
Pneumático-térmico-pneumático	não recomendado	90 a 92 %
Moinho atritor	70 a 75 %	-

Fonte: IPT, 1999.

O principal agente estimulador da regeneração é o fator econômico – redução de despesas com a compra de matérias-primas e insumos, gastos com o descarte, o tratamento de resíduos e os transportes. No entanto, estes processos são bastante controversos, pois apresentam problemas

do ponto de vista da recuperação das propriedades da areia. Na limpeza mecânica, tem-se um grande desvio da granulometria da areia, bem como processos ineficientes, com baixos níveis de limpeza. Já a reciclagem por calcinação envolve grandes gastos energéticos, além de prejudicar o restabelecimento das propriedades iniciais da areia (Magnani *et al.*, 1998).

A indústria de grande porte, Tupy Fundições, localizada em Joinville/SC, possui uma planta industrial de regeneração térmica via leito fluidizado instalada na unidade de fabricação de blocos e cabeçotes. O material a ser regenerado consiste de restos de machos refugados, pinos de sopros e resíduos de limpeza de equipamentos dos processos *cold box* e *hot box*, com areias de módulo de finura 50/57 AFS, utilizado na produção de machos para blocos e cabeçotes de motores. A instalação é utilizada para a regeneração térmica de resíduos de areias ligadas pelos processos de macharia *cold box* e *hot box*, possuindo capacidade produtiva de 5 t/h e composta pela seqüência de operações apresentada na Figura 09 (Guessser e Peixoto, 2005).

A operação de destorroamento é realizada através de peneira vibratória, seguida do transporte do material, via elevador de canecos, aos silos de alimentação do forno de leito fluidizado. Esta etapa possui sistema de exaustão e separação magnética, objetivando a remoção do material fino gerado pela quebra de grãos no processo de atrição mecânica e a separação de partículas metálicas, tais como parafusos e arruelas de montagem de machos. O forno de leito fluidizado opera a temperaturas entre 600 e 630 °C, através da combustão de gás natural. Após calcinação, a areia passa pelo sistema de refrigeração, resfriando a areia a temperaturas médias de 34 °C.

Uma última operação de peneiramento é aplicada após o resfriamento para posteriormente a areia ser carregada através de elevadores de caneco para os silos, estando disponível para a reaplicação no processo de macharia. A areia regenerada termicamente na planta da Tupy Fundições tem sido reaplicada na fabricação de machos Caixa Fria à proporção de 100%, não observando-se efeito negativo no processo de macharia e de vazamento (Guessser e Peixoto, 2005).

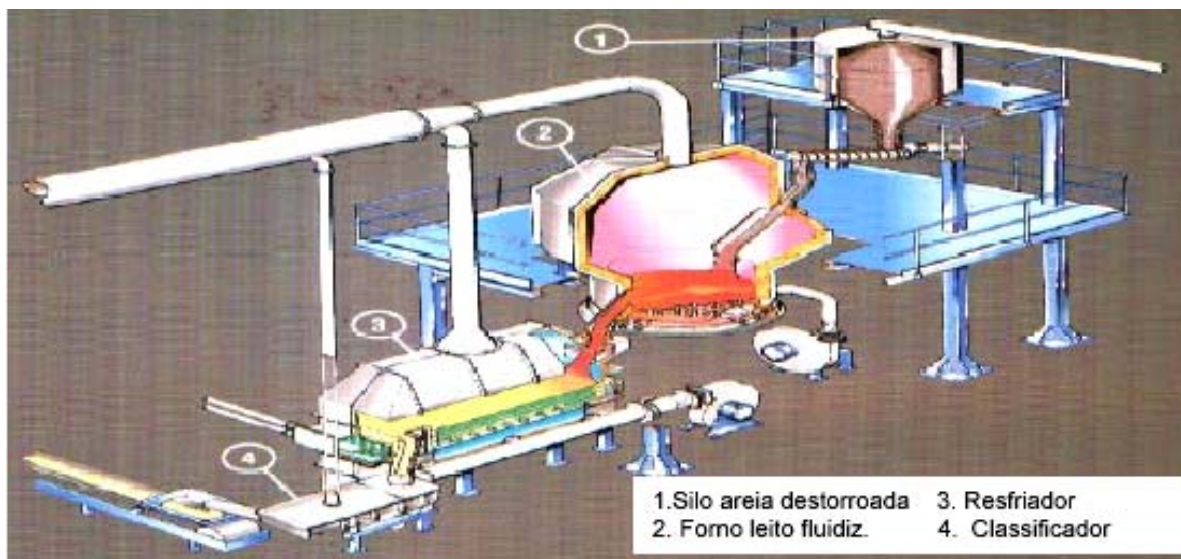


Figura 09: Esquema da planta de regeneração térmica via forno de leito fluidizado. Fonte: Guessier e Peixoto, 2005.

Segundo a ABIFA (1999,2005), devido a grande diversidade das características das areias decorrentes dos diferentes processos de moldagem/macharia que fazem com que seja necessária a composição de várias técnicas regenerativas, países como a Alemanha, Japão e regiões da Europa utilizam o consorciamento de instalações para a regeneração dos seus rejeitos. No Brasil um projeto de unidade móvel regenerativa composta de atritor e calcinador, foi implantado pelo IPT e mais três empresas de fundições, com apoio da ABIFA e suporte financeiro do PADCT, deverá atender também as empresas de menor porte.

4.1.5.4 Tratamento por radiação

Outra tecnologia aplicável para a recuperação de areias com aglomerantes, não alterando em grande escala as suas características, nem produzindo os produtos da combustão associados ao tratamento térmico, consiste na destruição das ligações por infravermelhos. Neste caso, a areia é tratada num leito fluidizado, em contato direto com a radiação, que destrói as ligações. Esta tecnologia implica em um grande investimento, existindo já implementada fora do país (INETI, 2000).

4.1.6 As possibilidades de reuso

A utilização de resíduos como matéria-prima na construção civil possibilita: a redução de uso de recursos naturais, a redução de demanda de energia para sua extração, a redução de transporte dos mesmos, o aumento da vida útil dos aterros sanitários e industriais pela redução

do volume ocupado pelos resíduos e a redução dos custos totais, diretos e indiretos na construção de habitações.

Considerando-se a complexidade e custos envolvidos dos sistemas regenerativos, para a grande maioria das fundições brasileiras de pequeno e médio porte (BNDES,1996), o reúso externo da areia de fundição apresenta-se como uma alternativa a ser desenvolvida para amenizar o problema dos seus excedentes de areia. Os problemas ambientais causados pela disposição dos rejeitos da areia de fundição no meio ambiente sempre existirão se não forem implementadas medidas como o reúso externo.

O termo reúso, nesse trabalho, refere-se à utilização dos descartes de areia de fundição como agregado fino em aplicações externas à indústria de fundição.

De acordo com Marino (2004), estudos internacionais do núcleo de estudos do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o setor da construção civil é o maior consumidor de recursos naturais, sendo responsável por 15 a 50% do consumo dos recursos extraídos, conforme o país e seu desenvolvimento econômico. No Brasil, ainda segundo os mesmos estudos, o consumo de agregados naturais varia de 1 a 8 toneladas por habitante/ano. Para se ter idéia desse montante, somente na produção de concreto e argamassa, cerca de 220 milhões de toneladas são extraídas anualmente.

Segundo estudos no Reino Unido, as areias de fundição, quanto à sua composição, podem ser reutilizadas em diferentes produtos, como indicado na Tabela 03.

Os EUA com 3.000 fundições localizadas em 49 estados, principalmente em Ohio, Michigan e Illinois, 6 -10 milhões de toneladas de resíduos são geradas anualmente. Deste total, estima-se que somente aproximadamente 1/2 milhão de toneladas são destinadas ao reúso (AFS, 2002). Os principais projetos de reutilização de areia são com a areia verde, onde 90 % da moldagem de fundidos se dá com areia verde. Cada estado americano possui padrões ambientais desenvolvidos para cada caso em particular, em implantação desde 1993 (AFS, 2002). Os dados disponíveis relatam experiências de utilização dos resíduos na construção civil, em substituição de parte do agregado fino em concretos de baixa resistência, como enchimento em pavimentação asfáltica, como fonte de sílica na fabricação de cimento Portland, na confecção de artefatos de concreto, como fonte de sílica na fabricação de “lã de rocha” ou “lã de escória”, etc. Segundo a Comissão de Meio Ambiente da ABIFA (1999), as experiências de uso da areia de fundição relatadas já tem elementos comprobatórios do sucesso, inclusive normas já desenvolvidas,

embora se ressalte a carência de experiências no Brasil, pois o assunto se encontra em desenvolvimento mesmo nos Estados Unidos e na Europa.

Tabela 03: Usos potenciais estudados na Inglaterra (Adaptado de “THE CASTING DEVELOPMENT CENTRE”, 1999).

UTILIZAÇÕES	TIPO DE AREIA DE FUNDIÇÃO				
	AREIA VERDE	ALCALINAS/FENÓLICAS	FURÂNICA	CASCA SHELL	SILICATO
asfaltos	R	R	N	T	N
blocos em concreto		R	T	R	
tijolos	R	R	T	T	
cimentos	R	R		R	R
agregados concretos		R	N	T	
concretos armados	R	R			
isolantes	T	T	T	T	T
agregados leves argamassas					T
sub-base pavimentos		R		T	R
impermeabilizante			R		
envelopamento	R	T	R	T	
aterros rasos	R	R			
aterros industriais	R	R	R	R	R
solos modificados	T	T	T	T	T
abrasivos		R			
vitrificação de resíduos	T	T		T	T

Fonte: Marino, 2004.

NOTAS:

R = reutilizável com sucesso nos projetos em desenvolvimento no Reino Unido.

N = não utilizável sem regeneração intensa.

T = reutilizável em bases teóricas, mas sem comprovação prática.

4.1.6.1 Argamassa de baixa resistência

Este tipo de argamassa para enchimento pode incorporar uma porcentagem de areia verde como substituto do agregado fino, sendo que as diferenças de resistência mecânica, devidas ao uso de areia de fundição, devem ser estabelecidas para satisfazer os requisitos de projeto. Nos Estados Unidos, o Departamento de Transportes de Ohio (Ohio DOT) normalizou este tipo de argamassa de baixa resistência. Já o Departamento de Transportes do Estado Iowa, que é o líder nos Estados Unidos no emprego de argamassas de enchimento, especifica que a areia de fundição neste emprego tenha um máximo de 10% de finos (partículas que passam pela malha 200), que a quantidade de cimento não exceda 50 kg/m³ e que o total do material substituto do cimento não exceda 250 kg/m³. Assim, para uma receita de 1 metro cúbico de argamassa, seriam usadas as seguintes quantidades de materiais: 1300 kg de areia de fundição, 250 kg de cinzas volantes (“fly ash”), 50 kg de cimento e 1080 litros de água (ABIFA,1999).

4.1.6.2 Aplicações na fabricação de cimento portland

A areia verde usada pode substituir areia nova como fonte de sílica na fabricação de cimento Portland pelo processo seco nos fornos de calcinação. Quando as matérias-primas normalmente empregadas na fabricação do cimento apresentam deficiências de sílica e alumina, pode-se empregar areia de fundição para supri-las. Em pesquisa conjunta, a Sociedade Americana de Fundidores e o Laboratório de Tecnologia de Construção da Associação de Cimento Portland dos Estados Unidos não encontraram diferenças tecnológicas nos cimentos produzidos com adições de até 13,4% de areia de fundição ao invés de areia virgem como suplemento de sílica. As condições de uso indicam que a areia de fundição deve satisfazer os requisitos básicos: teor de sílica maior que 80%, baixo teor de álcalis, granulometria uniforme (ABIFA,1999).

4.1.6.3 Aplicações em concretos e produtos correlacionados

Segundo a mesma pesquisa americana acima, a aplicação de areia verde está limitada a 9 a 15% do agregado fino, tendo em conta o teor de bentonita e sua influencia no módulo de finura dos agregados finos (módulo de finura conforme ASTM C33-99, de 2,3 a 3,1, com uma variação máxima de 0,2 do módulo obtido como agregado padrão). Já a areia de machos com ligantes químicos pode substituir até 45% dos agregados finos do concreto (ABIFA,1999).

No Brasil, Bonin *et al.* (1995), em seu trabalho “Reutilização de Areia Preta de Fundição na Construção Civil”, sugere como sendo as melhores alternativas de aplicação de descarte de areia de fundição o uso em artefatos de concreto, tais como: blocos, tijolos, postes e mourões, guias e sarjetas e bloquetes de pavimentação, em proporções parciais ou até totais, conforme o caso.

Está sendo comercializado em São Paulo, o Recibloco e a Ecolajota - Ecoprodutos Linha IDHEA. Trata-se de bloco vazado para vedação não estrutural e lajota, em concreto, que incorporam areia descartada em fundições. Com qualidade e resistência acima do exigido pela ABNT e sem oferecer riscos ao meio ambiente. Trata-se do primeiro trabalho brasileiro aplicado, comprovando que é possível reaproveitar a areia de fundição na confecção de artefatos para a construção civil. Sua fabricação é aprovada pelo CETESB.

4.1.6.4 Aplicações em asfalto

As areias de fundição a serem usadas na substituição parcial dos agregados finos no concreto asfáltico, devem enquadrar-se na especificação granulométrica dos agregados finos, sendo que experiências nos Estados Unidos indicam que a areia de fundição pode substituir cerca de 15% desses agregados finos. Esta porcentagem poderá aumentar se a quantidade de finos da areia for reduzida.

No trabalho, “THE CASTING DEVELOPMENT CENTRE” (1999), é expressa a mistura das areias de fundição, na proporção de 50 %, para a composição das misturas utilizadas para a execução das camadas de rolamento (capas), ou para a constituição das camadas de concreto misturado a quente, denominado de CBUQ – Concreto betuminoso usinado a quente. Há referências também quanto à perda de aderência da emulsão asfáltica, nas areias que contenham argilas (bentonita), como no caso das areias verdes. Alerta ainda para a necessidade de vistorias periódicas, nas primeiras idades, pois pode haver perda de resistência e estabilidade, se o único critério para limite de dosagem da areia de fundição for o de granulometria.

Marino (2004), desenvolveu um estudo prático para a “Utilização de areia Fundição em Pavimentação Asfáltica” com acompanhamento do CETESB, através do parecer técnico nº021/01/EEAS, que encontra-se em andamento. Ainda, na Universidade de Caxias do Sul/RS, está sendo desenvolvido o projeto: Reaproveitamento e reciclagem areia de fundição - fase I, desenvolvimento de misturas asfálticas com o resíduo areia de fundição incorporado.

4.1.6.5 Aplicações na indústria cerâmica

No que se refere ao aproveitamento de resíduos para desenvolvimento de materiais e processos construtivos, não há dúvida de que desconhecimento e aplicações inadequadas constituem um grave problema de risco para a população e para o meio ambiente.

A indústria de cerâmica vermelha é altamente promissora para absorver resíduos poluentes. Isto é decorrente principalmente do fato que as massas argilosas são por natureza heterogêneas. As massas argilosas são materiais poliminerálicos constituídos de argilominerais (materiais plásticos) e minerais não argilosos (materiais não plásticos), com ampla variação mineralógica, física e química. De forma que as massas argilosas para cerâmica vermelha são tolerantes e aceitam a presença de materiais residuais de diversos tipos e origens, mesmo quando adicionados em quantidades significantes (Oliveira, 2004).

Neste caso, o conhecimento das propriedades requer a identificação dos contaminantes presentes nos resíduos, principalmente porque há exposição a elevadas temperaturas de queimas,

que podem gerar uma poluição secundária, uma vez que a massa de resíduo, quando incorporada, pode sofrer transformação térmica e assim, liberar poluentes durante o processo de queima.

Na pesquisa realizada por Biolo e Schneider (2003), o reúso de areia verde e cura-a-frio como insumo em blocos cerâmicos, mostrou-se uma alternativa viável de implementação considerando-se aspectos de porosidade, resistência mecânica, absorção d'água, e lixiviação de resíduos. Em, Horlle (2004), também foi analisada a viabilidade da adição de diferentes areias de fundição em massa cerâmica, encontrando resultados favoráveis.

4.2 Materiais cerâmicos

Os materiais cerâmicos estão entre aqueles mais tradicionalmente empregados na construção civil. Porém, o setor enfrenta uma série de problemas ambientais, econômicos e de qualidade dos produtos fabricados, entre os quais podem ser destacados os seguintes: desconhecimento de técnicas modernas de produção de material cerâmico; desconhecimento de normas técnicas sobre a qualidade dos produto cerâmico; concorrência predatória baseada na diminuição das dimensões dos tijolos e blocos, como forma de diminuição de custo; dificuldade de obtenção de assistência técnica qualificada; irregularidades na atividade extrativa da lenha e da argila usadas para a produção do material; dificuldade no gerenciamento da produção; desperdício de matéria-prima pela extração não planejada de argilas; desperdício de energia e inexistência de controle de qualidade racional (Roman, Gleiz *apud* Manfredini e Sattler, 2003).

O setor da cerâmica vermelha caracteriza-se pela cor avermelhada de seus produtos, tais como tijolos maciços, para uso em alicerces, muros e pilares; blocos cerâmicos de vedação, ou tijolos furados, com 2, 4, 6, 8 ou mais furos, destinados para preencher paredes estruturadas em concreto armado e obras de pequeno porte; blocos cerâmicos estruturais, destinados a suportar o peso de uma edificação; lajotas ou tabelas, para a montagem de lajes pré-moldadas, junto com as vigotas de concreto armado; telhas, portuguesas, coloniais, romanas, francesas, paulistas, planas; manilhas; pisos rústicos ou lajotas; vasos ornamentais; agregado leve de argila expandida e outros.

4.2.1 Panorama do setor cerâmico

As indústrias de cerâmica estrutural distribuem-se por todo país, muito pulverizadas, em micro e pequenas empresas, quase sempre de organização simples e familiar. O SIOCERGS estima que existam cerca de 1200 indústrias de cerâmica vermelha no estado do RS, das quais somente 729 estão cadastradas. A Figura 10 mostra a distribuição das 729 indústrias pelo território gaúcho. O movimento de matérias-primas por ano é estimado em 60 milhões de toneladas, com reflexos nas vias de transportes, e no meio ambiente pela lavra de argila. Seu raio médio de ação quanto ao envio dos produtos está na faixa de 250 km, a partir do qual o transporte inviabiliza. Para as telhas o alcance é maior podendo estar na faixa dos 500 km havendo casos de 700 km para telhas especiais. Desta forma, as distribuições das unidades produtoras são controladas pelas ocorrências dos depósitos de argila.

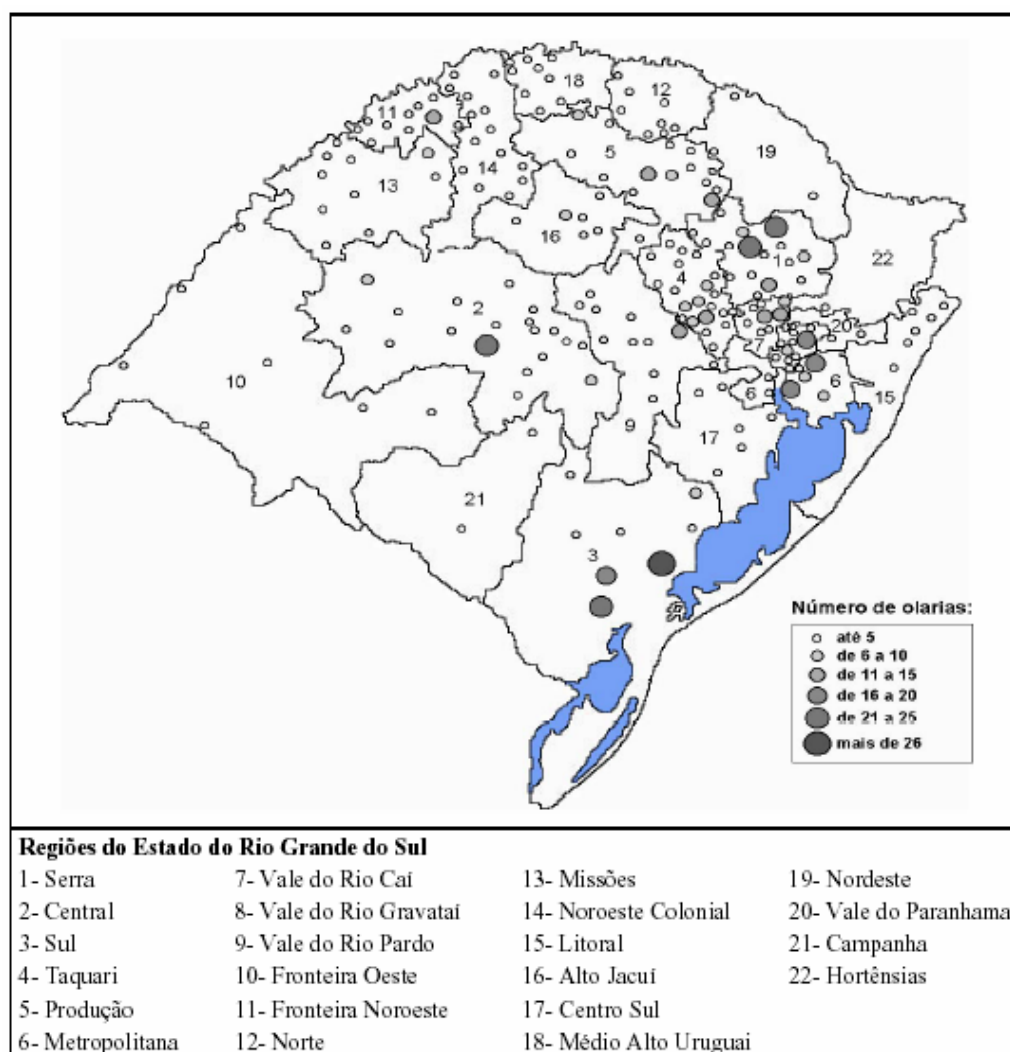


Figura 10: Mapa com a localização das indústrias de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: Adaptado de informações fornecidas pelo SIOCERGS (2002) por Manfredini e Sattler, 2003.

Segundo dados da ANICER (2005), Associação Nacional da Indústria Cerâmica, o número de olarias e cerâmicas no Brasil é de aproximadamente 12 mil empresas, as quais geram 650 mil

empregos diretos, 2 milhões de indiretos e um faturamento anual de R\$ 6 bilhões, além disso, conta com os seguintes números, indicados na Tabela 04:

Tabela 04: Panorama do setor de cerâmica estrutural.

	Número aproximado de empresas	Percentual aproximado por área	Produção/mês número de peças	Consumo t/mês matéria-prima (argila)
Blocos/Tijolos	7.500	62%	5.250.000.000	10.500.000
Telhas	4.500	37%	2.250.000.000	4.500.000
Tubos	20	0,2%	465 km *	-

Fonte: ANICER, 2005.

NOTA: Produção apontada pela Associação Latino-Americana de Fabricantes de Tubos Cerâmicos (Acertubos), considerando o número de 11 empresas brasileiras, responsáveis pela fabricação de 5.580 km/ano.

O mercado riograndense de blocos cerâmicos é superior a dois milhões de unidades/dia, sendo 40 a 50% desse mercado abastecido por artefatos provenientes do estado de Santa Catarina, onde o produto é mais barato devido à política fiscal estadual. De acordo com dados do SIOCERGS, entrou na década de 90 quase um milhão de blocos cerâmicos por dia no estado.

4.2.2 Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos são componentes construtivos utilizados em alvenaria e podem ser estruturais (portantes) ou de vedação. Apresentam furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares as faces que os contém. A forma de fabricação é por extrusão e queimados a uma temperatura que permita ao produto atender as especificações das normas da ABNT. Os blocos podem ser:

Blocos de vedação: Funcionam com elementos de vedação, suportando o peso próprio e pequenas cargas, utilizando, via de regra, os furos na horizontal.

Blocos portantes (estruturais): Exercem a função de vedação e estrutural substituindo as funções dos pilares e vigas de concreto armado, utilizando os furos na vertical.

As principais normas brasileiras relativas a blocos cerâmicos são:

- A NBR 7171/92 define as especificações dos blocos cerâmicos para alvenaria.
- A NBR 6461/83 define o tipo de bloco de acordo com a resistência a compressão.
- A NBR 8042/92 define as dimensões dos blocos cerâmicos que devem ser de acordo com tabela ABNT com relação as especificações quanto ao esquadro e planeza das faces, e ainda

sobre as tolerâncias que são: espessura mínima da parede externa: 7 mm e tolerância máxima nas 3 dimensões: + ou - 3 mm.

- A NBR 8947/85 define o limite de absorção de água que deve estar entre 8% e 25%. Abaixo de 8% e acima de 25% a aderência com a argamassa fica comprometida.

4.2.3 Matéria-prima

Segundo Villar (1988), os produtos cerâmicos são silicatos, que pelo aquecimento a elevadas temperaturas (queima) reagem adquirindo propriedades específicas de resistência e rigidez. São compostos, tradicionalmente, por três tipos básicos de matérias-primas: argila, feldspato e areia. Os feldspatos mais utilizados como matéria-prima para a cerâmica estrutural são os potássicos, os sódicos e os cálcicos. Atuam como fundentes e encontram-se normalmente junto com as argilas ou podem ser agregados às mesmas quando necessário. A areia, que é óxido de silício, é não plástica e infusível às temperaturas comuns de queima dos produtos cerâmicos. Apresenta-se, normalmente, em conjunto com os outros dois compostos.

Argilas

As argilas são um material terroso resultante de alterações de rocha sob a ação do intemperismo que de acordo com a ABNT (NBR 6502/95), são compostas por partículas de diâmetro inferior a 0,002 mm, que apresentam alta plasticidade quando úmidas e, quando secas, formam torrões dificilmente desagregáveis pela pressão dos dedos.

Pode-se definir quimicamente as argilas como silicatos hidratados de alumínio que pertencem aos grupos da caulinita, montmorilonita e ilita (Suguio *apud* Quintana, 2000).

A principal propriedade das argilas, a plasticidade, está relacionada com a composição química, mineralógica e granulométrica. Os componentes mais comuns das argilas são:

Caulinita: É o argilomineral mais simples. Sua composição química é um silicato de alumínio hidratado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sendo sua composição em torno de $\text{SiO}_2 = 46,54 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 39,50 \%$, $\text{H}_2\text{O} = 13,69 \%$ (Muller *et al.* *apud* Quintana, 2000). A caulinita confere, após queima, elevada resistência mecânica aos produtos cerâmicos: alta resistência à pressão interna nas manilhas, resistência à flexão nas telhas e resistência a compressão nos tijolos. Por apresentar cor branca, após a queima, só pode ser utilizada para cerâmica vermelha quando associada a outros minerais. A caulinita apresenta o início de sinterização em torno de 1250°C e ponto de fusão ao redor de 1700°C (Zandonadi & Oshimoto, 1991).

Ilita: Alguns autores sugerem que a ilita é uma argila contendo camadas alternadas de estrutura montmorilonita e muscovita. Pode-se dizer que a ilita é uma mica que sofreu perda de íons potássio (K). O argilomineral predominante é um silicato de alumínio hidratado com teor elevado de óxido de potássio. As argilas que possuem este argilomineral em sua composição apresentam as seguintes propriedades: fácil moldagem e bom desempenho na secagem. A contração linear na secagem varia de 4 a 11% e na queima de 9 a 15%. Algumas ilitas contêm ferro (hematita) na estrutura, que é liberado em torno dos 900°C, contribuindo para a coloração vermelha do produto (Zandonadi & Oshimoto, 1991).

Montmorilonita: Este argilomineral é um silicato de alumínio e/ou magnésio hidratado com valores variados de óxidos de ferro, cálcio, magnésio e outros. Sua composição teórica proposta é $\text{SiO}_2 = 66,7 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 28,3 \%$, $\text{H}_2\text{O} = 5,0 \%$. São referidas como argilas expansivas e suas camadas tem facilidade de separar (“inchar”) pela água adsorvida (Sugio *apud* Quintana, 2000). A montmorilonita é um argilomineral que absorve grande quantidade de água na sua estrutura, aumentando consideravelmente as propriedades coloidais e plásticas. A ocorrência deste argilomineral é muito pequena nas argilas para cerâmica vermelha, nas quais seus efeitos são consideráveis. Quando pura apresenta uma contração linear de secagem variando 12 a 23% e a de queima 20%. Com frequência, possuem ferro na sua estrutura, que a 800 °C é liberado na forma de hematita, fornecendo um produto queimado de coloração vermelha (Zandonadi & Oshimoto, 1991). As argilas compostas por este argilomineral possuem boa trabalhabilidade e quando queimadas a 1050°C, apresentam contração em torno de 15%. Teores maiores que 3%, desse argilomineral, apresentam problemas na extrusão e na secagem. Os efeitos são trincas transversais e expansão durante a queima. Após a secagem, estas argilas reabsorvem a umidade do ar, reidratando os produtos e quando a queima for acelerada provoca quebras dentro do forno. Em pequenos teores são benéficas pois favorecem a plasticidade, a fusão e a sinterização (Muller *et al. apud* Quintana, 2000).

Quartzo

É um dos minerais mais abundantes na crosta terrestre. Em proporções variadas, compõem as argilas para a cerâmica vermelha. A granulometria das partículas de quartzo, por não sofrerem contração durante a secagem e a queima, influenciam consideravelmente o desempenho das argilas. O fenômeno que ocorre com o quartzo a 570°C é a sua transformação do estado alfa para o estado beta com um aumento de volume de 2%. Esta mudança pode causar trincas no produto, mas este processo é reversível quando o resfriamento for lento. A presença limitada e a

granulometria fina deste mineral proporciona os seguintes efeitos favoráveis: diminui a plasticidade excessiva das argilas, reduzindo a contração de secagem; melhora o processo de difusão da água através da peça, diminuindo o tempo de secagem; a distribuição dos grãos finos aumenta a resistência mecânica das peças cru e queimadas; nas argilas com calcário, o quartzo finamente a 900°C reage com CaO formando silicato de cálcio e aumenta a resistência mecânica atuando como material inerte; e pela expansão devida a transformação polimórfica do quartzo, diminui sensivelmente a contração de queima das peças, aumentando a produção e a melhoria da qualidade do produto. A presença do quartzo em quantidades excessivas e granulometria grosseira provoca efeitos contrários aos acima citados (Zandonadi & Oshimoto, 1991).

Compostos de ferro

Em função das formações geológicas, é comum as argilas possuírem teores entre 4 a 8% de óxidos e/ou hidróxidos de ferro. A cor vermelha é função dos óxidos (Fe_2O_3). A uniformidade da cor vermelha no produto está relacionada com a homogeneidade e a distribuição dos óxidos e hidróxidos na argila. A cor dos produtos altera-se para vermelho clara ou amarelada devido à presença de CaO e MgO (Zandonadi & Oshimoto, 1991).

Matéria orgânica

A matéria orgânica é encontrada nas argilas sob diversas formas. Pequenas quantidades de matéria orgânica aumentam a plasticidade ajudando na moldagem e aumentando a resistência mecânica a seco, mas em excesso podem causar trincas na secagem e na queima devido a grande contração. Na queima, o excesso dificulta a combustão (oxidação) ocorrendo a formação de núcleos pretos (Muller *et al. apud* Quintana, 2000).

Sais solúveis

A maioria das argilas normalmente contém teores de sais solúveis ricos em elementos alcalino e alcalino terrosos (sulfatos de cálcio, magnésio, sódio e potássio). Em valores menores que 1% ajudam na redução da temperatura de queima, devido a grande reatividade dos sais com argilominerais e a sílica. Em temperaturas acima de 800°C, facilitam a formação de núcleos pretos e aumentam a contração linear de secagem. Em percentagens elevadas podem causar alguns problemas tais como: liberação de gases ácidos e tóxicos de tipo SO_2 e SO_3 e formação de eflorescência nos produtos finais (os sais são higroscópicos, migram para as faces das peças formando manchas amareladas ou brancas). Para eliminar os efeitos dos sais, as argilas devem ficar expostas as intempéries, por um período mínimo de 6 meses, para que a chuva solubilize esses sais (Zandonadi & Oshimoto, 1991).

4.2.4 Processo de conformação dos blocos cerâmicos

Os materiais cerâmicos geralmente são fabricados a partir da composição de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos e água. No caso da cerâmica vermelha, para a qual se utiliza apenas argila como matéria-prima, dois ou mais tipos de argilas com características diferentes entram na sua composição. A obtenção de produtos de blocos cerâmicos ocorre por meio de três fases seqüenciais bem definidas: extração e preparação da matéria-prima, conformação e tratamento térmico.

4.2.4.1 Extração e preparação da matéria-prima

A extração da argila é feita a céu aberto utilizando-se retro-escavadeiras ou equipamentos semelhantes. Normalmente a mineração encontra-se próxima à indústria (constituindo-se num dos principais indicadores para a sua localização), já que a dificuldade da entrada de caminhões de grande porte na jazida inviabiliza o transporte a grandes distâncias. A conscientização ambiental nos dias atuais agrega esforços para um processo de extração mais racional das matérias-primas naturais. A extração das argilas requer estudos de prospecção para melhor dimensionar os métodos de extração, o escoamento das águas, a organização e distribuição de lotes e o decapeamento do solo arável. Nesse sentido, torna-se importante o emprego das novas tecnologias na extração e beneficiamento, monitorando as jazidas para o controle do esgotamento, prevendo a recuperação das áreas para o ressurgimento da vegetação e reposição do solo fértil.

Na fase de preparação da matéria-prima, as empresas de maior estrutura estocam as argilas, numa etapa conhecida como “sazonamento”, é nesta fase que o material sofre processos de alterações químicas e descompactação, benéficos ao processo produtivo, além da garantia de produção em épocas muito chuvosas.

A prática da estocagem a céu aberto, ou seja, o sazonamento das argilas, é comum desde a antiguidade e atua de forma positiva no tratamento das argilas. O processo de intemperismo (sol-chuva) alivia as tensões nos produtos conformados, auxilia na plasticidade, na trabalhabilidade da argila e na homogeneização e distribuição da umidade nas massas.

No processo de sazonamento as argilas são geralmente dispostas segundo características ou propriedades desejadas no produto final. A extensão e altura dos montes são definidas conforme o espaço físico disponível. Apesar do período ideal ser de 1 ano de descanso para

alcançar os resultados ideais no processamento cerâmico, é comum a fase de sazonalidade estar associada à operacionalização de cada indústria (Soarez *et al.*, 2004).

Quando existe a necessidade de mais de um tipo de argila ocorre a pré-mistura, feita de forma manual ou com o auxílio de pás carregadeiras. A seguir são dosadas por caixão alimentador ou diretamente em correias transportadoras que levam aos quebradores de aglomerados maiores (“torrões”, que freqüentemente ocorrem). Em seguida, misturadores de pás homogeneizam a matéria-prima. Neste mesmo ponto acrescenta-se também a água necessária para que seja ultrapassado o limite de plasticidade, devendo o teor de umidade estar entre 25% e 30% da massa total. Conforme Motta *et al* (2001), a preparação da massa é feita geralmente através da mistura de uma argila “gorda”, caracterizada pela alta plasticidade, granulometria fina, e composição essencialmente de argilominerais; com uma argila “magra”, rica em quartzo e menos plástica, podendo ser caracterizada também como material redutor de plasticidade. A composição granulométrica das massas e seus respectivos campos de aplicação são previstos no diagrama de Winkler (Tabela 05). A plasticidade e o grau de compactabilidade são propriedades tecnológicas das matérias-primas de grande interesse na moldagem de massas cerâmicas e influenciam nas características do produto final. Observa-se que na prática ceramista, a utilização da classificação granulométrica da massa é empírica, baseada na experiência do cerâmico prático, o que dificulta a padronização e a formalização dos conhecimentos da área.

Tabela 05: Composição granulométrica dos produtos da cerâmica vermelha de acordo com o diagrama de Winkler.

Tipos de Produtos	Composição granulométrica %		
	<2 μ m	2 a 20 μ m	>20 μ m
Materiais de qualidade com dificuldade de produção	40 a 50	20 a 40	20 a 30
Telhas, capas	30 a 40	20 a 50	20 a 40
Tijolos furados	20 a 30	20 a 55	20 a 50
Tijolos maciços	15 a 20	20 a 55	25 a 55

Fonte: Silver *et al. apud* Soarez *et al.*, 2004.

Segundo Pureza (2004) plasticidade é a propriedade que um sistema possui de se deformar pela aplicação de uma força e de manter essa deformação quando a força aplicada é retirada. O autor afirma ainda que o comportamento plástico da massa argilosa depende da relação água/argila e é resultante das forças de atração entre as partículas de argilominerais e a ação lubrificante entre as mesmas. As partículas argilosas de uma massa plástica estão rodeadas por uma película de moléculas de água, que se mantém aderida por forças eletrostáticas. Pode-se

distinguir dois tipos de água: água de ligação, presente na película e água livre, em excesso sobre a requerida, para formar as películas.

Alguns tipos de defeitos como gretagem, laminação na conformação, trincas na secagem, rupturas no transporte e manipulação de peças não sinterizadas podem ocorrer durante o processo de produção, se a plasticidade da massa não estiver adequada.

Além do teor de partículas com granulometria inferior a $2\mu\text{m}$, a presença dos diversos argilominerais e impurezas nas argilas influem no comportamento durante a secagem e queima. O conhecimento de como cada um dos componentes da argila interfere no processamento é um fator importante para obtenção de uma cerâmica com propriedades satisfatórias (Pureza, 2004).

Antes de entrar na extrusora a massa passa por operações que ocorrem simultaneamente:

i) A homogeneização ou mistura é feita manualmente ou com pás carregadeiras, conforme o percentual de cada matéria-prima utilizada, obtendo-se uma massa única e homogênea. Em um galpão onde o material fica protegido contra as intempéries, através de correias transportadoras a massa chega ao caixão alimentador.

ii) No primeiro misturador ocorre a quebra de torrões e a homogeneização da massa juntamente com a água, seguindo para o laminador, que é um equipamento composto de dois cilindros, o qual tem o papel de refinar as massas cerâmicas, laminando-as, sendo responsáveis pela compactação e melhor homogeneização da massa de argila permitindo uma significativa redução do consumo de energia.

iii) Por último segue para o segundo misturador, onde as palas têm as funções de homogeneizar a massa, promover o avanço da massa pelo interior do equipamento e ainda auxiliar na eliminação de bolhas de ar de grandes dimensões. As palas podem ser fixas ou móveis, que permitem uma regulagem da intensidade da mistura e maior ou menor produção. Quanto maior a inclinação das palas maior será a produção e menor o desgaste, o inverso reduz a produção e aumenta o desgaste das partes em contato com a mistura. Nesta etapa do processo produtivo, faz-se conveniente controlar a homogeneização, a umidade e a mistura da massa, bem como a eliminação de pedras, raízes, metais e outras impurezas nocivas ao processo.

4.2.4.2 Conformação

Conforme Soares *et al* (2004), a obtenção de produtos pelo processo de extrusão consiste em compactar uma massa plástica numa câmara de alta pressão equipada com sistema de

desaeração (vácuo), contra um molde (boquilha) de formato desejado. São conhecidos três sistemas diferentes para a extrusão. São eles:

- Pistão: tem como característica grande uniformidade de velocidade e pressão em toda a seção de saída. Porém seu fluxo não é contínuo, impossibilitando a utilização de vácuo.

- Cilindros: o sistema de cilindros, apesar de apresentar fluxo contínuo de alimentação e poder com isso utilizar-se do sistema de desaeração (vácuo), apresenta diferenças de velocidade e pressão na seção de saída e ainda não permite uma boa homogeneização da mistura.

- Hélice: o sistema de hélices permite boa homogeneização, utilização de sistema de vácuo, fluxo contínuo e boa distribuição de pressão na saída do material.

Na saída do extrusor a massa moldada, expelida de forma contínua, é seccionada no comprimento desejado. Entre vários fatores que devem ser levados em conta para obtenção de um bom resultado no processo de extrusão, dois deles merecem especial atenção: fatores relacionados à massa e ao equipamento de extrusão. A primeira condição para se obter um bom resultado na extrusão é garantir que o material a ser conformado, apresente as mínimas variações possíveis, tanto na composição (plasticidade), como na preparação (granulometria) e no seu teor de umidade.

4.2.4.3 Tratamento térmico (secagem e queima)

Para Oliveira (2000), o processo de secagem pode ser definido como a eliminação da água de conformação dos produtos cerâmicos, através do ar aquecido, e é considerada uma das fases mais delicadas do processo produtivo. A retirada dessa água ocorre somente por evaporação na superfície da peça, por isso a água do interior da peça deve migrar para a superfície através dos poros interligados. Tanto a evaporação quanto à migração por capilaridade são aceleradas pelo aquecimento.

A peça cerâmica conformada é composta por partículas isoladas, separadas umas das outras por camadas muito delgadas de água. Essa água ao ser retirada deixa vazios que serão ocupados pelas partículas que se aproximam, provocando uma redução no volume da peça. Portanto, quanto maior a quantidade de água utilizada para a conformação, maior será a contração na secagem (Barba, 1997).

A umidade de extrusão dos produtos cerâmicos normalmente oscila entre 20 e 30% e, após a secagem, esta umidade residual deve estar abaixo de 5%. Alguns cuidados são fundamentais para o controle desta fase.

O ciclo de secagem deve ser definido em função da carga disposta no secador, da temperatura utilizada e, principalmente, em função dos tipos de argilas. Argilas muito plásticas normalmente requerem muita água no processo de extrusão e, conseqüentemente, experimentam grandes retrações na secagem. Deve-se então utilizar no máximo 50% destas argilas e completar a formulação com argilas menos plásticas.

Quanto ao tipo de secagem das peças, as indústrias cerâmicas utilizam o processo natural e/ou artificial. Na secagem natural, as peças são colocadas em prateleiras, em grandes galpões cobertos, sendo secas naturalmente pelo ar ambiente. Já a secagem artificial é realizada de forma contínua ou intermitente. Neste processo, o primeiro estágio da operação é de aquecimento das peças, sem que elas percam água livre. A seguir, o ar quente e úmido vai paulatinamente, sendo substituído por ar quente e seco, até que toda a umidade seja extraída do material (Manfredini e Sattler, 2003).

Durante o primeiro estágio da queima, essa água (fisicamente combinada) é retirada sob a forma de vapor. Por isso esta etapa pode ser considerada a etapa final da secagem. Quando a água líquida se transforma em vapor de água ela se expande e passa a ocupar um volume maior, o que pode provocar uma pressão interna na peça, se a velocidade com que a água líquida se transformar em vapor for maior que a velocidade com que o vapor consegue atravessar o corpo e chegar até a superfície. Por isso a velocidade de aquecimento deve ser lenta nesta etapa. Uma velocidade de aquecimento não superior a 1°C por minuto é recomendável. A temperatura no início da secagem deve ser de aproximadamente 40°C aumentando gradativamente até chegar a 100°C. Temperaturas elevadas no início da secagem serão fontes de trincas, já as baixas aumentam cada vez mais o ciclo de secagem. Para se evitar as trincas é recomendável levantar a curva de Bigot das argilas para se conhecer o momento em que é permitido acelerar a secagem. Sabe-se que toda argila perde 50% da água antes de atingir sua retração máxima, permitindo-se acelerar a secagem após obterem-se estes valores (Soares *et al.*, 2004).

A umidade final desejada é da ordem de 3 a 4%. Dependendo do produto, ocorre uma contração que pode variar entre 4 e 10%. Outro fator de grande importância é a umidade relativa do ar (UR). No início da secagem a UR deve estar por volta de 95% para impedir a eliminação de água de forma rápida, o que pode ser realizado através da tiragem. Atingindo o ponto crítico pode-se acelerar a secagem, aumentando-se a temperatura e a velocidade do ar injetado.

Segundo Mafra (1999), o material seco é levado ao forno, e os mesmos podem utilizar como fonte de energia a lenha, a serragem, os rejeitos de madeira, o óleo ou o carvão mineral.

Nesta fase, os produtos cerâmicos submetidos ao tratamento térmico, sofrem transformações físico-químicas, alterando-lhes as propriedades mecânicas e conferindo-lhes as características inerentes a todo produto cerâmico. Segundo Pureza (2004), a obtenção de tais características tem uma estreita relação com as complexas transformações físicas e químicas que ocorrem durante o processo de queima, e que podem ser assim resumidas:

- até 200°C: eliminação da água higroscópica ou residual e da água interfoliar ou zeolítica;
- de 350 a 650°C: combustão das substâncias orgânicas e dissociação dos sulfetos com liberação de CO₂ e SO₂;
- de 600 a 800°C: colapso do retículo dos argilominerais com liberação da água de constituição;
- de 800 a 950°C: decomposição dos carbonatos com liberação de CO₂;
- de 900 a 1000°C: reações da sílica e da alumina com outros elementos e formação de silicoaluminatos complexos que conferem ao corpo cerâmico as propriedades físico-mecânicas características;
- acima de 1000°C: amolecimento e fusão dos silicoaluminatos com formação de uma fase vítrea que, englobando as partículas menos fusíveis, confere ao corpo cerâmico, dureza, compactação, impermeabilidade e resistência mecânica características.

Desta forma, o comportamento das diferentes argilas durante a queima define, em muitos casos, o tipo de produto a ser fabricado, suas características técnicas e as variáveis de queima a empregar-se (temperatura máxima e duração do ciclo de queima), bem como a microestrutura do produto final.

Os fornos são os equipamentos utilizados nesta fase do processo e são classificados de acordo com o ciclo de operação em: intermitentes, semicontínuos e túnel. Os fornos intermitentes são os mais simples, devendo ser cozido um lote de cada vez. Estes apresentam muitos inconvenientes, como elevado consumo de combustível e uso de mão-de-obra, e o desgaste da estrutura, devido as variações sucessivas de calor e frio. Apresentam, porém, vantagens como o baixo custo de instalação e a facilidade de execução (Verçoza, 1987). Os fornos semicontínuos mais utilizados são do tipo Hoffman. Este normalmente é dividido em compartimentos, denominados poços ou câmaras. A queima se dá poço a poço. Isto é, enquanto um poço está queimando, os posteriores estão na fase de aquecimento, aproveitando o calor da queima, e os anteriores estão resfriando como uso de ar ambiente (Tapia *apud* Manfredini e Sattler, 2003).

Nos fornos tipo túnel, os ciclos de aquecimento, queima e resfriamento ocorrem de forma contínua sem interrupção para descarga ou carregamento das peças. Assim, enquanto uma vagoneta com um lote de peças esta chegando ao final do ciclo, outra vagoneta, com uma quantidade igual, esta iniciando o ciclo, sem descontinuidade do processo (Tapia *apud* Manfredini e Sattler, 2003).

Para se obter uniformidade em uma queima, é muito importante que todas as partes das peças, estejam expostas à radiação. Existem no entanto, outros fatores que podem afetar a distribuição de calor em um forno durante a queima, são eles: o desenho interno do forno (quadrado ou cilíndrico); a temperatura de queima; a velocidade da queima; a existência ou não de um sistema de ventilação no forno; se o forno está regulado para dar um “banho” nas peças.

Os ceramistas chamam de oxidante a atmosfera que possui um excesso de oxigênio. Dessa forma, sob condições atmosféricas normais, o meio é oxidante, o que permite que todas as reações envolvendo oxigênio sejam completadas. Este é um processo bastante importante no início da queima, entre 400°C e 800°C, conhecido como período de oxidação. Durante este período todo material de carbono presente na argila deve poder queimar e deixar a peça, na forma de gás. Se esta reação for impedida, quer por falta de oxigênio para a reação, quer por uma velocidade excessiva de aquecimento, podem surgir problemas nas etapas posteriores da queima. O oposto à oxidação é a redução, este é o processo químico que impede que se dê a oxidação. Este processo é muito usado pelo ceramista para reduzir a atmosfera do forno através da diminuição da quantidade de oxigênio.

4.3 Emissões gasosas

Os países industrializados e um crescente número de países em desenvolvimento criaram normas que controlam e limitam a quantidade de emissões provenientes de suas indústrias. O enquadramento das emissões gasosas dentro da legislação vigente tornou-se de crucial importância para a melhoria da qualidade de vida da população circunvizinha.

Os principais contaminantes lançados no ar são: óxidos de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, os óxidos de nitrogênio e materiais particulados (pó, cinzas, etc). As emissões podem vir de uma ampla variedade de processos industriais. O monóxido de carbono (CO) é lançado ao ar como resultado de processos industriais e da combustão incompleta da madeira e combustíveis fósseis. O vapor do óleo, o gás carbônico, o ácido sulfídrico (H₂S) e o

metilmercaptano (CH_3SH), como resultado dos processos utilizados nas fábricas de papel, entre outras indústrias.

Um dos aspectos ambientais mais importantes do setor cerâmico diz respeito às emissões gasosas resultantes dos processos térmicos a alta temperatura (a queima). Exercem influência sobre as características das emissões os seguintes aspectos: tipo de combustível, matérias-primas utilizadas (com suas impurezas) e o modo de operação dos equipamentos. Na indústria cerâmica de revestimentos, no entanto, a gama de poluentes e de processos emissores é bem maior, principalmente devido as etapas de preparação de esmalte e esmaltação, onde há a utilização de componentes químicos como os óxidos, por exemplo, que durante a queima liberam poluentes. As emissões são constituídas principalmente por partículas sólidas, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de enxofre, fluoretos e cloretos (Almeida *et al.*, 2001). Segundo Manfredini e Sattler, 2003:

A maior parte da energia investida no processo de produção de tijolos e telhas cerâmicas provém de biomassa (lenha, serragem, cavaco, retalho de móveis e até, sabugo de milho), um recurso energético renovável. Na queima há liberação de CO_2 . No entanto, este é absorvido pela biomassa em crescimento, ou seja, faz parte de um ciclo. A lenha utilizada nas indústrias nem sempre provém de áreas de reflorestamento. A serragem, o cavaco e os retalhos de móveis são resíduos de outros processos produtivos. No entanto, os retalhos da indústria moveleira podem possuir substâncias nocivas à saúde, incorporadas quando da sua manufatura, merecendo uma melhor avaliação de sua sustentabilidade, caso a caso. Caso emitam gases tóxicos ou poluentes, o seu uso seria desaconselhado.

Para resíduos industriais de origem orgânica, as emissões gasosas preocupantes são CO , CO_2 , NO_x , N_2O , SO_2 , O_2 e hidrocarbonetos. Estes poluentes causam “*smog*” fotoquímico, chuva ácida e aquecimento global através do efeito estufa e depleção de ozônio; alguns deles também apresentam efeitos adversos a saúde humana (Mukadi *et al.*, 2000).

4.3.1 Emissões atmosféricas pela legislação brasileira

Não há uma legislação específica com relação as emissões atmosféricas de produtos cerâmicos. A Resolução CONAMA nº 264, de 26 de agosto de 1999: "Dispõe sobre o Licenciamento de Fornos Rotativos de Produção de Clínquer para Atividades de Co-Processamento de Resíduos." Diz ainda no Art. 29 - Os limites de emissão dos poluentes poderão ser mais restritivos, a critério do Órgão Ambiental local, em função dos seguintes fatores:

I - Capacidade de dispersão atmosférica dos poluentes, considerando as variações climáticas e de relevo locais; ou

II - A intensidade de ocupação industrial e os valores de qualidade de ar da região.

Art. 30 - Os limites de emissão para os parâmetros SO_x e NO_x deverão ser fixados pelos Órgãos Ambientais competentes, considerando as peculiaridades regionais.

Tabela 06: Limites Máximos de Emissão Gasosa

Poluente	Limites Máximos de Emissão	
	CONAMA 264	CONSEMA 09
HCl	1,8kg/h ou 99% de redução	80 mg/Nm ³ ;
HF	5 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	5 mg/Nm ³ ;
CO*	100 ppmv, corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	125 mg/Nm ³ , corrigido a 7% de O ₂ , em qualquer período de 1 hora, exceto para um intervalo inferior a 10 minutos, desde que não seja ultrapassado o limite superior de 625 mg/Nm ³ ;
MP	70 mg/Nm ³ farinha seca, corrigido a 11% de O ₂ (base seca)	70 mg/Nm ³ , para sistemas de incineração com capacidade de até 1500 kg/d.; -50 mg/Nm ³ , para sistemas de incineração com capacidade superior a 1500 kg/d.
THC (expresso como propano)	20 ppmv, corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	
Mercúrio (Hg)	0,05 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	0,59 mg/Nm ³
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	1,29 - mg/Nm ³ , para sistema de incineração com capacidade de até 200 kg/dia; 0,08 - mg/Nm ³ , para sistema de incineração com capacidade superior a 200 kg/dia.
Cádmio (Cd)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	0,17 - mg/Nm ³ , para sistema de incineração com capacidade de até 200 kg/dia; 0,04 - mg/Nm ³ , para sistema de incineração com capacidade superior a 200 kg/dia.
Tálio (Tl)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ₂ (base seca)	
Óxidos de Enxofre	-	250 mg/Nm ³ , medido como SO ₂ ;
Óxidos de Nitrogênio	-	560 mg/Nm ³ , expresso como NO ₂ ;
Dioxinas e Furanos	-	- 2,47 mg/Nm ³ TEQ, para sistema de incineração com capacidade de até 200 kg/dia; - 0,64 mg/Nm ³ TEQ, para sistema de incineração com capacidade superior a 200 kg/dia

* As concentrações de CO na chaminé não poderão exceder a 100 ppmv em termo de média horária.

Nota: Os limites máximos de emissão referem-se a concentração total de metais (forma gasosa e particulado).

Nota 1: A FEPAM pode dispensar a coleta e a análise deste poluentes em função da localização do incinerador e do potencial de geração e emissão destes, utilizando a análise de COT (carbono orgânico total) para avaliação do processo de combustão, bem como, indicativo indireto da possibilidade da geração de poluentes.

Nota 2: Padrões de emissão expressos em concentração de dioxinas e furanos em termos de equivalência tóxica, obtida a partir da soma dos produtos calculados de acordo com a Tabela-2. A FEPAM pode determinar a fixação de

limites de emissão para outros contaminantes não estabelecidos nesta Norma, bem como tornar mais restritivos os limites estabelecidos.

No estado do Rio Grande do Sul, a Resolução CONSEMA N° 09, de 25 de outubro de 2000, dispõe de norma para o licenciamento ambiental de sistemas de incineração de resíduos provenientes de serviços de saúde, classificados como infectantes (Grupo A) e dá outras providências. Os poluentes quando lançados à atmosfera, não podem ultrapassar os limites máximos de emissão, segundo a FEPAM, conforme a Tabela 06.

4.3.2 Amostragem isocinética

Considerando que se deve coletar uma amostra representativa para todo o fluxo de gases emitidos pela chaminé, é necessário que a operação dos equipamentos obedeça a critérios que proporcionem uma correta medição. A palavra isocinética é de origem grega e significa “igual velocidade”. Transportando o sentido da palavra para aplicação no trabalho de amostragem no fluxo de gases, isto significa dizer que a velocidade de aspiração a ser imprimida pelo conjunto sonda/Pitot, deverá ser igual a velocidade com que os gases estão passando pelo duto ou chaminé, no ponto de coleta (CPRH/GTZ, 1999). O objetivo é evitar a segregação de partículas do fluxo gasoso coletado, pois a amostragem deve ser representativa do fluxo, minimizando os erros oriundos/provocados pelo sistema de coleta.

Quando a vazão e as linhas de fluxo de um gás sofrem desvio, como acontece numa amostragem não isocinética, ou seja, quando $V_b \neq V_c$ (velocidade na ponta da boquilha \neq velocidade do fluxo dos gases na chaminé), o resultado da amostragem pode apresentar concentrações menores ou maiores do que a realidade, porque:

- as partículas maiores tendem a mover-se, continuamente na direção inicial;
- as partículas menores tendem a acompanhar as linhas de fluxo, ou seja, se comportam mais como moléculas do mesmo gás portador;
- as partículas de tamanho intermediário desviam-se um pouco de sua trajetória original.

Segundo CPRH/GTZ (1999), numa amostragem em chaminé, em princípio, podem ocorrer três situações diferentes, ou seja, que a velocidade de amostragem seja menor, igual ou maior que a velocidade com que os gases estão passando pelo duto ou chaminé, no ponto de coleta.

Velocidade de amostragem menor que a velocidade de fluxo gasoso emitido pelo duto ou chaminé

Nesta situação, serão coletadas mais partículas maiores, do que as que existem na realidade, conforme demonstrado na Figura 11. Algumas linhas do fluxo são desviadas devido ao semi-bloqueamento da boquilha, que se comporta como se tivesse sido “tampada” parcialmente, desviando parte dos gases que teriam entrado para coleta e somente succionando na pequena porção destes. Na mesma figura são mostradas duas partículas de tamanhos muito diferentes. A partícula menor, por ser muito pequena e possuir pouca inércia, pode acompanhar, com muita facilidade, qualquer desvio na direção dos gases e, desta maneira, como pode ser observado na figura, caso ela esteja na linha de fluxo mostrada, não será captada pela boquilha e portanto, não será amostrada. As partículas maiores possuem um peso e uma inércia muito maior (observe-se que o peso aumenta com o cubo do diâmetro) e, portanto, não conseguem acompanhar desvios pronunciados do fluxo de gases. Do exposto pode-se tirar uma conclusão muito importante; “como a massa das partículas maiores é proporcionalmente muito significativa, a concentração de material particulado, medida neste caso, será superior à realmente existente nos gases da chaminé.”

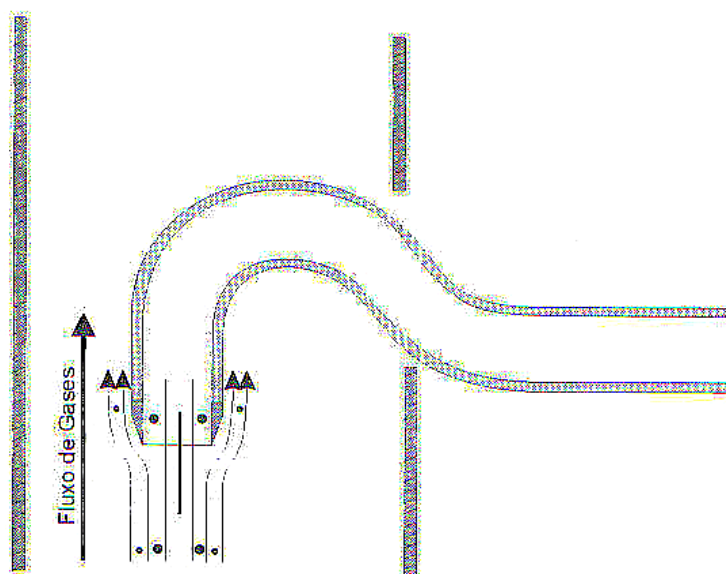


Figura 11: Amostragem sub-isocinética Fonte: CPRH/GTZ, 1999.

Velocidade de amostragem maior que a velocidade de fluxo gasoso emitido pelo duto ou chaminé

Nesta situação as linhas de fluxo deslocam-se para dentro da boquilha, fazendo com que as partículas menores não consigam continuar no seu caminho, sendo arrastadas pelo fluxo de gases e, posteriormente, capturadas pela sonda. As partículas maiores, devido a inércia, não acompanham este desvio dos gases e continuam numa trajetória praticamente reta, de forma que

não são capturadas pela sonda. Desta maneira, a amostragem faz com que os gases captados pela sonda contenham um número muito menor de partículas grandes do que realmente existe nos gases da chaminé e, portanto, a concentração medida será muito menor do que a real.

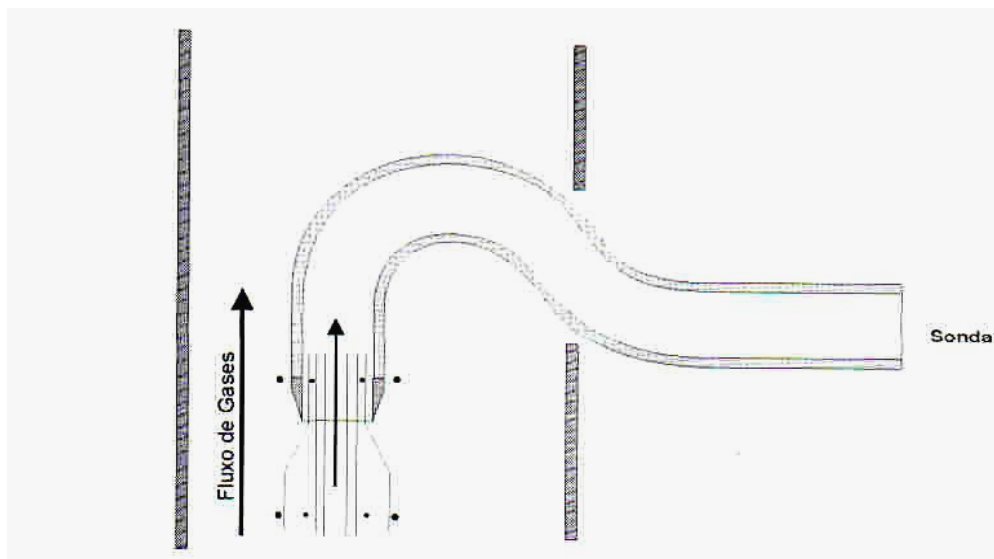


Figura 12: Amostragem com velocidade superior à isocinética. Fonte: CPRH/GTZ, 1999.

Velocidade de amostragem igual a velocidade de fluxo gasoso emitido pelo duto ou chaminé

Esta situação caracteriza, de fato, uma amostragem isocinética, e apesar de aparentemente bastar ajustar a velocidade dos gases no ponto de amostragem e depois ajustar a vazão de boquilha para que a velocidade na boquilha seja equivalente, esta situação não é assim tão simples, devido ao fato de:

- a) A velocidade dos gases na chaminé variar em função do sistema de alimentação utilizado;
- b) A obtenção de uma amostragem representativa implica em coletar vários pontos no sentido de acompanhar o movimento das partículas no fluxo gasoso, que em alguns casos apresenta segregação ou distribuição não uniforme, devido a força centrífuga ou por sedimentação na chaminé, conforme demonstrado na Figura 13.

A metodologia desenvolvida para uma amostragem representativa implica em coletar amostras em vários pontos que cubram a seção de forma uniforme, ou seja coletar não só no meio da chaminé mas de acordo com a seção transversal, considerando o diâmetro do duto ou chaminé da fonte a ser medida, pois, se o duto possui um cotovelo ou qualquer outro desvio, as partículas maiores dos gases no fluxo em alta velocidade, impulsionados pela força centrífuga, terão tendência em acumular-se, conforme o demonstrado no ponto “A” da Figura 13.

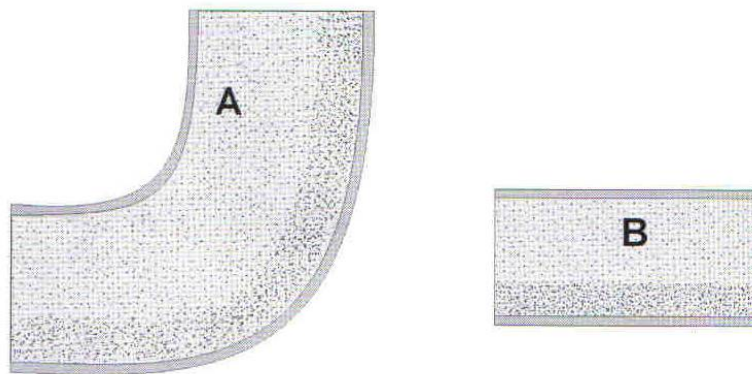


Figura 13: Segregação de partículas. Fonte: CPRH/GTZ,1999.

De maneira que, se a coleta da amostra somente fosse realizada neste ponto, a amostragem não seria verdadeiramente representativa, pois a coleta de partículas grandes seria menor. Num duto horizontal, onde a velocidade não é muito grande, as partículas maiores tenderão a sedimentar-se e a acumularem-se na parte inferior do duto, de tal forma que uma amostragem no ponto “B” também resultaria no mesmo tipo de erro.

Para a obtenção de uma amostragem isocinética, utiliza-se um sensor de velocidade bem próximo a boquilha, o tubo Pitot, para conhecer a velocidade dos gases no instante, nos diferentes pontos da chaminé, podendo ajustar rapidamente a vazão de amostragem, para que a velocidade na coleta seja realmente isocinética.

As condições isocinéticas de amostragem permitem delinear a percentagem de isocineticidade, quando teoricamente, a velocidade dos gases que estão sendo amostrados na ponta da boquilha (V_b) for exatamente igual a velocidade do fluxo dos gases no duto ou chaminé (V_c), ou seja:

$$I(\%) = \left(\frac{V_b}{V_c} \right) * 100 \quad \text{Onde } I = \text{variação isocinética } (\%)$$

São consideradas válidas as amostragens, somente se o valor calculado da isocinética estiver na faixa de 90% a 110% (ABNT, MB-3355/1990).

5. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DAS EMPRESAS ENVOLVIDAS NA PESQUISA

5.1 CERCENA S.A. Indústria Metalúrgica

Localizada no município de Erechim/RS, a CERCENA S.A. Indústria Metalúrgica possui uma capacidade produtiva mensal de 200 toneladas de peças em ferro fundido nodular e 50 toneladas de peças em ferro cinzento. Atende vários segmentos de mercado como rodoviário, automotivo, agrícola, mineração, papel e celulose e setor alimentício, com peças que variam entre 5 a 75 kilogramas.

O processo é descrito pelo fluxograma da Figura 14.

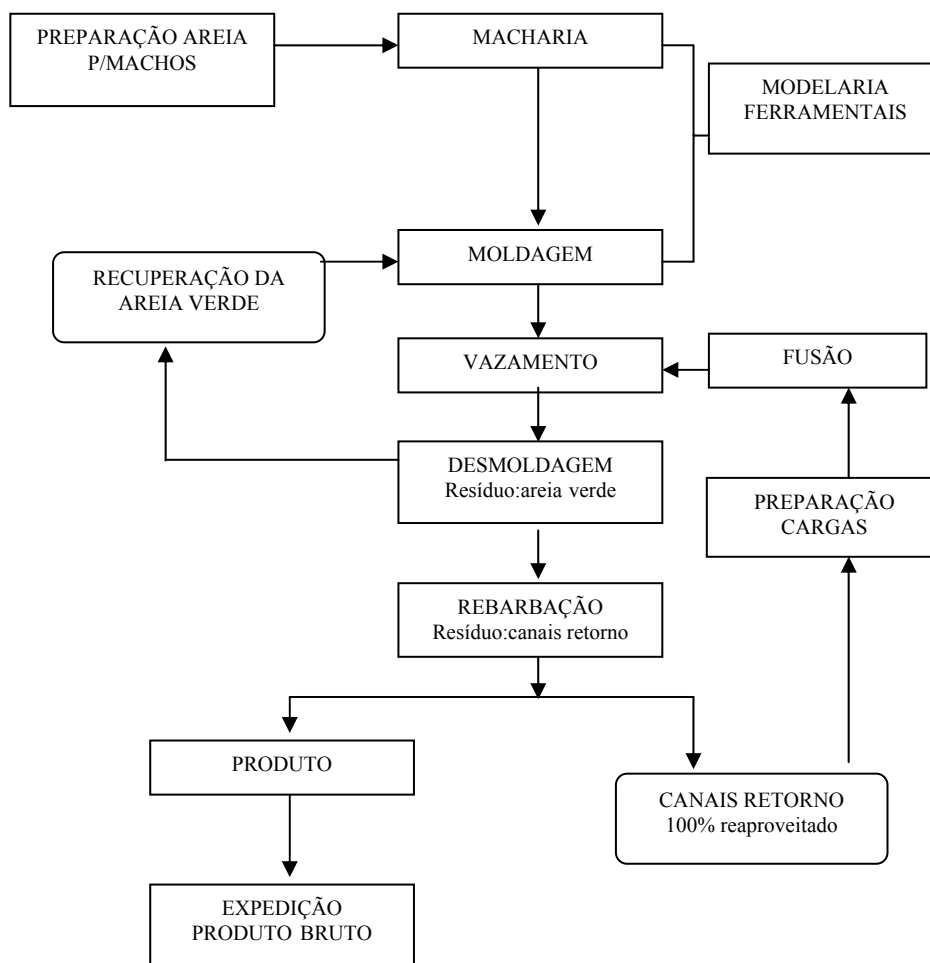


Figura 14: Fluxograma do processo produtivo da Cercena S.A.

A produção de fundidos se dá pelo processo de moldagem em areia verde, para confecção dos moldes e pelo sistema *cold-box* para a confecção dos machos (Figuras 15 e 16). As cargas metálicas são constituídas de ferro gusa (10%), sucata de aço reciclado e material de retorno reciclado (canais de alimentação das peças).

Na moldagem em areia verde, os componentes utilizados são:

Areia base: areia com características refratárias, proveniente da Mineração Jundu (Viamão/RS), se trata de uma areia de água doce (Lagoa dos Patos), lavada e classificada, com granulometria média 55 AFS.

Aglomerante: para a coesão da mistura utiliza-se a bentonita.

Aditivos: carvão mineral – pó Cardiff.

Na confecção de ferro fundido cinzento é acrescido ainda, 5% de ferro-cromo com a composição química da Tabela 07.

Tabela 07: Composição química ferro-cromo.

Composição Química	
Elemento	Teor (%)
Si	0,980
C	0,125
P	0,033
S	0,003
Cr	57,150
Fe	41,709

Fonte: ALBASTEEL Indústria e Comércio de Produtos Metalúrgicos LTDA.

A confecção dos moldes é realizada por máquinas hidráulicas automáticas e mecanizadas, através do processo de compactação da areia verde sobre a placa modelo em alumínio, conformando a areia de acordo com as características desejadas da peça. Após a compactação, é retirada a placa modelo, são introduzidos os machos, acopla-se a caixa fundo e fecha-se a caixa tampa, concluindo assim a confecção do molde. Os mesmos são transportados através de carros “*pallet*” para as linhas de vazamento.

As misturas são realizadas na proporção de 500 kg por etapa (variável de acordo com a programação da produção), com a seguinte composição:

- 1% de bentonita,
- 0,45 % de pó-Cardiff,
- 95 % de areia do sistema (areia recuperada) e,
- 5% areia base.

A areia base nova é utilizada para a confecção dos machos, constituindo-se na maior parcela de areia nova reposta no sistema.

O processo de mistura é feito em misturador tipo Simpson de Mós. A areia dos machos é reincorporada ao processo diluída na areia verde, pois misturam-se na ocasião da desmoldagem.



Figura 15: Preparação dos moldes em areia verde.



Figura 16: Preparação dos machos.

Na confecção dos machos utiliza-se areia soprada em máquinas sopradoras Vick, pelo processo *cold-box*. Além da areia base, são utilizados resina Isocure parte I 397 e II 617, e catalisador 700, ambos da ASHLAND.

Na fusão do metal líquido pelo processo de indução, utilizam-se 02 fornos Inductotherm, compostos de 02 unidades com dois cadinhos cada, de 600 e 750 Kw/h. O uso de fornos de indução para o derretimento e o uso de sucatas limpas resultam em uma rota de produção mais limpa. O ferro líquido do forno, em temperatura de 1550°C, é transferido para a panela de vazamento e transportado até os moldes para o vazamento.

No decorrer de todo o processo de aproveitamento da areia no sistema, a mesma passa pelo processo de recuperação que compreende (Figura 17):

a) Eliminação de grumos (torrões): esta etapa é realizada através de destorroamento, executado na entrada do silo de armazenagem. O processo é realizado com equipamentos do tipo “*pushout*”, sendo classificadas após em peneiras vibratórias, tipo “*shakeout*”.

b) Separação das partículas metálicas provenientes do processo: este processo é executado através de cilindros magnetizados e separadores gravimétricos (diferença de densidades entre areia e metal), localizadas no final das esteiras transportadoras de alimentação das várias etapas de separação e armazenamento das areias. Utilizados para remover as impurezas metálicas da areia.

c) Retirada de parcela de material pulverulento. A parcela de material de tamanho inferior a 0,200 mm é extraída da areia através do processo de exaustão. No processo de peneiramento está instalado um sistema de exaustão composto de exaustor, ciclone e filtro de mangas. O ponto de captação dos finos é a peneira hexagonal. Através de correias transportadoras e elevador, a

areia do sistema é enviada para a peneira hexagonal de malha 10 mm onde é ensilada e misturada em misturador tipo Simpsons de Mós, de onde retorna ao processo produtivo.

d) Rejeição da areia pelo controle de qualidade: nesta fase, são realizados ensaios específicos de concentração de cada um dos elementos que compõe a areia de fundição, conforme as especificações e necessidades de cada tipo de metal a ser moldado e tipo de molde.

Após classificação como areia aproveitável e armazenamento no silo, a areia do sistema vai para o misturador, onde suas características mínimas exigidas são compensadas através de adição de elementos corretivos. É importante notar que dificilmente será possível destinar para descarte apenas a areia cujos componentes tenham sido termicamente desativados, de modo que a areia descartada conterà uma parcela nada desprezível de ingredientes ativos - principalmente bentonita e carvão.

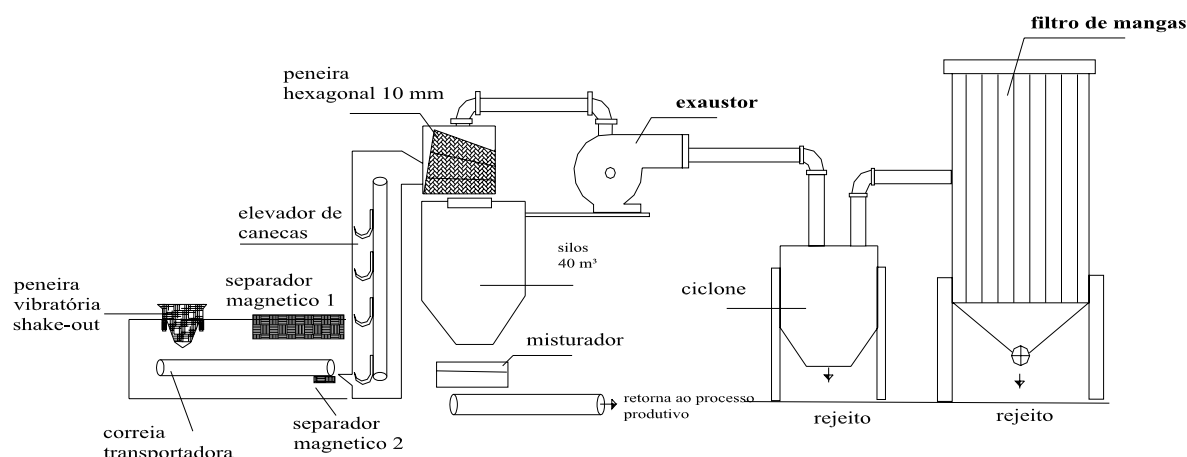


Figura 17: Processo de recuperação de areia verde da CERCENA S.A.

Os rejeitos são depositados no setor de armazenagem, tendo o seu manejo, movimentação e transporte monitorados desde a geração, de acordo com procedimento da NBR 11174 (1989), até a destinação final em aterros de resíduos industriais autorizados. As amostras utilizadas no trabalho foram coletadas de acordo com procedimento da NBR 10007 (1987), no setor de armazenagem de resíduos da empresa.

5.2 Cerâmica Getuliense LTDA.

A Cerâmica Getuliense LTDA, localizada no município de Estação/RS, produz mensalmente em torno de 300 mil unidades de blocos seis furos para alvenaria. Na produção das peças cerâmicas são utilizadas 03 argilas com diferentes propriedades, provenientes do

município de Erebang/RS. A proporção da composição utilizada é 25% de uma argila rica em sílica (Argila 1), 25% de uma argila rica em óxido de ferro (Argila 2) e 50% de uma argila com propriedades intermediárias (Argila 3). O processo de fabricação dos blocos cerâmicos se dá conforme o fluxograma da Figura 18:

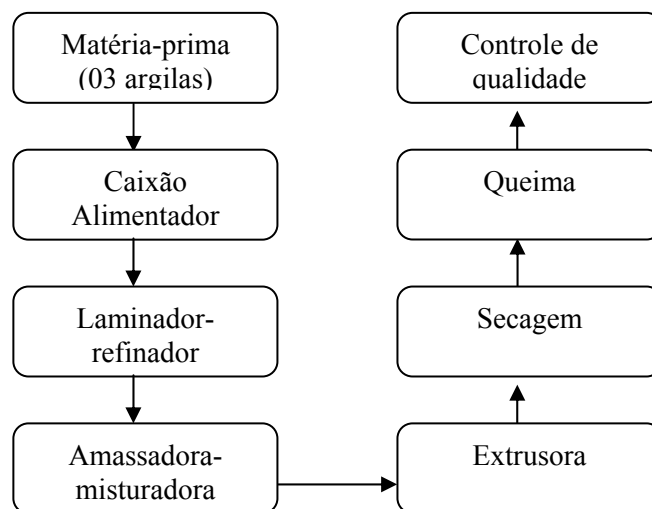


Figura 18: Fluxograma de fabricação dos tijolos.

A preparação das argilas compreende a fase de tratamento prévio (natural) da matéria-prima por 30 dias para a *meteorização*, permanecendo após em depósito coberto. O amadurecimento é feito abrigado das intempéries por aproximadamente 15 dias.

Inicialmente as argilas são transportadas por uma carregadeira até o caixão alimentador onde é feita uma pré-mistura. Através de correias transportadoras, o material segue para a mistura em máquinas amassadoras-misturadoras, onde se obtém a umidade desejada. Em seguida, a massa é desintegrada graças às velocidades diferentes de 2 rolos laminadores-refinadores. O material laminado é transportado por uma esteira automática até a maromba a vácuo, onde alimentadores forçam-no a passar através das grelhas, fragmentando-o em pequenas porções nas quais se processa a desaeração, reduzindo, ao mínimo, o ar contido ou incluído na massa cerâmica pela ação das misturas e da água agregada. Caindo no parafuso-sem-fim, a argila é impelida para a frente, passa através da câmara de vácuo e depois através dos orifícios da boquilha, que é o molde dos tijolos. O bloco de argila extrusada, saindo da boquilha, corre sobre os rolos da máquina cortadora e é automaticamente cortado em tamanhos pré-fixados, que correspondem ao comprimento dos tijolos furados. Os blocos cerâmicos cortados são classificados fazendo-se retornar à maromba as peças refugadas. As demais peças são transportadas por esteira rolante às estantes (vagonetas) de secagem, carregadas manualmente, onde permanecem por 01 dia. Seguindo para a secagem artificial em estufa por um período

médio de 72 horas.

Após a secagem artificial, as peças são manualmente transportadas até os fornos e empilhadas, em vagões, a fim de que a queima se processe de forma homogênea em todas as peças. A queima é realizada em forno tipo túnel com 80 metros de comprimento e cinco chaminés reguláveis, com duração do ciclo variável, dependendo da eficiência de secagem e da umidade atmosférica.

Na entrada do forno existe um sistema hidráulico com temporizador de acionamento, para empurrar os vagões carregados. Este empurrador permite uma autonomia de carga por aproximadamente 5 horas. A primeira parte do forno é utilizada para uma melhor secagem, entrando por um lado o calor retirado da zona de queima através de exaustor acionado por motor e saída da umidade pelo outro lado através das chaminés. A queima se processa com fornalhas instaladas lateralmente, de forma alternada, o que permite melhor distribuição do calor e uniformidade da queima.

O resfriamento do produto queimado se processa normalmente com o deslocamento dos vagões na parte do forno onde o calor se transfere em sentido contrário e também pela captação do ar quente ainda existente, através do exaustor, que faz a secagem dos produtos no secador. Um acúmulo de calor é criado através do teto falso (laje pré-moldada de concreto), que se inicia a cinco metros anteriores à zona de queima, até o final do forno. O controle da temperatura do forno é realizado através de termopares eletrônicos setorizados em 8 pontos. Normalmente, são utilizadas as seguintes faixas de temperatura: zona de queima: 750-800°C, zona de pré-aquecimento: 450-480°C, conduto principal: 155-170°C, entrada do forno: 100-150°C, 03 secadores: 50-55°C, secador: 80-90°C. O ciclo operacional do forno é composto de carregamento, aquecimento, queima, resfriamento e descarregamento. O combustível utilizado na queima é a serragem. O forno possui um queimador para cada fornalha, com acionamento simultâneo de todos os queimadores. A distribuição da serragem para os queimadores é realizada por helicóides e a coleta para estes, através de um caixão de alimentação, tendo total automação de abastecimento e queima. Após o cozimento, as peças deverão descansar até atingir a temperatura ambiente, sendo, então, encaminhadas para o controle de qualidade e posteriormente para a expedição e consumo.

6. EXPERIMENTAL

A parte experimental da pesquisa foi desenvolvida em duas etapas, em escala de laboratório e industrial. A partir dos resultados de laboratório, foi protocolada junto a FEPAM, a

solicitação para os testes em escala industrial para o desenvolvimento da segunda etapa da pesquisa, realizada na indústria cerâmica. Com base no processo administrativo nº 15549-0567/04-9, foi emitida pela FEPAM a Autorização nº 165/2005-DL, para a realização dos testes em escala industrial com o resíduo.

6.1 Ensaio de laboratório

O fluxograma da Figura 19 apresenta a sistemática da primeira etapa do estudo realizado em laboratório.

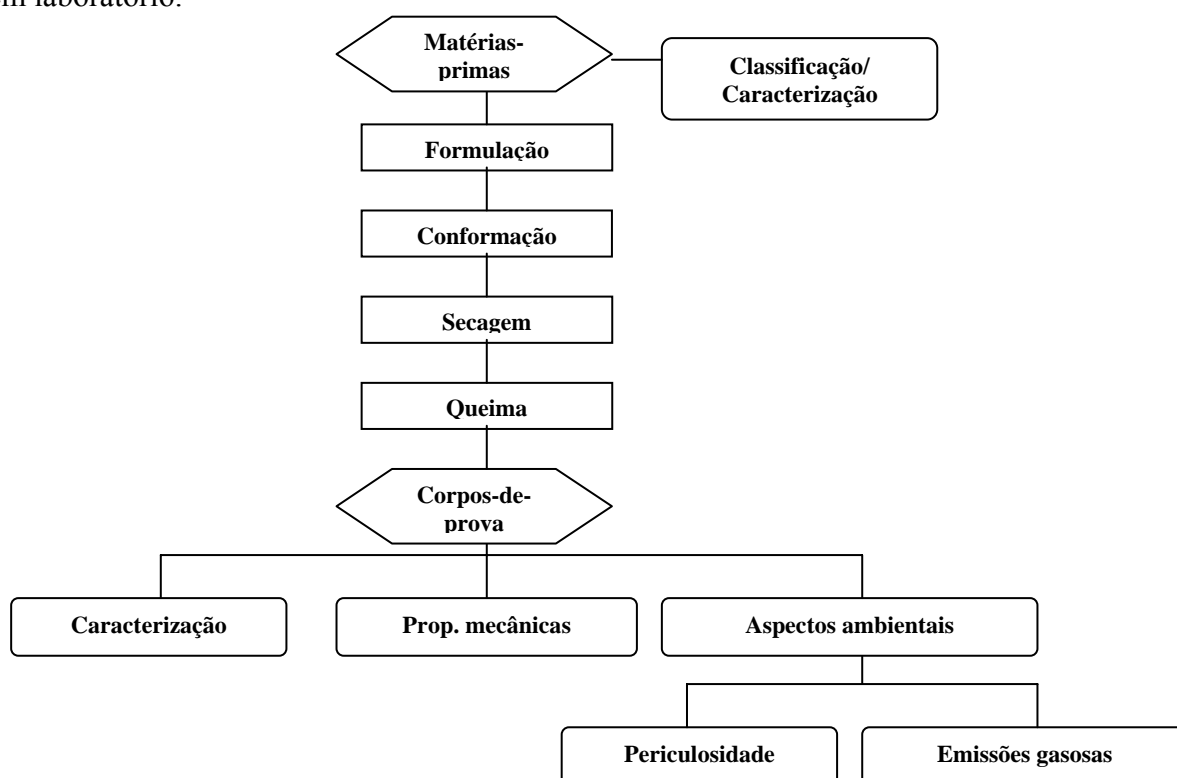


Figura 19: Fluxograma do procedimento experimental adotado neste trabalho.

6.1.1 Matérias-primas

As matérias-primas utilizadas foram três argilas vermelhas empregadas na confecção de blocos cerâmicos e a areia de fundição – areia verde.

As argilas foram provenientes do município de Erebangó – RS, empregadas pela Cerâmica Getuliense na fabricação de blocos para a construção civil, na seguinte proporção: 25% de uma argila rica em sílica (A1), 25% de uma argila rica em óxido de ferro (A2) e 50% de uma argila com propriedades intermediárias (A3).

A areia de fundição (AF) foi fornecida pela CERCENA S.A., coletada no setor de resíduos, descartada do processo de recuperação de areia da empresa.

As amostras da areia de fundição e das argilas foram coletadas conforme a metodologia recomendada pela NBR 10.007 - amostragem de resíduos (ABNT, 2004c).

6.1.2 Caracterização das matérias-primas

As matérias-primas foram caracterizadas quanto à sua composição química, mineralógica, granulométrica no LACER /UFRGS e da avaliação da perda de massa no LEAMET/UFRGS.

A composição química foi analisada por fluorescência de raios X, utilizando um aparelho SHIMATZU, modelo XRD 1800.

As análises mineralógicas das matérias-primas foram realizadas por difração de raios X, método não-orientado, utilizando um difratômetro da PHILIPS, modelo X'PERT. O método da amostra não-orientada é utilizado para determinar todos os componentes mineralógicos encontrados em um material, bem como as fases que se encontram nestes materiais, abrangendo um ângulo bastante grande do ângulo θ .

A análise granulométrica foi realizada por difração a laser utilizando um equipamento CILAS 1180L, por via úmida, que analisa uma faixa de distribuição de partícula de 0,04 a 2500 μm . As argilas foram preparadas para a verificação da distribuição granulométrica, sendo cominuídas até tornarem-se passante em peneira 180 μm (80#). A areia de fundição foi analisada sem preparação e moagem, *in natura*.

As argilas foram passadas na peneira # 325 (μm) e a fração retida foi calculada em relação à massa total, para cada argila em separado.

A avaliação da perda de massa em função da temperatura foi realizada com uma termobalança NETZSCH STA 409C. O resíduo foi aquecido até 1000°C à 10°C/min e resfriado à mesma taxa sob atmosfera de oxigênio em um cadinho de platina-irídio contendo 100 mg de amostra.

O limite de plasticidade (LP) das massas cerâmicas sem e com 10% de areia verde de fundição foi calculado de acordo com a NBR 7180/84, no LACER/UFRGS. O limite de plasticidade indica a quantidade de água mínima que a argila ou massa cerâmica deve conter para ser conformada, por exemplo, em uma extrusora à vácuo. A plasticidade de massas cerâmicas argilosas deve-se fundamentalmente as forças de atração entre as partículas de argilominerais e a ação lubrificante da água existente entre as partículas lamelares. Além disso, a plasticidade é influenciada pelos seguintes fatores: mineralogia, granulometria, hábito lamelar dos minerais argilosos, carga elétrica dos cristais e natureza de troca iônica (Oliveira *et al.*, 2004).

6.1.3 Produção dos corpos-de-prova

As argilas foram secas em estufa a temperatura de 110°C por 24 horas. Após, procedeu-se o destorroamento de cada argila em moinho de bolas por um período de 2 horas e separou-se a fração passante na peneira #80 (180 µm). A areia de fundição foi utilizada no seu estado natural. De posse das matérias-primas preparadas, procedeu-se à mistura, conformação, secagem e queima das diferentes formulações.

As formulações foram realizadas nas mesmas proporções empregadas pelas cerâmicas locais, ou seja, 25% A1, 25% A2 e 50% A3. A areia de fundição foi empregada substituindo a argila com maior concentração de sílica (A1) na proporção de 0, 5, 10 e 20% da massa total (m, m5, m10 e m20). A mistura foi realizada a seco, em misturador excêntrico por um período de 15 minutos.

As amostras foram umidificadas, com 10% em peso de água, para que as formulações adquirissem plasticidade para conformação por prensagem. Após, o material foi passado em peneira #20 (850 µm) e conformado em uma prensa hidráulica uniaxial, moldando os corpos-de-prova com as dimensões aproximadas de 60 x 20 x 9 mm.

A secagem dos corpos-de-prova prensados foi realizada ao ar livre por 24 horas seguido por secagem em estufa, a 110°C, também por 24 horas. Após, foram queimados em forno elétrico tipo mufla, nas temperaturas de 800, 900 e 950°C. O patamar de queima foi de 2 horas, com taxa de aquecimento de 150°C/hora.

Foram produzidos 6 corpos-de-prova de cada formulação, para cada ensaio, para possibilitar a representatividade estatística nos ensaios de caracterização tecnológica e de avaliação ambiental.

6.1.4 Caracterização de propriedades tecnológicas

Após a queima, foram determinadas as propriedades físicas (retração linear, absorção de água) e mecânicas (resistência à flexão a quatro pontos), de acordo com a metodologia a seguir descrita.

Retração linear (*RL*)

Determinou-se a partir do comprimento dos corpos-de-prova após a secagem em estufa (*L_s*) e após queima (*L_q*) nas diversas temperaturas (Equação 1).

$$RL = \left(\frac{Ls - Lq}{Ls} \right) * 100 \quad (1)$$

Absorção de água (AA) e porosidade aparente (Pa)

O procedimento para obtenção da porosidade aparente e absorção de água baseou-se na norma ASTM C133/94, a partir da determinação do peso da amostra seca (P_s) e dos pesos úmido (P_u) e imerso (P_i). Para a pesagem do corpo cerâmico úmido realizou-se a imersão em água e fervura por um período de 2 horas. Para o cálculo do peso imerso, utilizou-se o princípio de Arquimedes de deslocamento de um fluido. Assim a porosidade aparente é calculada através da Equação 2:

$$Pa = \left(\frac{Pu - Ps}{Pu - Pi} \right) * 100 \quad (2)$$

Os valores de absorção de água (AA) estão diretamente ligados à porosidade aberta do material, e, portanto, a absorção de água é obtida através da Equação 3:

$$AA = \left(\frac{Pu - Ps}{Ps} \right) * 100 \quad (3)$$

Curvas de gresificação

A curva de gresificação é a representação gráfica simultânea das variações da absorção de água (AA) e retração linear (RL) da peça com a temperatura de queima correspondente.

As duas principais variações sofridas pelo corpo cerâmico durante a queima, a retração linear e a diminuição da porosidade, traduzida pela absorção de água, são usadas como parâmetros de avaliação do comportamento de um corpo cerâmico durante a queima. A curva de gresificação permite avaliar a tolerância da massa as variações de temperatura e condições de processamento. Além disso, tendo-se estabelecida qual a faixa de AA desejada e a variação de tamanho admissível no produto final, pode-se usar esta curva para identificar a temperatura na qual essas características são alcançadas (Melchiades *et al.*, 1996).

Resistência mecânica

A resistência mecânica dos corpos-de-prova foi avaliada através da determinação de resistência à flexão a quatro pontos com base na norma ASTM C-133/97. Para tanto, utilizou-se uma máquina de ensaios universal, marca ATS, e corpos-de-prova de dimensões aproximadas de

60 x 20 x 9 mm. A Equação 4 apresenta a fórmula utilizada para o cálculo da resistência mecânica à flexão pela tensão máxima de ruptura (σ), em função da carga máxima aplicada (P), da altura (d) e da base do corpo-de-prova (b) e da distância entre os apoios superiores (l) e inferiores (L):

$$\sigma = \frac{3 * P * (L - l)}{2 * b * d^2} \quad (4)$$

6.1.5 Aspectos ambientais

A areia de fundição, as argilas e as massas cerâmicas formuladas foram classificadas conforme a NBR 10004 (ABNT,2004), de acordo com as metodologias estabelecidas para os testes de lixiviação (NBR 10005) e solubilização (NBR 10006) de resíduos (ABNT, 2004a, 2004b).

A lixiviação é um processo que se desenvolve quando um sólido em contato com um líquido, em meio ácido, produz uma transferência de componentes do sólido para o líquido. Assim, a partir da análise deste líquido após a lixiviação, pode-se determinar se o resíduo é perigoso. O ensaio de solubilização é usado para classificar o resíduo entre inerte e não-inerte.

Para o ensaio de emissões gasosas, os corpos-de-prova não queimados foram introduzidos em um reator de quartzo dentro de um forno elétrico tipo mufla. Para efeito de comparação, foram ensaiadas duas formulações: a formulação sem o resíduo (branco) e a formulação prensada com 10% de areia verde.

No aparato ilustrado esquematicamente na Figura 20 (Bergmann *et al.*, 2002), as amostras, com o peso de 100g, foram colocadas em um reator de quartzo dentro de um forno mufla. O reator possui dois orifícios: um, por onde o ar é insuflado sobre a amostra; e outro, por onde o ar da atmosfera de queima será coletado, sob vácuo, utilizando-se para tanto uma bomba de diafragma de *teflon*. Esse ar é então lavado em um frasco em água deionizada, em frascos lavadores de gases, com capacidade de 500 ml, imersos em banho de gelo, propiciando pela baixa temperatura uma maior solubilidade dos gases em água. Os dois primeiros frascos lavadores de gases continham água deionizada e o terceiro tubo permaneceu vazio, também denominado de tubo seco, o qual permitia a visualização e auxiliava na retenção de qualquer condensação, como também impedia que a umidade atingisse a bomba a vácuo. A coleta de ar ocorreu durante todo o processo de aquecimento (taxa de 150 °C/h), da temperatura ambiente até

900°C, com patamar de queima de 2 horas. Após, analisou-se a água de lavagem em relação à concentração de cloretos, nitratos, sulfatos, fluoretos, surfactantes, nitrogênio amoniacal e diversos metais.

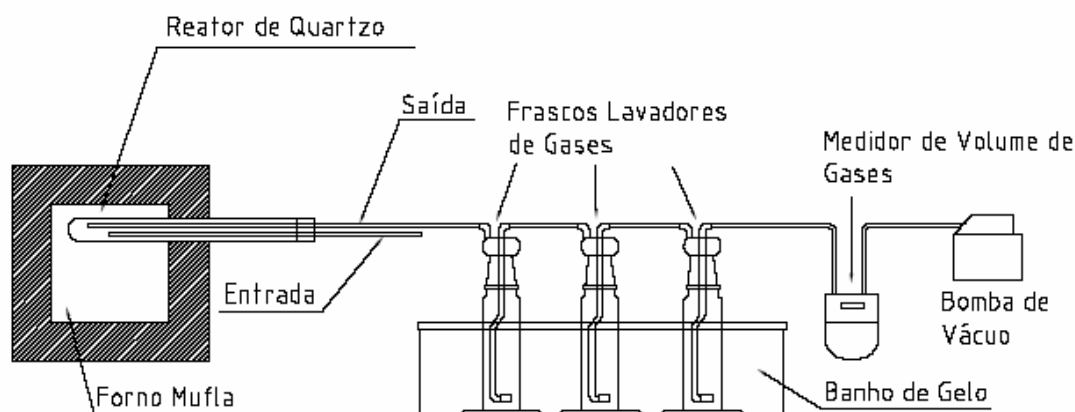


Figura 20: Aparato utilizado para a avaliação das emissões gasosas das massas cerâmicas em laboratório.

6.2 Testes em escala industrial

A segunda parte do trabalho, realizada na Cerâmica Getuliense LTDA, compreendeu a produção de lotes de blocos cerâmicos de vedação - 06 furos. As etapas seguidas na indústria cerâmica estão apresentadas na Figura 21.

Durante a realização dos testes foram queimados dois lotes de blocos cerâmicos: um lote com a incorporação de areia de fundição na massa cerâmica e um lote sem a presença do resíduo. Foi realizada a análise comparativa da qualidade dos blocos cerâmicos, os estudos das emissões gasosas e a avaliação da periculosidade dos blocos cerâmicos.

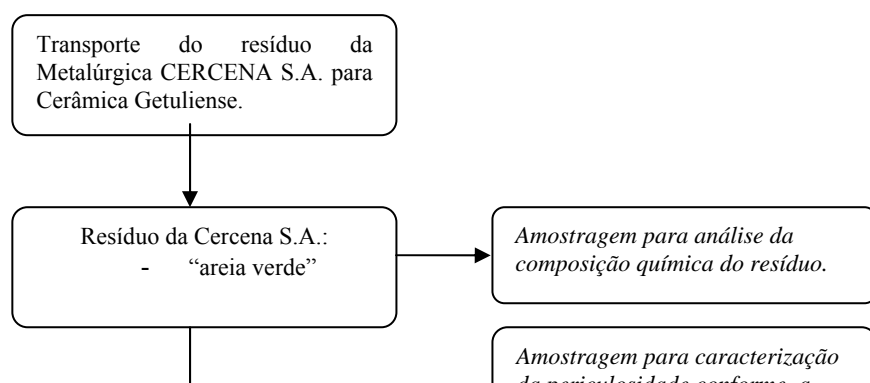


Figura 21: Fluxograma da pesquisa em escala industrial com o uso de areia de fundição na confecção de blocos cerâmicos.

6.2.1 Produção dos blocos cerâmicos

Na produção dos tijolos convencionais, a Cerâmica Getuliense adotou na dosagem das argilas, a proporção de 25% da argila 1, 25% da argila 2 e 50% da argila 3. Para a confecção dos blocos com o resíduo, na mistura, a areia de fundição foi adicionada substituindo 10% em peso da massa da argila 1. A dosagem e mistura das argilas foi realizada, a seco, no caixão alimentador, com o auxílio da carregadeira. A “areia verde” foi adicionada seca. Após, o material foi misturado em máquinas amassadoras-misturadoras, sem qualquer acréscimo de água durante a mistura. A plasticidade da massa foi obtida através da umidade natural das argilas. Na seqüência, foi realizado o procedimento normalmente empregado na produção de blocos cerâmicos.

Os tijolos processados com o resíduo, após a queima, foram descarregados em local demarcado, em separado dos demais, sem autorização para a comercialização. Alguns dados e cuidados do procedimento estão abaixo listados:

Quantidade de matéria-prima processada com o resíduo

Sendo a produção do forno da Cerâmica Getuliense de 1070 tijolos queimados por hora, nas 28 horas necessárias para a amostragem do teste de queima, estimou-se a produção de 29.960 tijolos com areia de fundição.

Quantidade de areia de fundição a ser utilizada/transportada

Sendo que cada tijolo de seis furos pesa aproximadamente 3,4 kg (peso úmido ao sair da maromba), e que a proporção de areia de fundição empregada foi de 10%, foram utilizadas 10,2 toneladas da areia de fundição.

Acondicionamento do resíduo

A areia de fundição, na fonte geradora encontra-se em container metálico com capacidade para 7 toneladas, no depósito de resíduos da CERCENA S.A. Para o transporte da quantidade utilizada foram utilizados 02 containeres metálicos, cobertos com lona plástica. O resíduo foi transportado em caminhão apropriado, acompanhado de MTR. Os containeres na Cerâmica Getuliense permaneceram em local coberto, próximo ao misturador até o seu beneficiamento, com a cobertura removível em lona plástica.

6.2.2 Amostragens

Amostragem do resíduo

Foi coletada uma amostra de areia de fundição utilizada na confecção dos blocos cerâmicos para análise de caracterização química de acordo com a NBR 10007, entregue aos técnicos do Laboratório ISATEC-IPIRANGA, Rio Grande/RS no local dos testes.

Amostragem dos tijolos

Após a queima, foram separados aleatoriamente e enviados 52 tijolos de cada lote (com e sem o resíduo), sendo 26 unidades ao CIENTEC para os ensaios de resistência à compressão e absorção de água e, 26 unidades para o LEAMET/UFRGS para verificação das características geométricas. Foram coletadas também as amostras dos tijolos produzidos com e sem o resíduo, para a realização dos ensaios de solubilização e lixiviação, entregues aos técnicos do Laboratório ISATEC-IPIRANGA, Rio Grande/RS no local dos testes.

Amostragem isocinética da chaminé

O objetivo básico de uma amostragem em chaminé é o conhecimento das características de um efluente gasoso, através da determinação da concentração do poluente no fluxo de gases, por unidade de tempo, considerando as diversas variáveis do processo industrial, como: temperatura, pressão, velocidade, umidade, etc. (Silva *et al.*, 1999). De uma maneira geral o uso

dos dados obtidos na amostragem de chaminé permitem verificar se a fonte poluidora inspecionada está emitindo o efluente dentro do padrão estabelecido.

A amostragem das emissões atmosféricas foi realizada por técnicos habilitados da ISATEC-IPIRANGA. Os parâmetros analisados na amostragem da chaminé foram: Material Particulado (MP), SO₂, H₂SO₄, CO, CO₂, O₂, NO_x e os metais Fe, Pb, Cd, Tl, As, Co, Ni, Cr, Cu, Mn, Sn e Zn.

6.2.3 Caracterização de propriedades tecnológicas dos blocos cerâmicos

Na *análise de conformidade* das amostras de *Bloco Cerâmico*, foram realizados os ensaios de Resistência à Compressão e Absorção de Água, pelo Laboratório da Rede Metrológica do CIENTEC, e a verificação das características geométricas foram analisadas no LEAMET/UFRGS.

Determinação da absorção de água (NBR 8947/85)

(Parâmetro: 8% < Absorção de Água < 25%)

Esse ensaio verificou o percentual de água absorvido pelo bloco cerâmico, obtido a partir da diferença entre a massa seca e a massa úmida da amostra.

De acordo com a metodologia do ensaio descrita pela norma brasileira, primeiro determinou-se a massa do bloco cerâmico após ter sido colocada em estufa para secagem. Feito isso, mergulhou-se a amostra em água, deixando-a submersa por um determinado período de tempo. Mediu-se a massa do bloco úmido. Através da diferença entre os dois valores encontrados, obtém-se o percentual de água absorvido pela amostra.

Uma elevada taxa de absorção de água indica que uma parede construída com esses tijolos pode sofrer aumento de carga quando exposta à chuva, podendo acarretar problemas estruturais à construção. Esse problema fica mais evidente quando observa-se casas populares que, devido à condição econômica precária de seus moradores, permanecem "cruas", ou seja, sem qualquer revestimento que proteja suas paredes. Além disso, paredes de tijolos com alta absorção de água revelam problemas na aderência de revestimento, pois a água existente na composição da argamassa é absorvida.

Determinação da resistência à compressão mínima (NBR 6461/83)

(Parâmetro Mínimo: Resistência à Compressão > 1,0 MPa)

Esse ensaio verificou a capacidade de carga que os blocos cerâmicos suportam quando submetidos a forças exercidas perpendicularmente sobre suas faces opostas e determina se as amostras oferecem resistência mecânica adequada, simulando a pressão exercida pelo peso da construção sobre os tijolos.

O não atendimento aos parâmetros normativos mínimos indica que a parede poderá apresentar problemas como fissuras. A norma brasileira estabelece 7 (sete) classes de resistência à compressão. Essa resistência é determinada a partir dos resultados obtidos pelas amostras durante o ensaio ou em função da informação prestada pelo fabricante.

No caso de blocos cerâmicos com largura (L) inferior a 90 mm, a resistência mínima à compressão exigida é de 2,5 MPa. Independentemente da classificação, todas as amostras de blocos cerâmicos têm que atender ao requisito mínimo de 1,0 MPa.

Determinação das características geométricas (NBR 7171/92 e NBR 8042/92)

Os ensaios dessa classe têm por objetivo principal verificar a homogeneidade da fabricação dos blocos cerâmicos de um determinado fornecedor. Foram realizados os seguintes ensaios de conformidade:

- Desvio em relação ao esquadro (D)
- Planeza das faces ou Flecha (F)
- Espessura das paredes externas
- Verificação das marcações

Desvio em relação ao esquadro (D)

(Parâmetro: D £ 3 mm)

O desvio D foi medido com o auxílio de um instrumento denominado esquadro metálico e visou verificar a perpendicularidade entre a base do tijolo, onde é feito o assentamento do bloco, e a sua face externa destinada ao revestimento (Figura 22). A não conformidade neste ensaio indica que a parede poderá ter problemas de esquadro e espessura excessiva de revestimento.

Planeza das faces ou flecha (F)

(Parâmetro: F £ 3 mm)

Esse ensaio foi realizado com o auxílio de uma régua metálica e verificou se as faces externas das amostras de blocos cerâmicos são planas, ou seja, se não apresentam depressões acima do limite permitido por norma (Figura 22). Neste caso, a não conformidade está

relacionada com o aparecimento de irregularidades, principalmente, durante a etapa de revestimento, pois a argamassa de reboco apresentará variações de espessura o que representará maiores ônus para os consumidores que, na tentativa de corrigir o problema, terão que utilizar quantidade maior de argamassa.

Espessura das paredes externas

(Parâmetro: Espessura ≤ 7 mm)

A espessura das paredes dos blocos cerâmicos está diretamente relacionada com a sua resistência mecânica à compressão. Quanto menor a espessura, menor será a resistência e, conseqüentemente, haverá o comprometimento estrutural da construção.

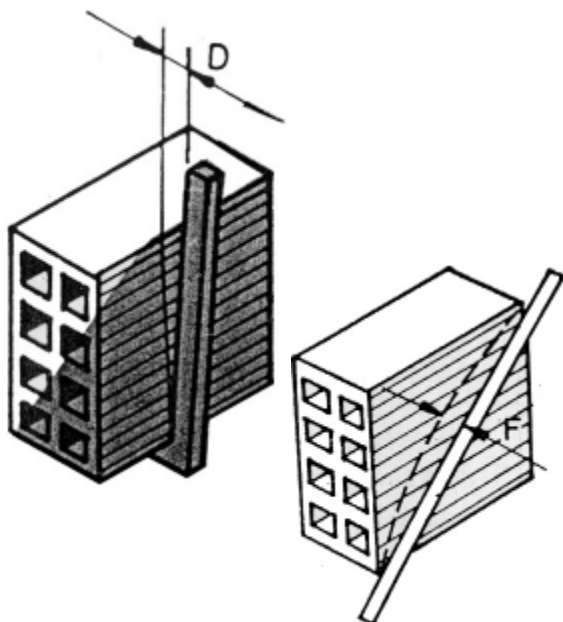


Figura 22: Verificação de Desvio em relação ao esquadro “D” e planeza das faces ou Flecha “F”.

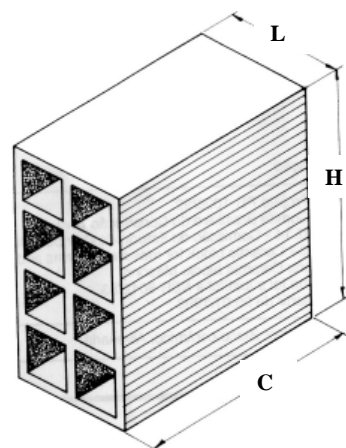


Figura 23: Dimensões Nominais (Largura, Altura e Comprimento).

Verificação das marcações

(Parâmetro: Dimensões: média ≤ 3 mm; individual ≤ 8 mm)

Esse ensaio verificou se as amostras de blocos cerâmicos trazem gravadas, em alto ou baixo relevo, em uma das suas faces externas, as seguintes informações de caráter obrigatório: as dimensões nominais (Figura 23) em centímetros, nesta ordem: largura (L), altura (H) e comprimento (C), sempre de forma bem visível, assim como, o nome e/ou marca que identifique o fabricante.

6.2.4 Análise das emissões gasosas

A amostragem da chaminé foi realizada de 02 a 05 de maio de 2005. Iniciou-se a medição com a queima dos blocos cerâmicos normalmente produzidos com as três argilas. Após, foi realizada a medição de emissões gasosas dos blocos com 10% de areia de fundição na massa cerâmica.

Existem no local cinco chaminés. Considerando que a primeira chaminé (localizada no início do forno) possui um exaustor em seu interior, e sendo que, em seu funcionamento normal o exaustor tipo axial, imprime linhas de fluxo ciclônicas e turbulentas, e que nestas condições não é possível realizar uma amostragem isocinética, os equipamentos de medição foram instalados na segunda chaminé. Nesta escolha foi considerada ainda, a presença de outro exaustor no final dos queimadores (dentro do forno), que empurra os gases para as primeiras chaminés. As válvulas do tipo guilhotina das demais chaminés permaneceram fechadas durante a realização dos testes.

Foram observados os seguintes métodos oficiais da EPA, da CETESB e da ABNT:

- Determinação de pontos de Amostragem em DCFE (Duto ou Chaminé de Fonte Estacionária) - CETESB- L9.221 e EPA – *Method 1* – ABNT- NBR 10701;
- Determinação da velocidade e da vazão dos gases em DCFE - CETESB- L9.222 e EPA – *Method 2* – ABNT- NBR 11966;
- Determinação da massa molecular seca do fluxo de gases em DCFE - CETESB- L9.223 e EPA – *Method 3* - ABNT- NBR 10702;
- Determinação da umidade dos efluentes em DCFE – CETESB – L9.224 e EPA *Method 4* - ABNT – NBR 11967;
- Determinação de NO_x em DCFE- CETESB – L9.229 e EPA – *Method 9*;
- Determinação de SO₂ e névoas de SO₃ e H₂SO₄ em DCFE- NBR 12021;
- Determination of metals emissions from stationary sources EPA- *Method 29*;
- Incineração de resíduos perigosos – Padrões de desempenho- NBR 11175.

Dados da chaminé

A determinação dos pontos de amostragem da chaminé foi realizada de acordo com a NBR 10701/89, considerando a seção do duto, conforme a Figura 24.

Dimensões do duto: 0,45 x 0,56 m

Diâmetro equivalente:
$$De = \frac{2 * (0,45 + 0,56)}{0,45 + 0,056} = 0,50m$$

Distância após o ponto de amostragem até o acidente mais próximo: aproximadamente 1 metro.

Distância antes do ponto de amostragem até o acidente mais próximo: 1,7 metros.

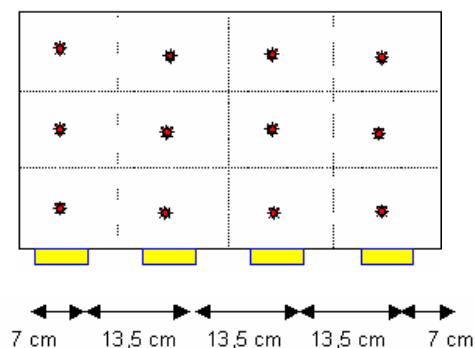


Figura 24: Esquema dos pontos de amostragem da chaminé. Seção retangular dividida em 12 áreas iguais, com pontos (*) onde foi realizada a coleta no centro de cada área. Furação da chaminé 4 Ø 100 mm.



Figura 25: Chaminé de amostragem para a coleta das amostras de emissões gasosas na Cerâmica Getuliense.

Análises de material particulado, teor de umidade, dióxido de enxofre, névoas de ácido sulfúrico e metais

O CIPA (Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos) foi utilizado na coleta isocinética das amostras (particulados, gases, vapores ou névoas) dos gases efluentes da

chaminé. O trem de amostragem (Figura 26) é composto de: caixa bomba, caixa de controle, subsistema amostra e subsistema sonda.

A caixa da bomba abriga a bomba de vácuo, que funciona sem afetar diretamente a caixa de controle. As duas são interconectadas pelas mangueiras de entrada e saída da bomba e o cabo de força.

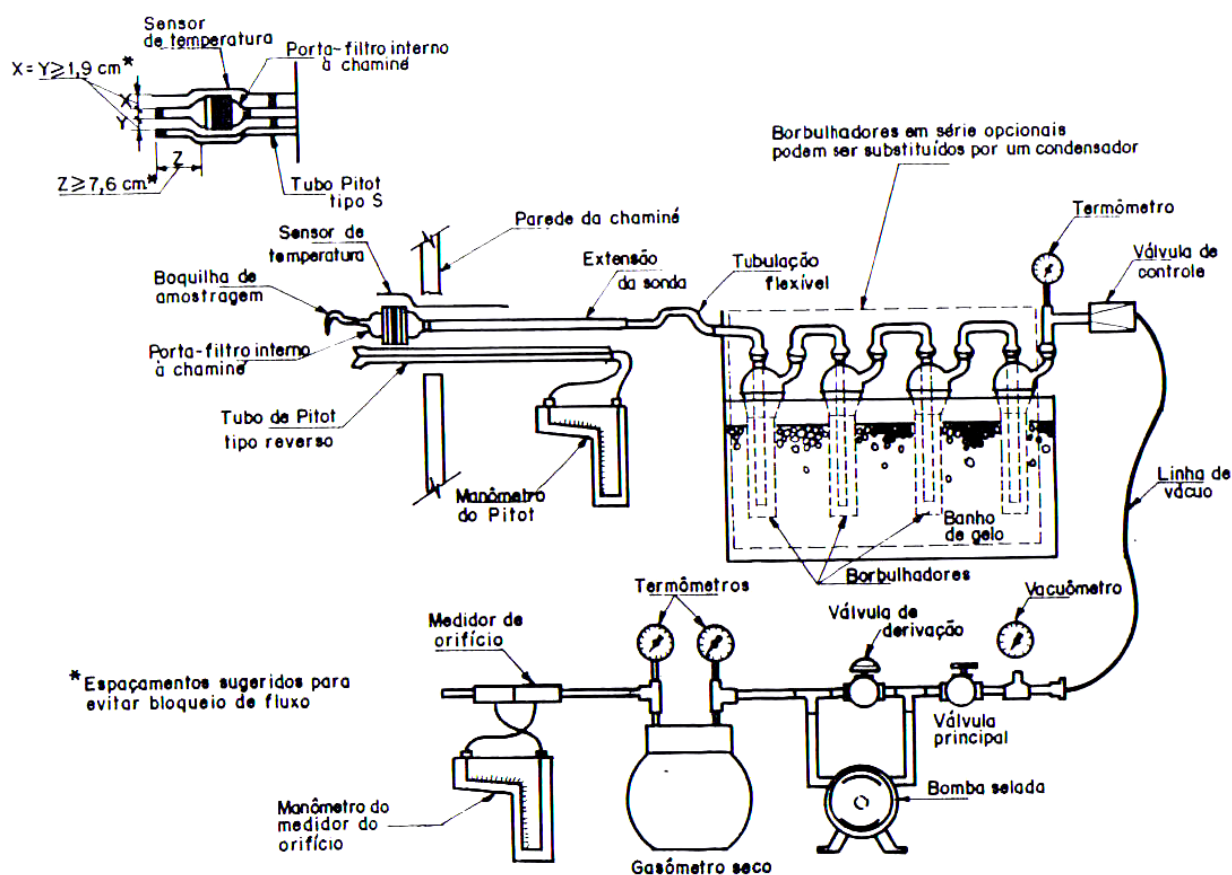


Figura 26: Croqui do trem de amostragem. Fonte ABNT, NBR 12827/1993.

A caixa de controle possui as funções de:

- receber energia e distribuí-la para a bomba, aquecimento da caixa quente e instrumentos energizáveis no painel.
- Ligar e controlar a bomba de vácuo, através de interruptor e válvulas de controle grosso e fino.
- Medir, através de gasômetro, a quantidade dos gases efluentes coletados.
- Medir através de manômetro duplo inclinado (ideal para medição de baixas velocidades), as pressões diferenciais no Pitot e no orifício calibrado, cujos

valores entram nos cálculos das velocidades dos gases na chaminé e no sistema, respectivamente.

- Indicar, através de um leitor digital de 6 canais, as temperaturas na chaminé, caixa quente, último *impinger* da caixa fria, entrada e saída do gasômetro e sonda.
- Regular mediante dois potenciômetros, os aquecimentos na sonda e na caixa quente.
- Medir, através de um horômetro, o tempo decorrido da amostragem.
- Indicar, através de um vacuômetro, a pressão na linha de vácuo do sistema.



Figura 27: Caixa de controle de amostragem isocinética de gases e material particulado composta de gabinete; medidor de temperatura; manômetro de 02 colunas, com parte inclinada, escala total de 0 a 25 mmH₂O; gasômetro com vazão máxima de 3 m³/h, leitura de 0 a 0,999 m³, leitura mínima de 0,21; vacuômetro; variador de potência; totalizador de tempo (horômetro); válvulas de controle de bomba; variador de potência; leitor de temperatura digital de 06 canais, calibrado para termopar de tipo K Chromel-Alumel.

O subsistema amostra contém o filtro e o conjunto de vidraria. As caixas são separadas, sendo acopladas mediante um sistema de encaixe. Ambas as caixas são de aço inox providas de isolamento térmica.

A caixa fria num banho de gelo, aloja os *impingers* (borbulhadores ou frascos lavadores) de 500 ml ligados em série com conexões de silicone, provido de termômetro na saída do último borbulhador. A função da caixa fria é:

- Manter os frascos lavadores em baixa temperatura (inferior a 20 °C).
- Receber os gases coletados que vem da caixa quente.

- Reter a umidade contida nos gases.
- Passar os gases (agora secos) para a unidade de controle através do cordão umbilical.



Figura 28: Caixa quente e caixa fria (borbulhadores em banho de gelo) e caixa bomba – parte da aparelhagem de amostragem isocinética de gases e material particulado.

A caixa quente tem as seguintes funções:

- Manter aquecido o porta-filtro.
- Receber os gases coletados através da sonda.
- Receber energia elétrica da caixa de controle, através do cordão umbilical e distribuí-la para seu aquecimento e para os aquecimentos da sonda e extensão flexível.

O conjunto subsistema sonda, de aço inox, compreende a sonda propriamente dita, o Pitot e o termopar. A sonda é aquecida por resistência elétrica para evitar a condensação dos gases. A temperatura é controlada através de termopar interno. O conjunto tem as seguintes funções:

- Coletar os gases dentro da chaminé.
- Manter a temperatura dos gases acima da temperatura de condensação do vapor d'água.
- Medir a velocidade dos gases da chaminé através da pressão diferencial do Pitot.

- Medir as temperaturas dentro da chaminé e da própria sonda, por meio de termopares do tipo K.

O subsistema cordão umbilical tem a função de ligar os subsistemas amostras/sonda ao controle. Enfeixa a mangueira principal dos gases, as duas mangueiras do Pitot, quatro cabos de extensão do termopar e um cabo de força.

Para amostrar introduz-se a sonda/Pitot no orifício da chaminé, liga-se a bomba de vácuo e ajusta-se a vazão de amostragem até obter-se condições isocinéticas em função da velocidade, pressão e temperatura na chaminé. Ajustando-se as válvulas de controle grosso e fino, a bomba de vácuo, assegura-se que a vazão seja mantida isocinética numa larga faixa de condições. A vazão correta de amostragem é determinada com as formulações pertinentes.

Em operação, o porta-filtro e a sonda devem ser aquecidos e mantidos a $120^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$. Dentro da caixa quente os gases são filtrados num filtro de fibra de vidro com eficiência maior que 99,95% para partículas de diâmetro de 0,3 micra.

Do filtro, os gases passam para o balde (caixa fria) com os *impingers*. Os dois primeiros *impingers* resfriam os gases e removem os condensáveis e material grosso solúvel em água. Os dois últimos *impingers* removem a água presente nos gases amostrados.

Em seguida, os gases passam, através do cordão umbilical, para a caixa de controle. Nesta, primeiramente, entram na bomba de vácuo e depois, seqüencialmente, no gasômetro e no orifício calibrado, sendo então descarregados para a atmosfera.

Na determinação de SO_2 , SO_3 e névoas de ácido sulfúrico, foram utilizados quatro borbulhadores, o primeiro borbulhador continha álcool isopropílico, o segundo e o terceiro borbulhadores com peróxido de hidrogênio 3% e sílica gel no quarto borbulhador. As medições tiveram duração de 5 minutos por ponto, totalizando 60 minutos por amostragem.

Na determinação de metais foram utilizados cinco borbulhadores, sendo o primeiro vazio, o segundo e o terceiro com 5% de HNO_3 e 10% de H_2O_2 , o quarto vazio, e o quinto com sílica gel. As medições tiveram duração de 10 minutos por ponto, totalizando 120 minutos por amostragem. As emissões coletadas na solução aquosa ácida de peróxido de hidrogênio, foram digeridas e uma fração apropriada analisada por espectropia de absorção atômica em forno de grafite para os metais Tl, Sb, As, Cd, Co, Pb e Se; os demais metais foram analisados por espectropia de absorção atômica. O MP, neste caso, foi coletado isocineticamente ponto a ponto através do filtro de fibra de vidro aquecido, e sua massa determinada gravimetricamente. Ao mesmo tempo, é determinado o volume do gás amostrado. A concentração de MP é obtida pela relação entre a massa e o volume do gás.

Após cada medição foram realizadas a recuperação das amostras e a preparação dos filtros e borbulhadores.

Análise da concentração de NO_x

Amostragem pontual e com duração aproximada de 3 minutos por amostragem. Foram realizadas 04 coletas em triplicata. O equipamento de amostragem (Figuras 29 e 30) consistiu de:

- Sonda de material compatível com a corrosividade e temperatura do meio, suficientemente aquecida para evitar a condensação de vapor d'água durante a amostragem.
- Balão de vidro borossilicato (frasco de coleta), de fundo redondo, com volume aproximadamente de 2 (dois) litros, com gargalo curto e abertura cônica 24/40 e protegido contra a quebra e implosão (figuras 29 e 30).
- Registro com orifício em T (válvula do balão) conectado a uma junção cônica 24/40.
- Tubulação capaz de suportar um vácuo de (75 mm Hg) de pressão absoluta (linha de vácuo).



Figura 29: Medição de NO_x.



Figura 30: Vista interna da caixa de medição de NO_x.

O equipamento coletou os óxidos de nitrogênio em frasco, contendo uma solução de absorção de ácido sulfúrico diluído e peróxido de hidrogênio. Os óxidos de nitrogênio, com exceção do óxido nitroso (N₂O), foram determinados por colorimetria, usando o método do ácido fenoldissulfônico.

Análise de CO₂, CO e O₂

Amostragem de ponto central único e instantânea com equipamento eletrônico tipo TEMPEST 50 (Figura 31). Colocou-se a sonda de amostragem do gás no canal de amostragem do aparelho (tubo de amostragem) e o plug do termopar do soquete da chaminé (temperatura da chaminé). Esperou-se 02 minutos para estabilizar e pressionando 02 vezes a tecla 9, obteve-se CO₂%, CO%, e O₂%. A leitura foi feita até a estabilização, sempre em triplicata. A amostragem é considerada representativa se os resultados obtidos em cada coleta não forem discrepantes entre si.



Figura 31: Aparelhagem para a determinação dos gases de combustão, da CONFOR modelo TEMPEST 50.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo apresenta os resultados obtidos na caracterização das matérias-primas e nos estudos em laboratório e industrial em relação às propriedades tecnológicas e ambientais das matérias-primas e materiais cerâmicos formulados.

7.1 Caracterização dos materiais

A Figura 32 apresenta fotografias das 3 argilas e da areia de fundição empregada na confecção dos blocos cerâmicos.



Figura 32. Fotografias das matérias-primas, secas e parcialmente desagregadas.

A Tabela 08 apresenta os resultados da distribuição granulométrica e a Figura 33 apresenta as respectivas curvas granulométricas.

Tabela 08: Distribuição granulométrica das matérias-primas (valores em μm).

Matérias-primas	D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀	D _{Médio}	Resíduo #325(%)
Argila 1	1,12	28,93	160,20	64,80	74,51
Argila 2	1,21	6,24	19,22	8,58	36,31
Argila 3	0,86	5,30	23,39	9,31	31,3
Areia verde <i>in natura</i>	4,84	180,33	394,95	184,81	-

Conforme esperado, a areia de fundição *in natura* apresentou uma granulometria maior que as argilas empregadas, dentro da fração areia ($60 \leq x < 600 \mu\text{m}$). A areia de fundição apresenta uma larga distribuição de tamanho de partícula compreendida na faixa de 0,07 até $700\mu\text{m}$. As argilas 2 e 3 apresentaram praticamente todo conteúdo dentro da fração silte ($2 \leq x < 60 \mu\text{m}$), enquanto que o D_{Médio} da argila 1 se enquadra na fração areia. O resíduo retido na # 325 confirma a elevada fração silicosa da argila 1.

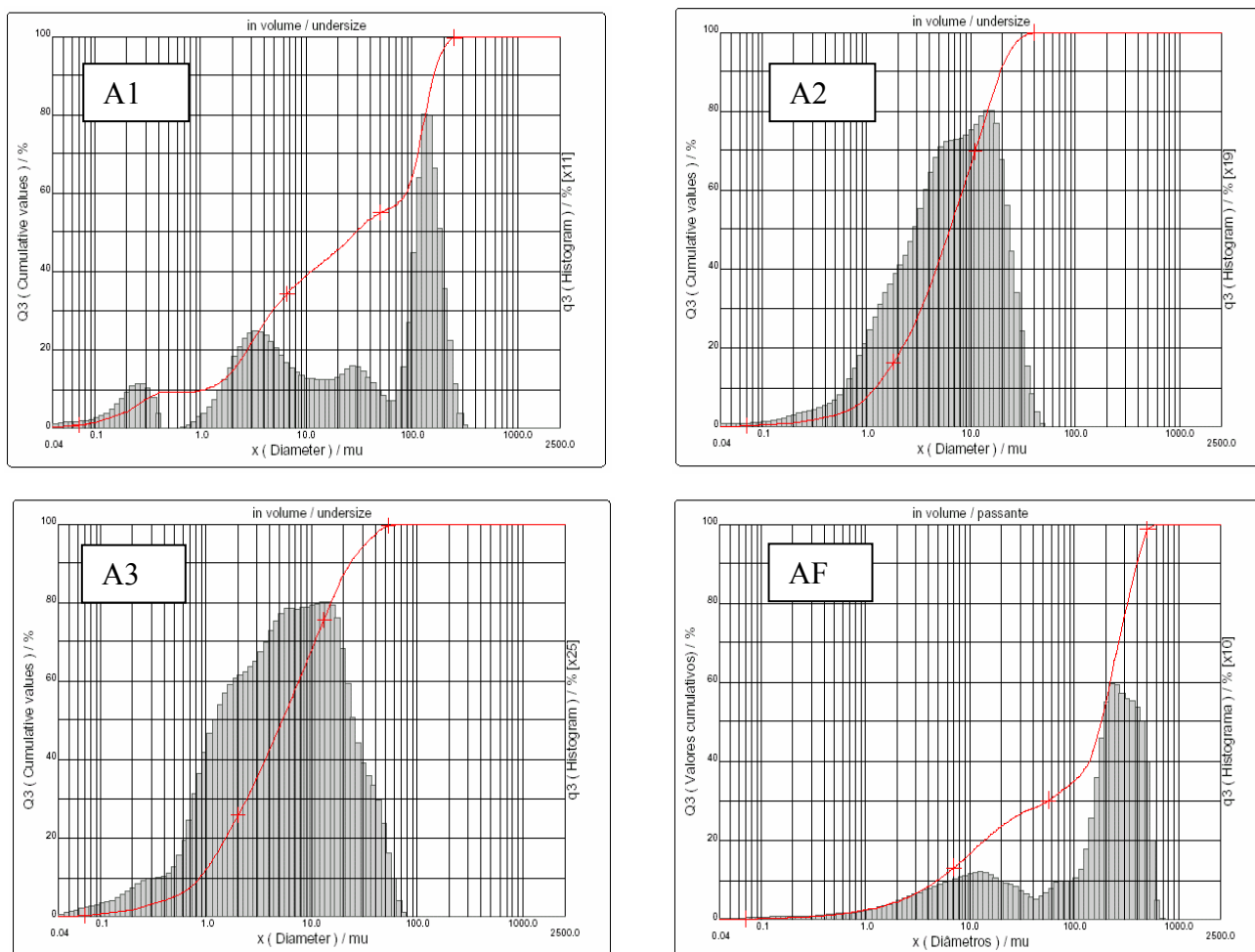


Figura 33: Análise granulométrica das argilas tradicionais e da areia de fundição.

Os resultados da análise termogravimétrica encontram-se na Figura 34. Pode-se observar que na areia de fundição ocorre uma perda de massa de cerca de 8% no intervalo de temperatura entre 400 e 600°C, através de reação exotérmica, provavelmente devido à queima de matéria orgânica (no caso Pó Cardiff e ligantes químicos) presente como aglomerante. No caso das argilas, a perda de massa foi de aproximadamente 6% para a amostra A1 e de 15% nas amostras A2 e A3. Nas três argilas, a perda de massa ocorre desde o início do processo de elevação de temperatura até 600°C, o que indica a maior complexidade química e mineralógica desses matérias-primas. As argilas apresentam um primeiro pico endotérmico que varia de 61,2 °C para a argila 1 até 117,4 °C para a argila 2. Este pico endotérmico está relacionado com a eliminação de água de umidade e adsorvida. Em seguida, as três argilas apresentam um segundo pico endotérmico, característico da faixa de temperatura, variando de 535,8 °C na argila1, 517,8 °C na argila 2 a 525,5 °C na argila 3; onde ocorre a eliminação das hidroxilas dos minerais argilosos. Por fim, as argilas apresentam um leve pico exotérmico nas temperaturas de 963 °C, 903,5 °C e 953 °C, respectivamente. Este pico é característico da formação de novas fases a partir da formação da metacaulinita bem como reações de desoxidilação de minerais carbonatados (Smith,1998).

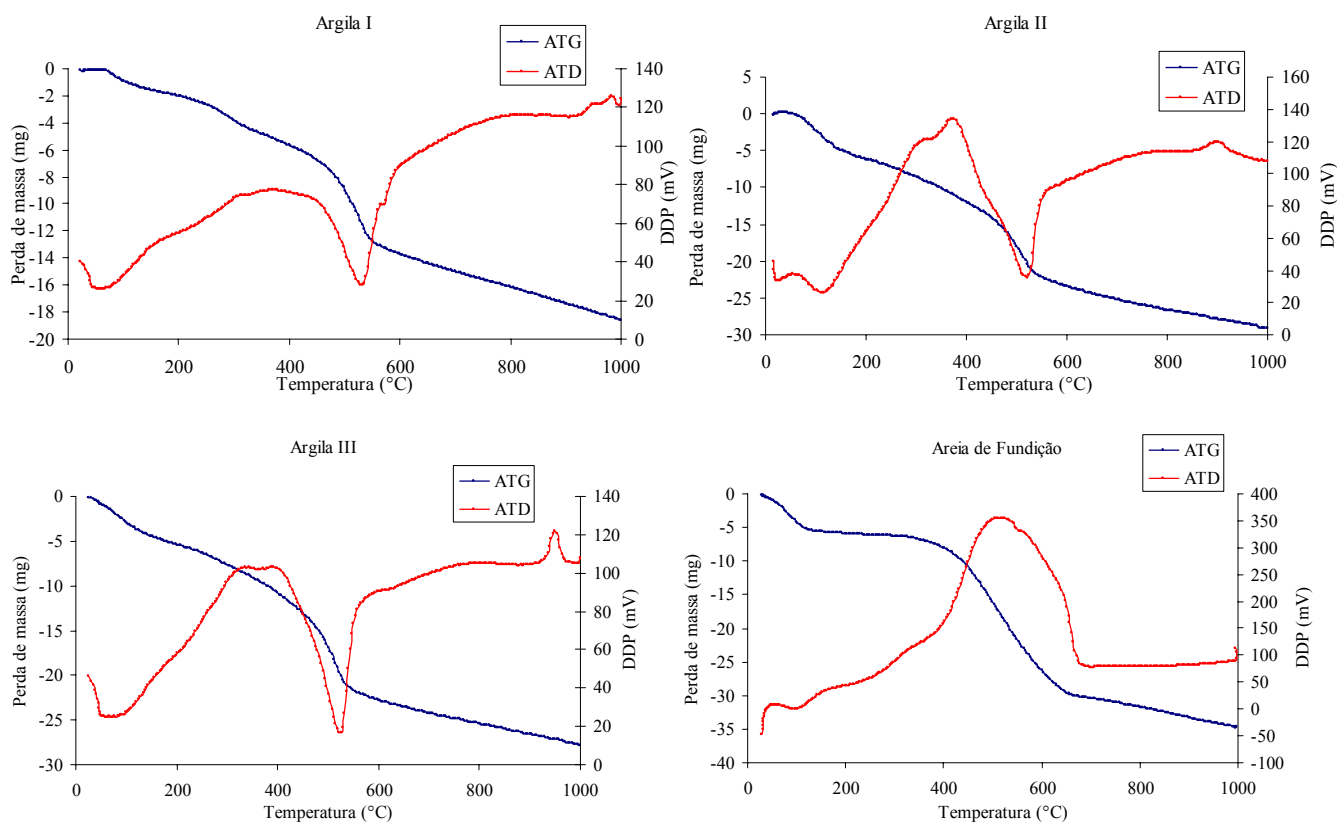


Figura 34: Curvas termogravimétricas das argilas tradicionais e da areia de fundição.

As Figuras 35 a 38 mostram os difratogramas de raios X das matérias-primas. Observa-se que as argilas apresentam uma composição mineralógica bem simples, sendo identificada apenas a presença de caulinita $[Al_2(Si_2O_5)(OH)_4]$ e quartzo (SiO_2). Na areia verde de fundição, o principal mineral encontrado foi o quartzo, observa-se também picos de difração da chaoita (C), carbono, cuja origem está no carvão vegetal, utilizado no preparo da mistura. Esse resultado é o esperado dentro da própria composição da areia de moldagem, apesar de que os picos da bentonita, um dos componentes do molde, não terem sido identificados no difratograma, talvez pela baixa quantidade existente, não foi detectada pelo equipamento.

A Tabela 09 apresenta os resultados obtidos pela análise química efetuada por fluorescência de raios X. De acordo com a Tabela 09 observa-se que os principais constituintes das matérias-primas são a sílica (SiO_2), o óxido de ferro (Fe_2O_3) e a alumina (Al_2O_3). A argila 1 apresentou um teor maior de sílica dentre as argilas avaliadas. Todas as matérias-primas apresentam um elevado percentual de óxido de ferro principalmente a argila 2, responsável pela cor avermelhada dos produtos após queima. Observa-se também, a maior quantidade de alumina presente na argila 3. Os teores de óxidos alcalinos (K_2O e Na_2O) e alcalinos terrosos (MgO e CaO) são baixos.

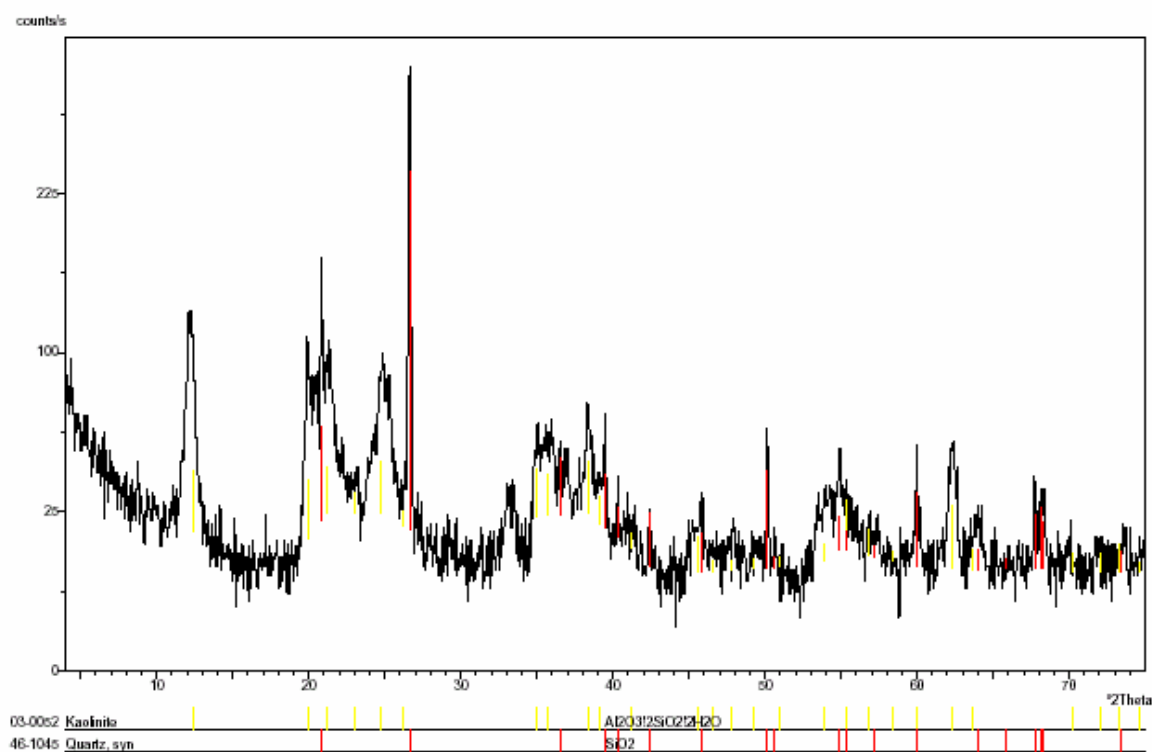


Figura 35: Difratograma da argila 1, método não-orientado.

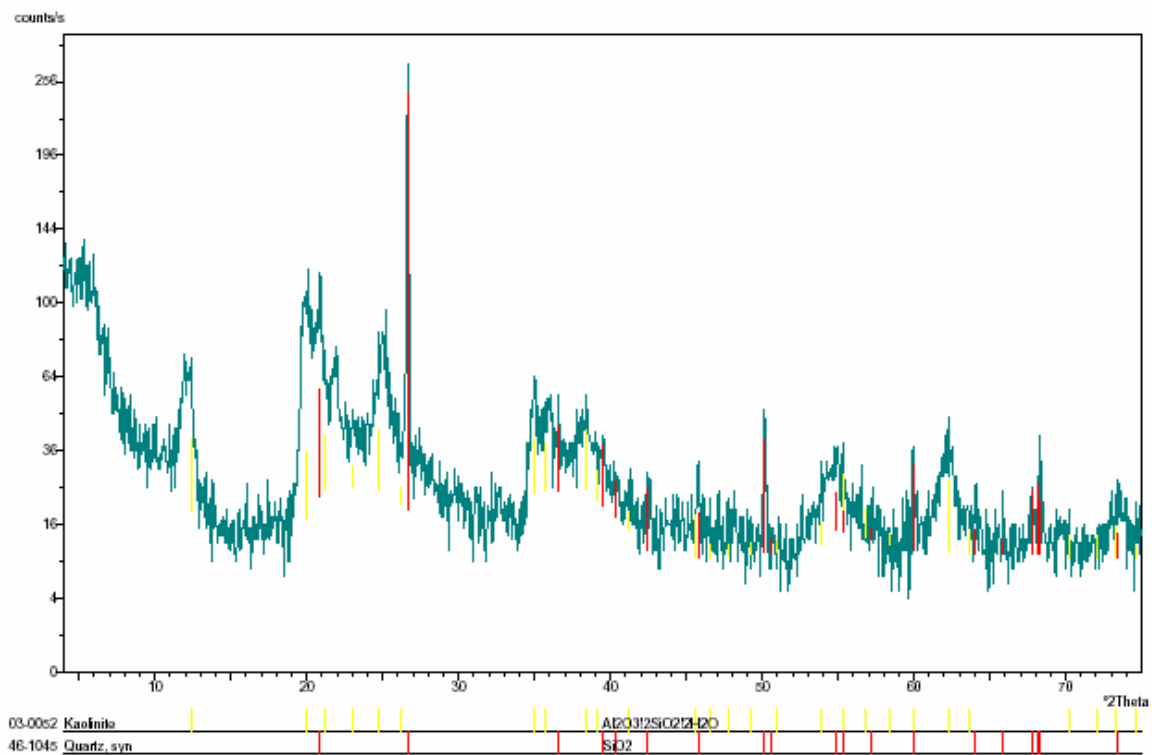


Figura 36: Difratoograma da argila 2, método não-orientado.

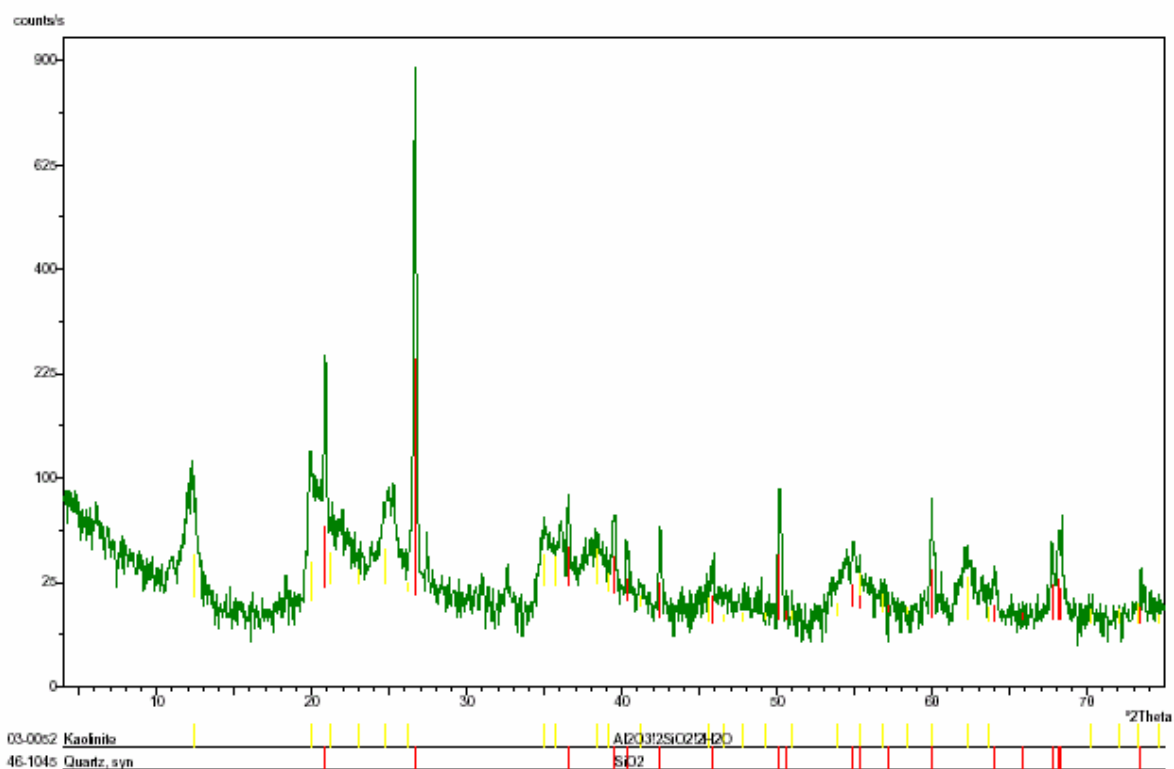


Figura 37: Difratoogramas das argilas 3, método não-orientado.

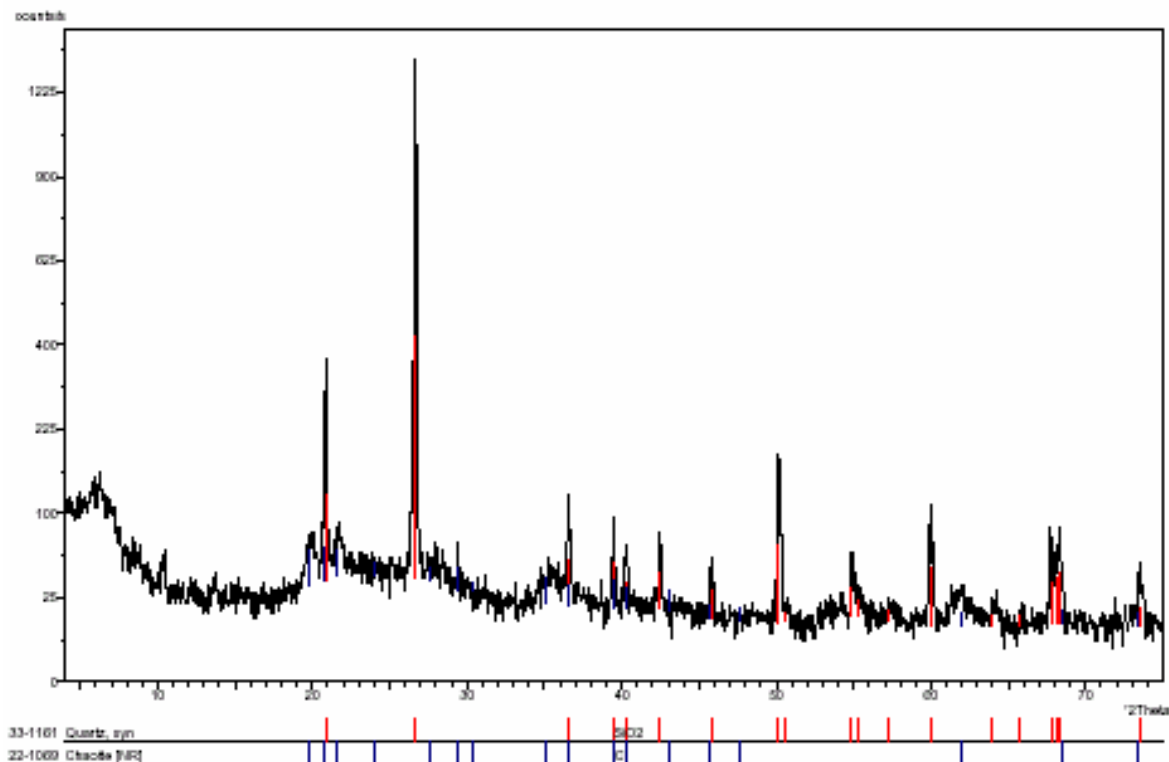


Figura 38: Difratoograma da areia de fundição, método não-orientado.

Tabela 09: Resultados da análise por fluorescência de raios X das matérias-primas empregadas nas formulações dos blocos cerâmicos.

Composição	Argila 1 (% em massa)	Argila 2 (% em massa)	Argila 3 (% em massa)	Areia Verde (% em massa)
Fe ₂ O ₃	16,76	53,30	18,32	23,24
SiO ₂	69,36	30,98	49,18	59,10
Al ₂ O ₃	9,24	9,56	17,13	6,81
TiO ₂	3,37	4,10	13,02	2,07
CaO	-	0,68	0,46	2,72
MnO	0,11	0,36	0,46	0,14
MgO	-	0,26	0,15	0,86
K ₂ O	0,48	0,24	0,73	1,27
P ₂ O ₅	0,19	0,13	0,18	0,19
CuO	0,05	0,13	0,19	0,07
ZnO	-	0,09	0,11	0,08
SO ₃	0,07	0,05	0,08	2,42
Cr ₂ O ₃	0,08	0,05	0,12	0,14
NiO ₂	-	0,05	-	-
NiO	-	-	0,06	0,07
Co ₂ O ₃	-	-	0,06	0,06
Cl	-	-	-	0,25
ZrO ₂	-	-	-	0,24
Na ₂ O	-	-	-	0,20
SrO	-	-	-	0,05

Através da análise química pode-se notar a similaridade entre os elementos das matérias-primas e do resíduo. Ênfase foi dada para a presença de metais pesados. A Tabela 10 apresenta a composição elementar em termos de massa bruta dos materiais.

Tabela 10: Análise química das matérias-primas utilizadas (valores médios de análises em triplicata).

Parâmetros	Argila 1 ⁽¹⁾	Argila 2 ⁽²⁾	Argila 3 ⁽³⁾	Areia Verde ⁽⁴⁾	Método
Alumínio(mg/kg)	5836,7	6492,5	1526,0	3023,3	EAA
Cádmio(mg/kg)	0,8	0,82	ND	ND	EAA
Chumbo(mg/kg)	29,2	25,9	13,1	ND	EAA
Cobre(mg/kg)	42,3	99,7	3,3	8,3	Espectrofotometria
Cromo VI(mg/kg)	0,02	0,05	0,05	0,03	EAA
Cromo total(mg/kg)	16,5	30,5	0,11	13,2	EAA
Fenol(mg/L)	-	-	-	26,3	Espectrofotometria
Ferro(mg/kg)	1416,3	1345,2	928,2	1360,9	EAA
Fósforo (mg/kg)	249,9	8,3	5,7	47,6	Espectrofotometria
Mercúrio(mg/kg)	ND	ND	ND	ND	EAA
Níquel(mg/kg)	9,8	11,7	6,3	12,2	EAA
Nitrogênio (mg/kg)	903	1024,6	1250,3	974,4	Kjeldahl
Zinco (mg/kg)	22,3	44,5	11,5	23,8	EAA

Nota: ND= não detectado.

Fonte: Laboratório de Análises Químicas e Toxicológicas Pró-Ambiente, Emitidos em 20/05/2004. (1) Laudo LQ-1856/04, (2) Laudo LQ-1857/04, (3) Laudo LQ-1858/04, (4) Laudo LQ-1859/04.

As Tabelas 11 e 12 apresentam os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização para a classificação da areia de fundição. Para uma melhor representatividade foram analisadas quatro amostras do resíduo em diferentes períodos de produção. Nos ensaios de lixiviação, não foram encontrados elementos perigosos. Nos ensaios de solubilização, foram encontrados valores acima dos limites estabelecidos no anexo G (ABNT, NBR 10004/2004) em relação ao alumínio, cloretos, cromo, fenol, ferro, manganês, sódio e surfactantes, dependendo da amostra. O ferro e o cromo são constituintes da liga metálica. O alumínio, ferro e manganês são encontrados na bentonita utilizada na moldagem. O fenol é oriundo da resina e catalisador empregados na confecção dos machos. Assim, a areia de fundição é classificada como Resíduo Não Perigoso - Classe II A – Não Inerte. As análises de massa bruta de fenol (Tabela 13) indicam também que a concentração desse poluente é baixa, de forma que esse parâmetro também não classifica o resíduo como Classe I – Perigoso (NBR 10004/1987).

Tabela 11: Resultados dos ensaios de lixiviação da areia verde de fundição.

Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Limite Max.
	(1)	(2)	(3)	(4)	NBR 10004
Arsênio (mg/L)	ND	ND	<1,5	<1,5	5,0
Bário (mg/L)	ND	0,051	<0,5	<0,5	100,0
Cádmio (mg/L)	ND	ND	<0,005	<0,005	0,5
Chumbo (mg/L)	ND	ND	<0,005	<0,005	5,0
Cromo (mg/L)	0,059	1,15	<0,003	<0,003	5,0
Fluoreto (mg/L)	0,428	ND	0,06	0,12	150,0
Mercúrio (mg/L)	ND	ND	<0,05	<0,05	0,1
Prata (mg/L)	ND	0,01	<0,0015	<0,0015	5,0
Selênio (mg/L)	ND	-	<2,0	<2,0	1,0

Tabela 12: Resultados dos ensaios de solubilização da areia verde de fundição.

Parâmetros	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Limite Max.
	(1)	(2)	(3)	(4)	NBR 10004
Alumínio (mg/L)	39,156	2,17	<0,2	<0,2	0,2
Arsênio (mg/L)	ND	ND	<0,0015	<0,0015	0,05
Bário (mg/L)	ND	ND	<0,5	<0,5	1,0
Cádmio (mg/L)	ND	ND	<0,005	<0,005	0,005
Cianeto (mg/L)	ND	ND	<0,0003	<0,0003	0,1
Cloreto (mg/L)	28,75	327,56	103	44,7	250,0
Cobre (mg/L)	0,031	0,004	0,174	<0,0015	1,0
Cromo Total (mg/L)	0,059	1,329	0,415	<0,003	0,05
Chumbo (mg/L)	0,025	ND	<0,005	<0,005	0,05
Dureza(mg/L CaCO ₃)	71,40	76,15	18	17	500,0
Fenol (mg/L)	0,63	0,318	0,035	<0,001	0,001
Ferro (mg/L)	5,406	1,233	79,03	1,32	0,3
Fluoreto (mg/L)	0,91	0,178	0,11	0,26	1,5
Manganês (mg/L)	0,011	0,012	0,179	0,025	0,1
Mercúrio (mg/L)	ND	ND	<0,0005	<0,0005	0,001
Nitratos (mg/L)	0,700	5,19	0,069	0,337	10,0
Sódio (mg/L)	77,584	123,5	216,3	80,55	200,0
Sulfato (mg/L)	21,90	5,23	<1,0	21	400,0
Surfactantes (mg/L)	0,052	0,604	<0,01	0,14	0,2
Zinco (mg/L)	0,031	0,069	0,44	0,048	5,0

ND =Não detectado.

(1) Laboratório de Análises Químicas e Toxicol. Pro-Ambiente, Emitido em 24/08/1998. Laudo LQ-3096/98.

(2) Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitido em 24/08/2000. Relatório LQ n°. 5898/00.

(3) Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitido em 22/10/2004. Relatório n°. 16439/40.04.

(4) Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitido em 22/10/2004. Relatório n°. 16440/40.04.

Tabela 13: Resultados das análises de fenol na massa bruta da areia verde de fundição.

Parâmetro	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
	(1)	(2)	(3)	(4)
Fenol(mg/kg)	0,49	< 0,1	4,2	< 0,001

- (1) CIENTEC- Fundação de Ciência e Tecnologia. Emitido em 30/01/2001. Relatório de ensaio n°. 2001/0109/001.
 (2) LACTEC- Centro Politécnico da UFPR. Emitido em 01/02/2001. Resultado do ensaio – UTQA 0421/200 – OS 0284.00/2001.
 (3) Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitido em 22/10/2004. Relatório n°. 16439/40.04.
 (4) Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitido em 22/10/2004. Relatório n°. 16440/40.04.

Ensaio em laboratório foram conduzidos para averiguar a dosagem ótima do resíduo que pode ser adicionado à massa cerâmica sem prejudicar substancialmente a propriedades mecânicas das peças produzidas. Adicionalmente, como a presença de cromo foi detectada, analisou-se as emissões gasosas perigosas durante o processo de queima e se esse elemento ficou imobilizado no material cerâmico.

7.2 Massa cerâmica produzida em laboratório

7.2.1 Aspectos tecnológicos

Em todas as formulações empregadas, os corpos-de-prova mostraram-se visualmente semelhantes, de coloração avermelhada e de boa qualidade, sem a presença de trincas e outras imperfeições visíveis a olho nu.

A Figura 39 apresenta a curva de gresificação dos corpos-de-prova em função da temperatura de queima formulados com a mistura das argilas e com a adição de 5, 10 e 20% de areia verde. Por esse gráfico, pode-se observar que, para todos os corpos-de-prova ensaiados, há um aumento na retração linear para todas as formulações com o aumento da temperatura de queima. Entretanto, não houve uma diferença significativa entre as diferentes formulações. Pode-se observar também que para todas as formulações os valores de absorção de água foram semelhantes. A adição de areia de fundição nas formulações trouxe como consequência um pequeno aumento da absorção de água dos corpos-de-prova. Isso se deve provavelmente a dois fatores. O primeiro é a maior granulometria da areia de fundição em comparação com as argilas utilizadas. A maior granulometria proporciona uma menor compactação da massa cerâmica durante a etapa de prensagem (devido a sua menor plasticidade em relação à da argila) e também uma menor sinterabilidade para a massa cerâmica, tendo em vista que a sinterização é um processo cuja força motriz é a redução da área superficial (Smith, 1998). O segundo fator é

presença do pó Cardiff no resíduo, que se volatiliza durante a queima, permitindo a formação de espaços internos.

A Figura 40 apresenta a variação da resistência mecânica à flexão dos corpos-de-prova em função da temperatura de queima. Foi verificado um decréscimo da resistência mecânica para as formulações com o resíduo, provavelmente devido a maior porosidade. A maior porosidade leva o corpo-de-prova à ruptura pela propagação de trincas como forma de alívio das tensões. Constatou-se que, nas formulações onde foi adicionado o resíduo, os melhores valores de resistência mecânica foram obtidos a 900°C com as dosagens de 5 e 10% de areia de fundição, sendo que a dosagem escolhida para os estudos de caracterização ambiental foi a de 10%.

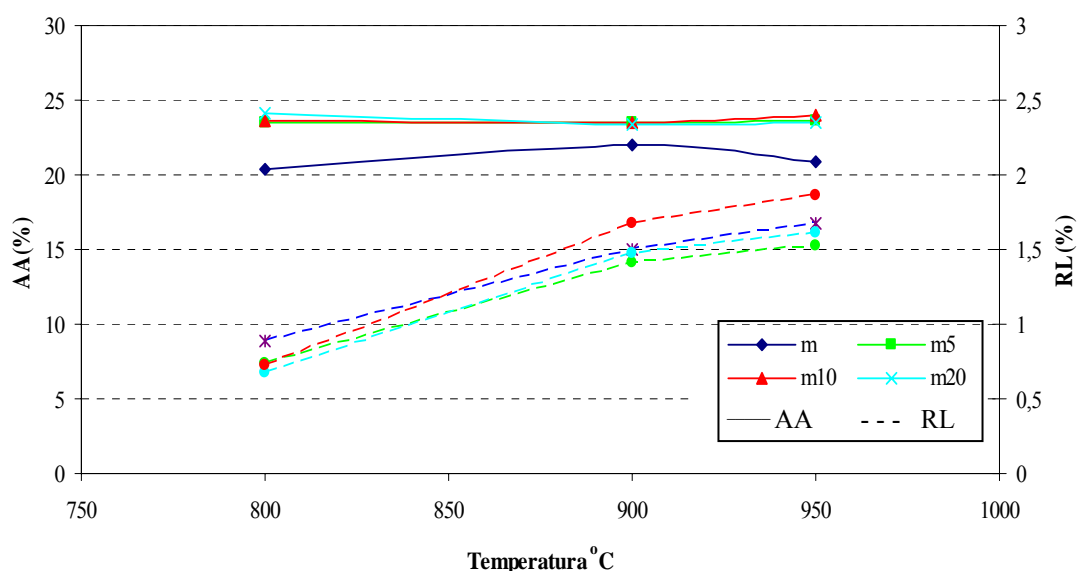


Figura 39 – Curva de gresificação dos corpos-de-prova cerâmicos formulados com argila (m) e argila com aditivção crescente de areia verde de fundição in natura: 5, 10 e 20% em peso.

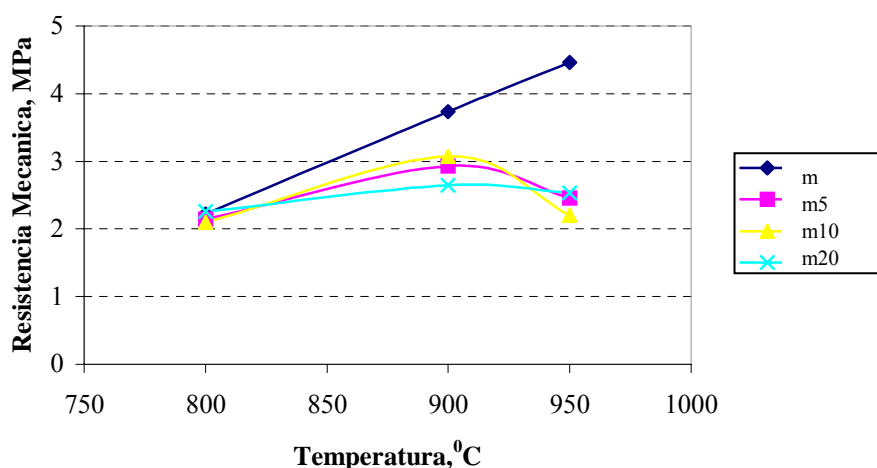


Figura 40: Resistência Mecânica dos corpos-de-prova em função da temperatura de queima.

7.2.2 Propriedades dos corpos-de-prova

O limite de plasticidade encontrado da massa cerâmica formulada somente com as argilas foi 36,8% e para a massa cerâmica com 10% de areia verde foi de 29,9%. A faixa recomendada para cerâmica vermelha é 18 – 30% (Oliveira *et al.*, 2004). Estes resultados indicam que na quantidade estudada a areia de fundição adequou a plasticidade excessiva da massa cerâmica. Um maior valor de limite de plasticidade indica a necessidade de uma maior quantidade de água para extrusão, conseqüentemente, a etapa de secagem pode ser mais problemática com aumento do risco de defeitos e tempo mais prolongado que aumenta o gasto energético e reduz a produtividade (Vieira *et al.*, 2003).

A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos pela análise química efetuada por fluorescência de raios-x para as amostras cerâmicas sem e com 10% de areia de fundição. Observa-se que ambas as massas cerâmicas formuladas apresentaram composição similar.

A caracterização química da massa cerâmica formulada sem e com areia de fundição apresenta-se na Tabela 15. No corpo-de-prova produzido com areia de fundição, foi encontrado cromo residual da areia. Os valores dos demais parâmetros são bastante similares, com exceção do elevado teor de alumínio e chumbo da massa cerâmica convencional. Pode-se observar que os teores de surfactantes e fenol ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado para análise.

As Tabelas 16 e 17 mostram os resultados dos ensaios de solubilização e lixiviação realizados com os corpos-de-prova cerâmicos formulados sem e com o resíduo de fundição. As amostras são classificadas como Não perigosas – Classe II A - Não Inertes, por excederem no solubilizado a concentração de alumínio e ferro. O alumínio e ferro encontrados fazem parte de constituintes mineralógicos das argilas que não conferem periculosidade as amostras.

Tabela 14: Composição química por fluorescência de raios X dos corpos-de-prova cerâmicos produzidos sem e com 10% de areia verde de fundição.

Composição	Massa Cerâmica M (% em massa)	Massa CerâmicaM10 (% em massa)
Fe ₂ O ₃	22,22	21,42
SiO ₂	51,77	54,81
Al ₂ O ₃	14,08	13,82
TiO ₂	9,02	7,42
CaO	0,56	0,60
MnO	0,22	0,20
MgO	0,25	0,26
K ₂ O	0,48	0,54
P ₂ O ₅	0,20	0,17
CuO	0,15	0,12

ZnO	0,09	0,08
SO ₃	-	-
Cr ₂ O ₃	0,13	0,11
NiO ₂	-	-
NiO	0,15	0,15
Co ₂ O ₃	0,07	-
Cl	-	-
ZrO ₂	0,35	0,28
Na ₂ O	0,25	-
SrO	-	-

Tabela 15: Análise química das amostras da massa cerâmica sem e com 10% de areia verde de fundição.

Parâmetro	Unidade	M ⁽¹⁾	M10 ⁽²⁾	L D	Método
Alumínio	mg/kg	4208,9	1294	0,2	EAA
Bário	mg/kg	<10	<10	0,5	EAA
Chumbo	mg/kg	112,5	8,36	0,005	EAA
Cloretos	mg/kg	Zero	Zero	Zero	Titulometria
Cobre	mg/kg	62,84	8,67	0,0015	EAA
Cromo	mg/kg	<0,1	59,15	0,1	EAA
Fenol	mg/kg	<.001	<.001	0,001	Colorimetria
Ferro	mg/kg	1981	1803,03	0,5	EAA
Fluoreto	mg/kg	0,26	0,22	Zero	EAA
Manganês	mg/kg	104,83	271,7	0,5	EAA
Nitratos	mg/kg	<0,04	<0,04	0,04	Colorimetria
Sódio	mg/kg	892,2	478,18	0,001	EAA
Sulfatos	mg/kg	<1,0	<1,0	1,0	Colorimetria
Surfactantes	mg/kg	<0,01	<0,01	0,01	Azul Metileno

Fonte: Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitidos em 01/09/2003. (1) Relatório no. 10124/29.03, (2) Relatório no. 10127/29.03.

Tabela 16: Resultados dos ensaios de lixiviação conforme a NBR 10005 (2004).

Parâmetro	Unidade	M ⁽¹⁾	M10 ⁽²⁾	Limite Máximo NBR 10004	L D	Método
Alumínio	mg/L	1,026	4,687	-	0,2	EAA
Bário	mg/L	<0,5	<0,5	100,0	0,5	EAA
Chumbo	mg/L	<1,0	<1,0	5,0	1,0	EAA
Cloretos	mg/L	Zero	Zero	-	Zero	Titulometria
Cobre	mg/kg	0,176	0,216	-	0,0015	EAA
Cromo	mg/kg	<0,1	<0,1	5,0	0,1	EAA
Fenol	mg/L	<0,001	<0,001	-	0,001	Colorimetria
Ferro	mg/kg	1,022	0,986	-	0,0005	EAA
Fluoreto	mg/kg	0,07	0,03	-	Zero	EAA
Manganês	mg/kg	0,55	0,623	-	0,5	EAA

Nitratos	mg/L	<0,04	<0,04	-	0.04	Colorimetria
Sódio	mg/kg	5,678	6,129	-	0.001	EAA
Sulfatos	mg/L	<1,0	<1,0	-	1.0	Colorimetria
Surfactantes	mg/L	<0,01	<0,01	-	0.01	AzulMetileno

Fonte: Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitidos em 01/09/2003. (1) Relatório no. 10123/29.03, (2) Relatório no. 10126/29.03.

Tabela 17: Resultados dos ensaios de solubilização conforme a NBR 10006 (2004).

Parâmetro	Unidade	M ⁽¹⁾	M10 ⁽²⁾	Limite Máximo NBR 10004	LD	Método
Alumínio	mg/L	0,621	1,163	0,2	0,2	EAA
Bário	mg/L	<0,5	<0,5	1,0	0,5	EAA
Chumbo	mg/L	<1,0	<1,0	0,05	1,0	EAA
Cloretos	mg/L	Zero	Zero	250,0	Zero	Titulometria
Cobre	mg/L	0,002	0,009	1,0	0,0015	EAA
Cromo	mg/L	<0,1	<0,1	0,05	0,1	EAA
Fenol	mg/L	<0,001	<0,001	0,001	0,001	Colorimetria
Ferro	mg/L	0,567	0,728	0,3	0,5	EAA
Fluoreto	mg/L	0,08	0,08	1,5	Zero	EAA
Manganês	mg/L	<0,5	<0,5	0,1	0,5	EAA
Nitratos	mg/L	<0,04	<0,04	10,0	0,04	Colorimetria
Sódio	mg/L	4,07	4,713	200,0	0,001	EAA
Sulfatos	mg/L	<1,0	<1,0	400,0	1,0	Colorimetria
Surfactantes	mg/L	<0,01	<0,01	0,2	0,01	Azul Metileno

Fonte: Laboratório ECONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitidos em 01/09/2003. (1) Relatório no. 10122/29.03, (2) Relatório no. 10125/29.03.

7.2.3 Análise dos gases

No extrato de lavagem dos gases das emissões gasosas, durante a simulação do processo de queima, apesar de apresentar alguns ânions como fluoretos, cloretos e nitratos, não foi observada a presença de poluentes em concentrações elevadas (Tabela 18). Entretanto, alguns compostos que apresentam baixa solubilidade em água, podem ter escapado para a atmosfera.

Tabela 18: Análise química dos extratos da lavagem dos gases das amostras da massa cerâmica sem e com 10% de areia verde de fundição.

Parâmetro	Unid.	Resultados				L D	Método
		MA ⁽¹⁾	MB ⁽²⁾	M10A ⁽³⁾	M10B ⁽⁴⁾		
Alumínio	mg/L	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	0,2	EAA
Bário	mg/L	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	0,5	EAA
Chumbo	mg/L	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	0,005	EAA
Cloretos	mg/L	4,64	zero	13,25	4,64	Zero	Titulometria
Cobre	mg/L	0,012	0,0015	0,015	0,018	0,0015	EAA
Cromo	mg/L	<0,003	0,003	<0,003	<0,003	0,003	EAA
Fenol	mg/L	<0,001	0,001	<0,001	0,0077	0,001	Colorimetria
Ferro	mg/L	<0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0005	EAA
Fluoreto	mg/L	0,53	zero	6,46	1,32	Zero	EAA
Manganês	mg/L	<0,0015	0,0015	<0,0015	<0,0015	0,0015	EAA
Nitratos	mg/L	<0,04	0,04	0,134	<0,04	0,04	Colorimetria
Sódio	mg/L	0,067	0,001	0,114	0,133	0,001	EAA
Sulfatos	mg/L	<1,0	1,0	14,6	3,0	1,0	Colorimetria
Surfactante	mg/L	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	Azul Metileno

Fonte: Laboratório ECONCONSULTING – Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. Emitidos em 01/09/2003.

(1) Relatório no. 10130/29.03, (2) Relatório no. 10131//29.03, (3) Relatório no. 10128/29.03, (4) Relatório no. 10129/29.03.

7.3 Resultados da indústria

A Figura 41 mostra os blocos cerâmicos produzidos industrialmente.

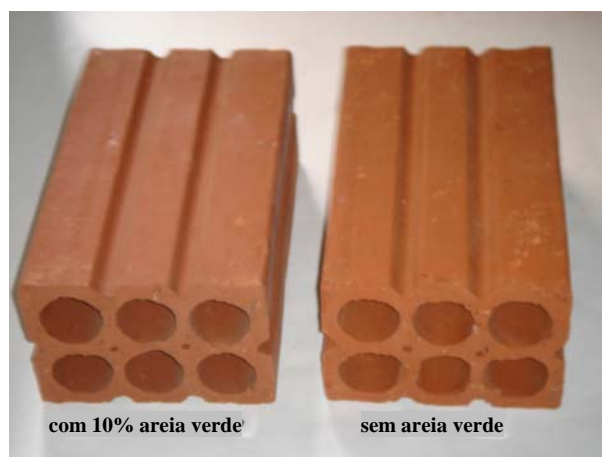


Figura 41: Blocos cerâmicos produzidos na indústria sem e com 10% de areia de fundição.

Pode-se observar que, da mesma forma que os corpos-de-prova cerâmicos produzidos em laboratório, visualmente, os blocos cerâmicos apresentaram boa qualidade, mesma coloração e textura.

Resultado da amostragem da areia verde de fundição

Para acompanhamento da estabilidade química foi realizada a análise característica da areia de fundição, utilizada nos testes industriais na confecção dos blocos cerâmicos (Tabela 19).

Tabela 19: Análise química da areia verde.

Poluente	Valor encontrado	Método
	(mg/kg)	
Alumínio	14800	Plasma
Arsênio	4,632	AAS - GF
Bário	225	Plasma
Cádmio	7,71	Plasma
Chumbo	5,053	AAS - GF
Cloretos	82,1	Argentimétrico
Cobre	14,2	Plasma
Cromo	22,8	Plasma
Fenóis	0,9538	Colorimétrico
Ferro	98,6	Plasma
Fluoretos	0,0246%	Eletr. íon espec.
Manganês	45,5	Plasma
Mercúrio	0,01918	AAS – VF
Sódio	3350	Plasma
Sulfato	0,58%	Gravimétrico
Zinco	37,0	Plasma

Fonte: Laboratório Isatec-Ipiranga, Relatório nº 107.278/2005.

7.3.1 Ensaios de lixiviação e solubilização dos blocos cerâmicos

Os riscos da utilização e descarte dos corpos cerâmicos contendo resíduo de fundição foram avaliados através dos resultados dos ensaios de Lixiviação e Solubilização dos blocos cerâmicos produzidos. Os poluentes solubilizados Manganês e Alumínio estão presentes na própria composição da massa argilosa. O cromo encontrado no solubilizado dos blocos cerâmicos com areia de fundição provém da liga metálica, mas a sua presença também foi detectada na composição química da argila 3. Os dois tipos de blocos cerâmicos analisados não lixiviam constituintes perigosos para o meio ambiente. De acordo com as Tabelas 20 e 21, os blocos cerâmicos produzidos com e sem areia de fundição podem ser classificados como Não Perigoso Classe II A - Não Inerte.

Tabela 20: Resultados dos ensaios de lixiviação dos blocos cerâmicos produzidos sem e com 10% de areia verde de fundição.

Poluente	Bloco cerâmico Normal (mg/L)	Bloco cerâmico c/ areia (mg/L)	NBR 10004 Limite máximo (mg/L)	Método
Arsênio	ND	0,0013	1,0	AAS – GF

Bário	0,107	0,071	70,0	Plasma
Cádmio	ND	ND	0,5	Plasma
Chumbo	ND	ND	1,0	Plasma
Cromo	0,01	0,01	5,0	Plasma
Fluoretos	0,138	ND	150	Isatec4500F,C
Mercúrio	0,000144	0,000148	0,1	AAS – VF
Prata	ND	ND	5,0	Plasma

Fonte: Laboratório Isatec-Ipiranga, Relatório nº 107.278/2005.

Nota: ND: Valor menor que o limite de detecção do método.

Tabela 21: Resultados dos ensaios de solubilização dos blocos cerâmicos produzidos sem e com 10% de areia verde de fundição.

Poluente	Bloco cerâmico normal (mg/L)	Bloco cerâmico com areia (mg/L)	NBR 10004 Anexo G	
			Limite máximo solubilizado (mg/L)	Método
Alumínio	0,072	0,827	0,2	Plasma
Arsênio	0,002	0,0012	0,01	AAS – GF
Bário	0,102	0,0125	0,7	Plasma
Cádmio	ND	ND	0,005	Plasma
Chumbo	ND	ND	0,01	AAS – GF
Cianetos	0,014	0,002	0,07	Cianeto
Cloretos	20,6	10,1	250	Argentimétrico
Cobre	ND	0,117	2,0	Plasma
Cromo	ND	0,100	0,05	Plasma
Fenóis	ND	ND	0,01	Colorimétrico
Ferro	0,112	0,239	0,3	Plasma
Fluoretos	0,0771	0,118	1,5	-
Manganês	1,49	2,26	0,1	Plasma
Nitratos	2,6	0,1	10,0	Titulométrico
Sódio	1,45	2,57	200,0	Plasma
Zinco	ND	0,271	5,0	Plasma
Sulfato	0,132	0,105	250,0	Gravimétrico
Surfactantes	0,09	0,011	0,5	Colorimétrico

Fonte: Laboratório Isatec-Ipiranga, Relatório nº 107.278/2005.

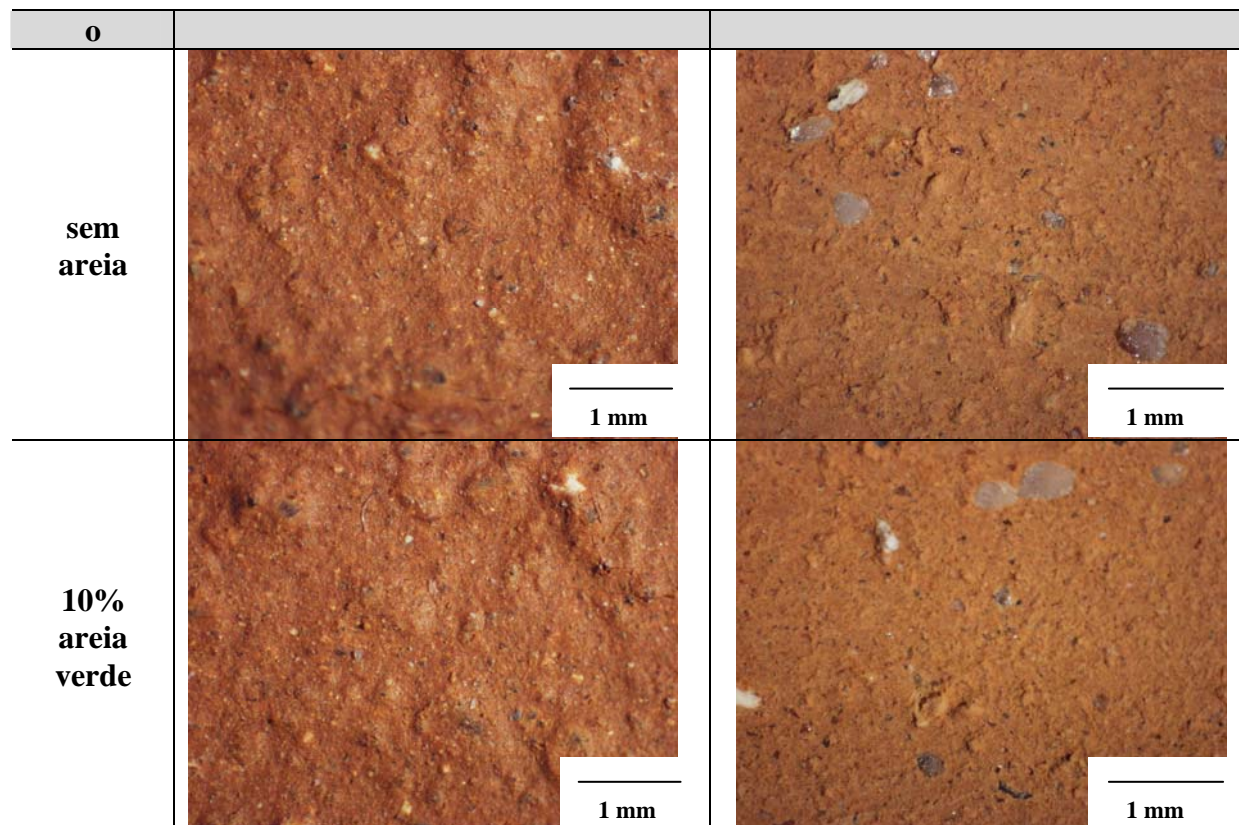
Nota: ND Valor menor que o imite de detecção do método.

7.3.2 Aspectos tecnológicos

A Tabela 22 apresenta as micrografias por microscopia óptica dos blocos cerâmicos formulados sem e com 10% de areia verde. Não foram constatadas diferenças entre as massas cerâmicas analisadas.

Tabela 22: Micrografia por microscopia óptica de blocos cerâmicos formulados sem e com 10% de areia verde de fundição (aumento: 40x).

Bloco Cerâmico	superfície natural	superfície lixada
----------------	--------------------	-------------------



Para verificação da igualdade entre as médias dos valores de absorção de água e resistência mecânica foi realizado o Teste-t de Student (Tabela 23). Segundo a análise estatística, com uma confiança de 95%, pode-se afirmar que as médias dos valores de resistência mecânica e absorção de água são iguais.

Os dois lotes de blocos cerâmicos produzidos podem ser considerados visualmente iguais e de boa qualidade. Os blocos apresentavam-se vazados por seis furos de seção aproximadamente retangular. Os resultados dos ensaios de absorção de água e resistência à compressão, conforme os laudos do CIENTEC n^os. 15839/48593 (blocos cerâmicos normais) e 15839/48660 (blocos cerâmicos com 10% de areia de fundição) podem ser observados nas Figuras 42 e 43. Os valores individuais dos resultados de resistência à compressão mostram que os blocos cerâmicos produzidos com 10% de areia de fundição apresentaram os maiores valores máximo e mínimo, indicando que uma melhor homogeneização da massa cerâmica poderá conduzir a um ganho de resistência mecânica significativo. Segundo os aspectos de absorção de água e resistência mecânica os dois lotes amostrados podem ser considerados *conforme* segundo as normas.

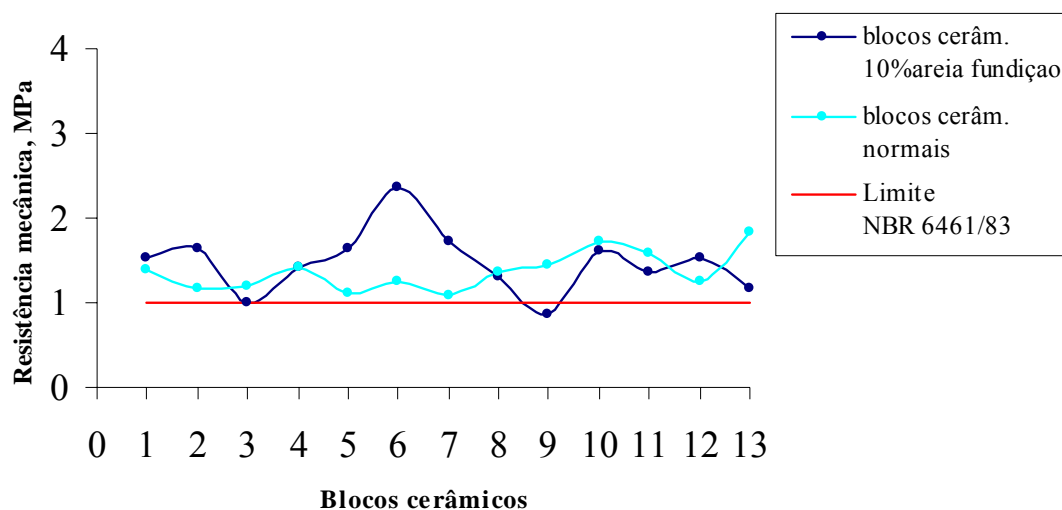


Figura 42: Valores de Resistência mecânica (MPa) dos blocos cerâmicos.

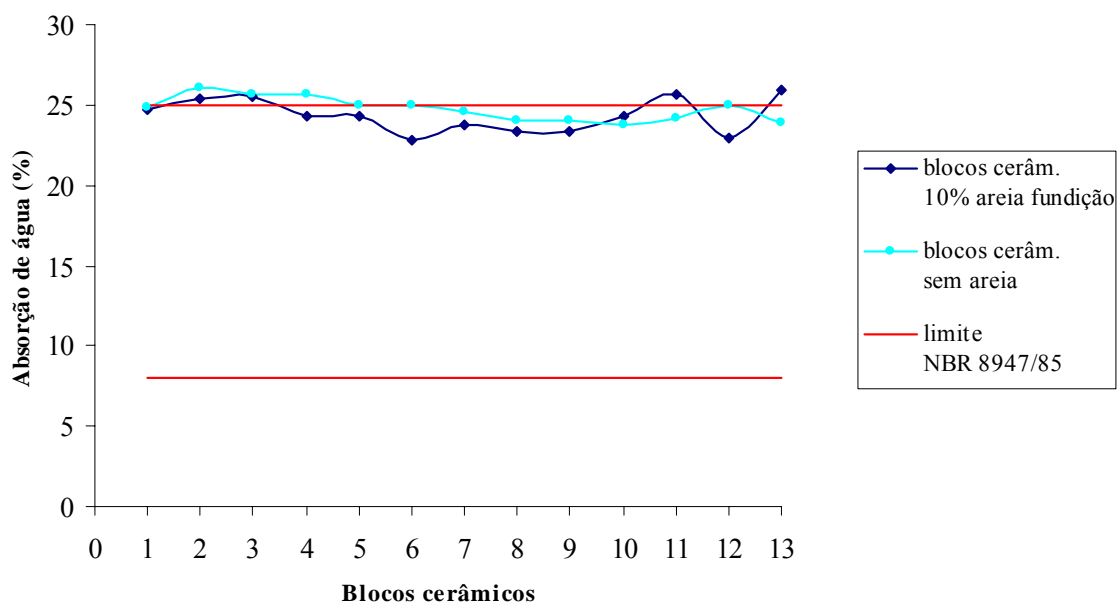


Figura 43: Valores de Absorção de água (%) dos blocos cerâmicos.

Tabela 23: Resultados teste-t de student.

Blocos cerâmicos	Absorção de água (%)	Resistência mecânica (MPa)

sem areia (média)	24,74	1,37
10% areia verde (média)	24,34	1,47
teste-t	1,25	0,734
t crítico	1,782	1,782
significância	0,05	0,05
resultados	não significativo	não significativo

Os resultados da análise da qualidade dos blocos cerâmicos produzidos com e sem areia de fundição encontram-se nas Tabelas 24 e 25. Com relação às características dimensionais e espessura das paredes externas ambos os lotes analisados foram aceitos sem restrições. Com relação à planeza das faces ou flecha (F), o lote dos blocos cerâmicos com areia foi 100% aceito, enquanto o lote com areia apresentou duas amostras rejeitadas, segundo a NBR 7171 com duas amostras rejeitadas o lote é aceito. Em relação ao desvio quanto ao esquadro (D) os blocos cerâmicos com e sem areia apresentaram 3 e 4 amostras rejeitadas respectivamente. Segundo a NBR 7171 havendo 3 ou 4 unidades defeituosas devem ser investigados mais 13 elementos em uma segunda medição. Se a quantidade encontrada de produtos defeituosos, somadas as já classificadas 3 ou 4 defeituosas, for, no máximo 6, o lote é aceito e se for maior que 6 o lote é rejeitado. Portanto, o lote de blocos cerâmicos sem areia foi rejeitado devido a não conformidades de desvio em relação ao esquadro, indicando que as paredes construídas com esses tijolos poderá ter problemas de esquadro e espessura excessiva de revestimento. O lote de blocos cerâmicos com 10% de areia de fundição foi considerado *conforme*, em todas as características analisadas, enquanto os blocos cerâmicos sem areia apresentaram restrições em relação ao desvio quanto ao esquadro, ratificando que a adição de areia de fundição melhorou a plasticidade da massa.

Tabela 24: Medições das características geométricas.

Bloco Cerâmico SEM	Dimensões nominais (mm)	D (desvio em	D2 (2ª. med. desvio	F (flexa)	E (espessura paredes
---------------------------	--------------------------------	---------------------	----------------------------	------------------	-----------------------------

	H (altura)	C (comprimento)	L (largura)				
1	132	249	89	OK	Rejeitado	OK	8 a 10
2	133	249	89	Rejeitado	OK	Rejeitado	10 a 12
3	132	246	90	OK	Rejeitado	Rejeitado	9 a 11
4	131	243	90	OK	OK	OK	9 a 12
5	132	244	89	OK	OK	OK	9 a 11
6	131	243	89	Rejeitado	Rejeitado	OK	9 a 11
7	133	244	89	OK	Rejeitado	OK	9 a 12
8	134	246	90	OK	OK	OK	9 a 11
9	134	245	89	OK	OK	OK	9 a 11
10	134	243	90	Rejeitado	OK	OK	9 a 11
11	134	243	89	Rejeitado	OK	OK	9 a 11
12	134	244	89	OK	OK	OK	9 a 11
13	134	244	89	OK	OK	OK	9 a 11
Bloco Cerâmico COM AREIA	Dimensões nominais (mm)			D (desvio em relação ao esquadro	D2 (2ª. med. desvio em relação esquadro	F (flexa)	E (espessura paredes externas)
	H (altura)	C (comprimento)	L (largura)				
1	131	245	89	OK	OK	OK	9 a 11
2	134	243	89	OK	OK	OK	9 a 11
3	134	243	89	OK	OK	OK	9 a 10
4	133	244	89	OK	OK	OK	9 a 11
5	133	246	90	OK	Rejeitado	OK	9 a 11
6	133	252	89	OK	OK	OK	9 a 12
7	132	243	89	OK	OK	OK	9 a 11
8	133	243	90	OK	Rejeitado	OK	9 a 11
9	132	244	89	Rejeitado	OK	OK	9 a 10
10	133	244	90	OK	Rejeitado	OK	9 a 11
11	132	245	89	Rejeitado	OK	OK	9 a 11
12	134	247	89	Rejeitado	OK	OK	9 a 10
13	132	245	89	OK	OK	OK	9 a 12

Tabela 25: Resultados da análise da qualidade.

Blocos Cerâmicos	Absorção de Água	Resistência Compressão	Desvio Esquadro	Planeza Faces	Espessura a Paredes	Verificação Marcações	Dimensional	Conclusões
SEM AREIA	Conforme	Conforme	Não Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Não Conforme
COM AREIA FUNDIÇÃO	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme

7.3.3 Resultados de emissões gasosas

Uma preocupação com relação à emissão de gases é a possibilidade de formação de chuva ácida, que decorre da interação de óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x) com vapor de água e luz solar, para formação de H₂SO₄ e HNO₃ (Oliveira, 2003). O monóxido de carbono (CO) causa poluição no ar com efeitos adversos ao meio ambiente. Outra preocupação é com relação a emissão de CO₂, o aumento de sua concentração na atmosfera é altamente prejudicial, pois contribui com o efeito estufa.

Com relação as amostragens das emissões gasosas analisadas, pode-se concluir que não existiram diferenças significativas entre as emissões resultantes da queima dos blocos cerâmicos com e sem areia de fundição conforme demonstram as Tabelas 26 e 27. Os valores emissões mais elevados encontrados estão relacionados à emissões de CO. Estes valores de CO indicam uma pequena deficiência na combustão completa do combustível (serragem). Os valores altos de Oxigênio 16 a 18%, indicam que não houve falta de Oxigênio. Esta queima incompleta deve ser inerente ao sistema de queima utilizado. Em sistemas de queima de biomassa é usual valores mais elevados de CO, em relação a queima de óleo combustível, por exemplo.

Desta forma, com relação as emissões gasosas, a utilização de 10% do resíduo de fundição - areia verde, não provoca dano ambiental durante a etapa de fabricação dos blocos cerâmicos.

Tabela 26: Dados da amostragem e análise química da água de lavagem dos gases provenientes da queima de blocos cerâmicos sem e com 10% de areia verde de fundição: concentração e taxa de emissão de metais (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, Tl, Zn) e de Material Particulado.

		Valores médios SEM areia	Valores médios COM areia	Método
Tempo total amostragem	min	360	360	
Teor de oxigênio(O ₂) no efluente	%v/v	16,8	16,9	
Teor de monóxido de carbono(CO) no efluente	ppm	336	180	
Teor de dióxido de carbono(CO ₂) no efluente	%v/v	3,5	3,5	
Temperatura da chaminé	°C	103,8	97,0	
⁽¹⁾ Pressão estática na chaminé (leitura no instrumento)	mmH ₂ O	-	-	
⁽¹⁾ Pressão total na chaminé (leitura no instrumento)	mmH ₂ O	-	-	
Pressão na chaminé	“Hg	28,43	28,2	
Pressão no medidor de gás	“Hg	28,57	28,33	
Volume água nas condições de chaminé	ft ³	19,43	18,13	
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	113,86	111,72	
Proporção vol. vapor'água nos gases chaminé		0,146	0,140	
Peso molecular base úmida		27,59826	27,664	
Velocidade na chaminé	ft/min	255,0226	253,442	
Velocidade na chaminé	ft/min	<255,83	<253,44	
Velocidade na chaminé	m/s	<1,31	<1,28	
Isocinetismo	%	106,45	104,34	
Área chaminé	m ²	0,252	0,2520	
Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ /h	<1175	<1168	
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ /h	<691	<699	
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	2,204	2,201	
Concentração de Material Particulado no efluente	mg/Nm ³	6,5	10,3	
Taxa de emissão de Material Particulado	Kg/h	<0,0045	<0,007	
Concentração Zinco no efluente	mg/Nm ³	0,2438	0,1303	ICAP
Concentração Chumbo no efluente	mg/Nm ³	0,0319	0,0336	ICAP
Concentração Tálcio no efluente	mg/Nm ³	0,0002	0,0004	ICAP
Concentração Cádmiio no efluente	mg/Nm ³	0,0003	0,0002	ICAP
Concentração Ferro no efluente	mg/Nm ³	0,6528	0,9332	ICAP
Concentração Arsênio no efluente	mg/Nm ³	0,0106	0,0130	GFAAS
Concentração Cobalto no efluente	mg/Nm ³	0,052	0,0012	ICAP
Concentração Cobre no efluente	mg/Nm ³	0,0281	0,0156	ICAP
Concentração Cromo no efluente	mg/Nm ³	ND	ND	ICAP
Concentração Níquel no efluente	mg/Nm ³	0,0065	0,0019	ICAP
Concentração Manganês no efluente	mg/Nm ³	0,0412	0,0443	ICAP
Concentração Estanho no efluente	mg/Nm ³	0,1158	0,0368	ICAP
Concentração Metais	mg/Nm ³	1,1365	1,2106	

Fonte: Laboratório Isatec Ipiranga. Relatório de Ensaio no. 104.894/2005.

OBS.: ⁽¹⁾ A pressão estática e pressão total é menor que a sensibilidade do instrumento, isto é <0.1 mmH₂O.

⁽²⁾ A velocidade, vazão e Taxa de emissão é menor que a calculada, devido ao item⁽¹⁾.

ND= menor que o limite de detecção do método.

Tabela 27: Dados da amostragem e análise química da água de lavagem dos gases provenientes da queima de blocos cerâmicos sem e com 10% de areia verde de fundição: concentração e taxa de emissão de NO_x, SO₂, Névoas de SO₃ e H₂SO₄ e de material particulado.

		Valores médios SEM areia	Valores médios COM areia	Método
Tempo total amostragem	min	180	180	
Teor de oxigênio(O ₂) no efluente	%v/v	16,8	17,0	
Teor de monóxido de carbono(CO) no efluente	ppm	337,6	203,9	
Teor de dióxido de carbono(CO ₂) no efluente	%v/v	3,6	3,4	
Temperatura da chaminé	°C	100,7	100,0	
⁽¹⁾ Pressão estática na chaminé(leitura no	mmH ₂ O	-	-	
⁽¹⁾ Pressão total na chaminé(leitura no instrumento)	mmH ₂ O	-	-	
Pressão na chaminé	“Hg	28,08	28,08	
Pressão no medidor de gás	“Hg	28,21	28,21	
Volume água nas condições de chaminé	ft ³	8,371	5,378	
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	56,065	55,797	
Proporção vol. vapor'água nos gases chaminé		0,130	0,088	
Peso molecular base úmida		27,781	28,235	
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	ft/min	-	-	
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	m/s	-	-	
Isocinetismo	%	103,0	98,7	
Área chaminé	m ²	0,252	0,2520	
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ /h	-	-	
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições normais, base	Nm ³ /h	-	-	
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	1,089	1,086	
Concentração de Material Particulado no efluente	mg/Nm ³	14,0	11,9	
⁽²⁾ Taxa de emissão de Material Particulado	kg/h	0,0098	-	
Concentração H ₂ SO ₄ no efluente	mg/Nm ³	⁽³⁾ <0,05	<0,05	Titulometria
⁽²⁾ Taxa de emissão de H ₂ SO ₄	kg/h	<0,0001	<0,0001	
Concentração H ₂ SO ₄ no efluente	mg/Nm ³	⁽⁴⁾ -	-	Titulometria
⁽²⁾ Taxa de emissão SO ₂	kg/h	-	-	
Concentração NO _x no efluente	mg/Nm ³	20,40	44,19	Espectrofotometria
⁽²⁾ Taxa emissão NO _x	kg/h	<0.02	<0,03	

Fonte: Laboratório Isatec Ipiranga. Relatório de Ensaio no. 104.903/2005.

OBS.: ⁽¹⁾A pressão estática e pressão total é menor que a sensibilidade do instrumento, isto é <0.1 mmH₂O.

⁽²⁾A velocidade, vazão e taxa de emissão é menor que a calculada, devido ao item⁽¹⁾.

⁽³⁾Limite de detecção do método 0.05mg H₂SO₄/m³.

8.0 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos na realização deste trabalho, pode-se inferir as seguintes conclusões:

Quanto à caracterização da areia de fundição como matéria-prima e seu processamento:

- Segundo a NBR 10004, a areia de fundição e as massas cerâmicas sem e com 10% de areia de fundição são classificadas como Não Perigosos- Classe II A – Não Inertes;
- A composição química das argilas e da areia verde são similares. A granulometria maior da areia verde pode ser empregada em substituição da argila com maior granulometria, colaborando para a adequação da plasticidade da massa cerâmica;
- A dosagem de 10% de areia verde pode ser empregada, na massa cerâmica sem maiores prejuízos da qualidade em termos de absorção de água, porosidade, retração linear e resistência mecânica, em temperatura similar a da prática de queima dos blocos cerâmicos;
- Não foram encontrados poluentes em concentrações elevadas nos extratos de lavagem das emissões gasosas. A adição da areia verde não elevou a concentração destes, sendo o fenol e os surfactantes não detectados.

Quanto aos testes em escala industrial:

- Em termos de qualidade, de acordo com as normas vigentes, os blocos cerâmicos produzidos com 10% de areia de fundição podem ser considerados *aptos para atender às condições técnicas peculiares à sua utilização*, em termos de resistência mecânica, absorção de água e com relação as características geométricas;
- Segundo a NBR 10004, os blocos cerâmicos sem e com areia de fundição, produzidos/investigados neste trabalho, caracterizam-se como Não Perigosos - Classe II A – Não Inertes;
- Não foram encontradas concentrações elevadas de poluentes nas emissões gasosas durante a queima dos blocos cerâmicos sem e com areia de fundição. O acréscimo de 10% de areia verde não elevou a concentração de nenhum poluente analisado.

- A avaliação do impacto ambiental, através dos ensaios de lixiviação/solubilidade e emissões gasosas, indicou que os blocos cerâmicos contendo até 10% em peso do resíduo sólido – areia verde não oferece nenhum risco direto ao meio ambiente.

Portanto, com base nos resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho, pode-se afirmar que é perfeitamente possível a reciclagem do resíduo sólido de fundição - areia verde para fabricação de produtos de cerâmica vermelha para construção civil. A qualidade dos blocos cerâmicos produzidos com areia de fundição mostrou-se superior a dos blocos normalmente produzidos e com potencial de ser melhorada.

Para uma efetiva aplicação dos resultados aqui obtidos, faz-se as seguintes recomendações:

- na indústria de fundição:
 - acompanhamento da concentração de fenol e principais metais do resíduo através de amostragens periódicas,
 - uso de um eficiente sistema de peneiramento e separação metálica,
- na indústria cerâmica:
 - armazenagem adequada do resíduo, compatível com os volumes utilizados, em área coberta,
 - área coberta para a homogeneização da mistura, o mais próximo possível do caixão de alimentação, de forma a evitar perdas, devendo eventuais derramamentos do resíduo serem captados e reincorporados;
 - eficiente sistema de homogeneização e mistura das massas cerâmicas.

9.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. **Manual de Regeneração e Reúso de Areias de Fundição**. São Paulo, 1999. p.49.

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos - Classificação**. NBR 10004, 1987a.
- _____. **Lixiviação de Resíduos – Procedimento**. NBR 10005, 1987b.
- _____. **Solubilização de Resíduos – Procedimento**. NBR 10006, 1987c.
- _____. **Resíduos Sólidos - Classificação**. NBR 10004, 2004a.
- _____. **Lixiviação de Resíduos – Procedimento**. NBR 10005, 2004b.
- _____. **Solubilização de Resíduos – Procedimento**. NBR 10006, 2004c.
- _____. **Amostragem de Resíduos – Procedimento**. NBR 10007, 1987d.
- _____. **Amostragem de Resíduos – Procedimento**. NBR 11174, 1989.
- _____. **Blocos Cerâmicos para Alvenaria**. NBR 7171, 1992.
- _____. **Blocos Cerâmicos para Alvenaria. Verificação da Resistência à Compressão**. NBR 6461, 1983.
- _____. **Blocos Cerâmicos para Alvenaria. Formas e Dimensões**. NBR 8042, 1992.
- _____. **Telha Cerâmica-Determinação da Massa e da Absorção de Água: Método de Ensaio**. NBR 8947, 1992.
- _____. **Planejamento de Amostragem em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Procedimento**. NBR 10700, 1989
- _____. **Determinação de Pontos de Amostragem em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Procedimento**. NBR 10701, 1989.
- _____. **Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da Massa Molecular Base Seca**. NBR 10702, 1989.
- _____. **Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Determinação da Umidade**. MB 3081, jul 1989.
- _____. **Efluentes Gasosos de Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Determinação de Umidade. Método de Ensaio**. NBR 11967, 1989.

_____. **Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Determinação da Velocidade e Vazão.** MB 3080, jul/1989.

_____. **Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. Determinação de Dióxido de Enxofre.** MB 3358, dez 1990.

_____. **Efluentes Gasosos de Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Determinação de Dióxido de Enxofre, Trióxido de Enxofre e Névoas de Ácido Sulfúrico.** MB 3357, DEZ 1990.

_____. **Efluentes Gasosos de Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Determinação de Dióxido de Enxofre, Trióxido de Enxofre e Névoas de Ácido Sulfúrico. Método de ensaio.** NBR 12021, 1990.

_____. **Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos. Padrões de Desempenho. Procedimento.** NBR 11175,1990.

_____. **Efluentes Gasosos em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias. – Determinação de Material Particulado.** MB 3355, dez 1990.

_____. **Efluentes Gasosos com Sistema Filtrante no Interior do Duto ou Chaminé de Fontes Estacionárias. – Determinação de Material Particulado.** NBR 12.827, 1993.

ASTM C – 373/94-88: Test methods for water absorption, bulk density, apparent specific gravity of fired whiteware products.

ASTM D – 133/97: Test methods for cold crushing strenght and modulus of rapture of refractories.

AFS. American Founfrymen’s Society Foundry Sand-Material Description. <http://www.tfhr.gov/hnr20/recycle/waste/fs1.htm> - Illinois. USA:2002. p.5.

Almeida, M., Frade, P., Campante, H., Marques, J. C. e Correia, A. M. S., Redução do Teor de Flúor nos Efluentes Gasosos da Indústria Cerâmica. **Cerâmica Industrial**. Maio/ Junho, 2001. p.7-13. Disponível em : www.ceramicaindustrial.org.br . Acessado em 08/02/2005.

ANICER – Dados Ofciais. <http://www.anicer.com.br>. Acessado em 18/01/2005.

Barba, A., “Materias primas para la fabricacon de suportes de baldosas ceramicas”. Espanha, 1997.

Batalha, B. L. e Parlatore, A. C., Controle da qualidade de água para consume humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo, CETESB, 1993. p. 57-70.

- Bergmann, C. P. *et al.* Environmental and technical aspects of the utilization of tannery sludge as a raw material for clay products. **Journal of the European Ceramic Society**. V.22, 2002, p.2251-2259.
- Biolo, S. M. e Schneider, I. A. H., Utilização de areia de fundição na fabricação de blocos cerâmicos. **Fundição & Matérias Primas**, Maio/Junho, Caderno Técnico, 2003. p.54-58.
- BNDES – Indústria de Fundição- Segmento de Peças para o Setor Automotivo, **Informe setorial** no. 13, Mineração e Metalurgia, Janeiro 1996. p.9.
- Bonet, I.I. – “Valorização do resíduo de areia de fundição (RAF). Incorporação nas massas asfálticas do tipo CBUQ.” **Dissertação de mestrado**. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- Bonin, A.L.; Rossini, A.J.; Zabim, A.F.P., **Reutilização de areia preta de fundição na construção civil** - ABIFA.1995.
- CPRH (Companhia Pernambucana do Meio Ambiente)/GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), **Amostragem em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias: Manual de Procedimentos**. Recife, 1999. p.188.
- Cunha, A., Caracterização da contaminação por compostos fenólicos de uma area impactada por resíduo de areia de fundição. **Dissertação de Mestrado**. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005, p.21-23.
- Dec, J. e Bollag, J. M. *Dehalogenation of chlorinated phenols during oxidative coupling*. Environmental Science and Technology 28,1994, p. 484-490.
- Guesser, W. L. e Peixoto, F., Reutilização de areia regenerada termicamente. Tupy Fundições – Publicações. <http://www.tupy.com.br/portugues/tecnologia/biblioteca.php>. Capturado em 09/06/2005.
- Horlle, F.L., Utilização de resíduos de fundição como matérias-primas para obtenção de produtos de cerâmica vermelha. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005, p. 106.
- INETI. Guia técnico sector de metalurgia e metalomecânica – Departamento de Materiais e Tecnologia de Produção. Lisboa.<http://www.netresiduos.com/cont/file/SectorMetalurgiaMetalomecânica.pdf>. Capturado em 29/05/2005.
- Klibanov, A. M., Alberti, B. N., Morris, E. D., Felshin, L. M., Enzymatic removal of toxic phenols and anilines from waste waters. **Journal of Applied Biochemistry**, 2, 1980. p. 414-421.
- Magnani, R. A. , Longo, E., Pasckoscimas, C. S., Cunha, P. A., Pinheiro A. S. e Santos, B. M. Processos de reciclagem recuperam areia de fundição. **Fundição e Serviços**, v. (69). set.

1998. p.46-59.

Manfredini, C. e Sattler, M. A., **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.5,n.1, jan./mar.2005. p. 23-37.

Marino, R. H., Utilização de areia de fundição em concreto. **Tese Doutorado**, USP. 2004. p.26-44.

Mariotto, C.L., Areias de fundição: Alguns Desenvolvimentos e Perspectivas, **Comunicação Interna 134** –IPT- São Paulo. 1984. p.16

Mariotto, C.L. Regeneração de Areias: Uma Tentativa de Discussão Sistemática. **Fundição & Matérias-Primas**, v.33, Caderno Técnico, ABIFA, jan-fev. 2000a. p. A-T.

Mariotto, C.L. Regeneração de Areias: Como Selecionar um Processo? In: CINTEC 2000, Joinville. **Anais ...** Joinville: 2000b. p.15.

Mariotto, C.L. Recuperação de Areia Ganha Importância. **Fundição & Matérias-Primas**, v.41, n.50, ABIFA, 2001. p.20.

Melchiades, F. G., Quinteiro, E., Boschi, A.O. “A curva de gresificação: parte I.” **Cerâmica Industrial 01** (04/05) Agosto-Dezembro 1996. pp 30-31.

Mukadi, L., Guy, C., Legros, R. Prediction of gas emissions in na internally circulating fluidized bed combustor for tretment of indústrial solid wastes. **Elsevier Science**, 2000. p.1125-1136.

Nunes, P. W., Leven, F.W.W., Brehm, F., Graffitti, D., Piccinini, P.R., Moraes, C.A.M. Utilização de Areia Usada de Fundição como Matéria-Prima de Mistura Asfáltica. In: CONAF 2003, São Paulo. **CD ROM...** São Paulo: ABIFA, 2003.

Quintana, L. M. H., Avaliação das matérias-primas e produtos cerâmicos da região de Bagé- RS. **Dissertação de Mestrado**. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000. p. 6-15.

Ribeiro C.A.S.; Malheiros, L.F.; Costa, H.M. Utilização de Resíduos de Fundição como Matérias Primas. In: VIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2001, p.484-489.

Rocha, J. C. e Cheriaf, M.; Aproveitamento de Resíduos na Construção. Coletânea Habitare ANTAC. v. 04, c. 03. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional** –Porto Alegre, 2003. p.72 – 94.

Oliveira, E. M. S., Machado, S. Q. e Holanda, J. N. F., Characterization of waterworks waste (sludge) aiming its use in red ceramic. **Cerâmica**, Oct./Dec.2004,vol.50,no. 316, p. 324-

330. ISSN 0366-6913.

Pablos, J. M., Utilização de resíduo sólido gerado pelo descarte das areias de fundição aglomeradas com argila no setor de construção civil. **Dissertação de Mestrado**, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

Pizzolato, T. M., Schlosser, P., Geller, A. M., Caramão, E. B., Martins, A. F., *Identification of phenolics compounds in waste water from coal gasification by SPE and GC/MS*. **Journal of High Resolution Chromatography**, Heidelberg, v.19, n.10,1996. p. 577-580.

Pureza, J. C. C., Utilização de resíduos industriais de baixa granulometria em massas cerâmicas de argila vermelha: aspectos tecnológicos e ambientais. **Dissertação de Mestrado**. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004, p.26-32.

Santamarta, J., A ameaça dos disruptores endócrinos. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 3, julho/setembro, Porto Alegre, 2001.

Smith, W. F., Materiais cerâmicos. In:_____. **Princípios de ciência e engenharia dos materiais**. 3 ed. Portugal: Mc Graw Hill, 1998. p.581-630.

Soares, S. R., *et al.* Análise do ciclo de vida de produtos (revestimento, blocos e telhas) do setor cerâmico na construção civil “Relatório Parcial I/IV – Universidade de Santa Catarina. Engenharia Sanitária Ambiental. Fev/2004.

The Casting Development Centre. Beneficial Re-use of Foundry By-products – **Beneficial Re-use for Managers Manual** – www.castingsdev.com/tech_services/envire-use.htm. 23/07/2003:1999. p.36.

Verçoza, E. J., **Materiais de Construção I**. Porto Alegre:Sagra, 1987. p.153.

Vieira, C.M.F., Soares, T.M. e Monteiro, S. n. Ceramic bodies for roofing tiles: characteristics na firing behavior. **Cerâmica**. Oct/Dec. 2003, vol. 49, no. 316, p.324-330. ISSN 0366-6913.

Villar, V. S. Perfil e perspectivas de cerâmica vermelha no sul de Santa Catarina. **Dissertação de Mestrado**. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988. p.80-83.

Zandonadi, D. E., Oshimoto, E. Cerâmica Vermelha. **Curso Internacional de Treinamento em Grupo em Tecnologia Ceramica (IPT/JICA)**. Sao Paulo –m SP,1991. p.20.

10.0 ANEXOS

Foi construída uma parede experimental para observação do comportamento dos blocos cerâmicos com areia de fundição ao longo do tempo em 30 de maio de 2005 (Figura 44).



Figura 44: Parede experimental com blocos cerbamicos com areia de fundiçao.

Análises químicas das matérias-primas

Instituição Terra
Arco Antonio Dexheimer

LQ - 1856/04

Porto Alegre, 20 de maio de 2004.

LAUDO ANALÍTICO

1 - OBJETIVOS

Em amostra sólida, determinar em triplicata os parâmetros indicados pelo Interessado.

2 - MATERIAL ANALISADO

Material encaminhado pela Eng. Simone Marindia Biolo da Empresa METALÚRGICA CERCENA S/A, localizada em Erechin/RS, identificado como: "Argila 1".

Material recebido dia 10.05.04 – reg. sob nº 2208.

3 - RESULTADOS

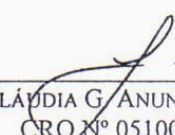
Apresentados em triplicata, consequência de determinações concomitantes.

PARÂMETROS	UNIDADE	ARGILA 1			METODOLOGIA	LD
		01	02	03		
Alumínio	mg/kg	5.839,4	5.833,0	5.837,6	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cádmio	mg/kg	0,77	0,78	0,78	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,002
Chumbo	mg/kg	29,2	29,0	29,3	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,018
Cinzas	%	61,0	61,3	61,1	Gravimetria a 800 °C	10,0
Cobre	mg/kg	42,4	42,3	42,3	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cromo Hexavalente	mg/kg Cr VI	0,02	0,02	0,02	Espectrofotometria	0,05
Cromo Total	mg/kg	16,5	16,4	16,7	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,017
Ferro	mg/kg	1.416,2	1.416,5	1.416,3	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001
Fósforo Total	mg/kg P	249,7	248,5	251,6	Espectrofotometria	0,05
Matéria Orgânica	%	8,0	8,1	8,0	Gravimetria	10,0
Mercurio	mg/kg	ND	ND	ND	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,0003
Níquel	mg/kg	9,9	9,7	9,7	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,007
Nitrogênio Total	mg/kg	902,7	904,0	902,3	Kjeldahl	0,1
Umidade	%	31,0	30,6	30,9	Gravimetria	0,1
Zinco	mg/kg	22,3	22,2	22,5	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001

LEGENDA:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção


 CLÁUDIA G. ANUNIAÇÃO
 CRQ Nº 05100822

LQ - 1857/04

Porto Alegre, 20 de maio de 2004.

LAUDO ANALÍTICO

1 - OBJETIVOS

Em amostra sólida, determinar em triplicata os parâmetros indicados pelo Interessado.

2 - MATERIAL ANALISADO

Material encaminhado pela Eng. Simone Marindia Biolo da Empresa METALÚRGICA CERCENA S/A, localizada em Erechin/RS, identificado como: "Argila 2".

Material recebido dia 10.05.04 – reg. sob nº 2209.

3 - RESULTADOS


Apresentados em triplicata, consequência de determinações concomitantes.

PARÂMETROS	UNIDADE	ARGILA 2			METODOLOGIA	LD
		01	02	03		
Alumínio	mg/kg	6.494,3	6.491,1	6.492,0	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cádmio	mg/kg	0,83	0,82	0,80	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,002
Chumbo	mg/kg	25,9	25,9	25,8	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,018
Cinzas	%	59,0	59,4	59,1	Gravimetria a 800 °C	10,0
Cobre	mg/kg	99,8	99,6	99,8	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cromo Hexavalente	mg/kg Cr VI	0,05	0,05	0,05	Espectrofotometria	0,05
Cromo Total	mg/kg	30,5	30,5	30,4	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,017
Ferro	mg/kg	1.345,4	1.344,1	1.346,0	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001
Fósforo Total	mg/kg P	8,2	8,4	8,4	Espectrofotometria	0,05
Matéria Orgânica	%	10,2	10,1	10,2	Gravimetria	10,0
Mercurio	mg/kg	ND	ND	ND	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,0003
Níquel	mg/kg	11,7	11,8	11,6	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,007
Nitrogênio Total	mg/kg	1.025,3	1.024,0	1.024,5	Kjeldahl	0,1
Umidade	%	30,8	30,5	30,7	Gravimetria	0,1
Zinco	mg/kg	44,5	44,4	44,5	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001

LEGENDA:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção


 CLÁUDIA G. ANUNCIÇÃO
 CRQ Nº 05100822

LQ - 1858/04

Porto Alegre, 20 de maio de 2004.

LAUDO ANALÍTICO

1 - OBJETIVOS

Em amostra sólida, determinar em triplicata os parâmetros indicados pelo Interessado.

2 - MATERIAL ANALISADO

Material encaminhado pela Eng. Simone Marindia Biolo da Empresa METALÚRGICA CERCENA S/A, localizada em Erechin/RS, identificado como: "Argila 3".

Material recebido dia 10.05.04 – reg. sob nº 2210.

3 - RESULTADOS


Apresentados em triplicata, conseqüência de determinações concomitantes.

PARÂMETROS	UNIDADE	ARGILA 3			METODOLOGIA	LD
		01	02	03		
Alumínio	mg/kg	1.526,9	1.525,0	1.526,1	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cádmio	mg/kg	ND	ND	ND	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,002
Chumbo	mg/kg	13,0	13,3	13,1	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,018
Cinzas	%	76,0	76,3	76,0	Gravimetria a 800 °C	10,0
Cobre	mg/kg	3,1	3,3	3,4	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cromo Hexavalente	mg/kg Cr VI	0,05	0,04	0,05	Espectrofotometria	0,05
Cromo Total	mg/kg	0,11	0,11	0,11	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,017
Ferro	mg/kg	928,0	928,0	928,7	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001
Fósforo Total	mg/kg P	5,6	5,7	5,7	Espectrofotometria	0,05
Matéria Orgânica	%	1,0	1,2	1,0	Gravimetria	10,0
Mercurio	mg/kg	ND	ND	ND	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,0003
Níquel	mg/kg	6,3	6,3	6,3	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,007
Nitrogênio Total	mg/kg	1.250,0	1.251,4	1.249,6	Kjeldahl	0,1
Umidade	%	23,0	23,5	23,0	Gravimetria	0,1
Zinco	mg/kg	11,5	11,5	11,5	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001

LEGENDA:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção


 CLÁUDIA G. ANUNCIÇÃO
 CRO N° 05100822

LQ - 1859/04

Porto Alegre, 20 de maio de 2004.

LAUDO ANALÍTICO

1 - OBJETIVOS

Em amostra sólida, determinar em triplicata os parâmetros indicados pelo Interessado.

2 - MATERIAL ANALISADO

Material encaminhado pela Eng. Simone Marindia Biolo da Empresa METALÚRGICA CERCENA S/A, localizada em Erechin/RS, identificado como: "Areia de Fundição".

Material recebido dia 10.05.04 – reg. sob nº 2211.

3 - RESULTADOS


Apresentados em triplicata, conseqüência de determinações concomitantes.

PARÂMETROS	UNIDADE	AREIA DE FUNDIÇÃO			METODOLOGIA	LD
		01	02	03		
Alumínio	mg/kg	3.022,9	3.023,7	3.023,2	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cádmio	mg/kg	ND	ND	ND	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,002
Chumbo	mg/kg	ND	ND	ND	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,018
Cinzas	%	89,0	89,0	89,2	Gravimetria a 800 °C	10,0
Cobre	mg/kg	8,3	8,3	8,3	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,006
Cromo Hexavalente	mg/kg Cr VI	0,03	0,03	0,03	Espectrofotometria	0,05
Cromo Total	mg/kg	13,3	13,0	13,2	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,017
Ferro	mg/kg	1.361,2	1.360,6	1.360,9	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001
Fósforo Total	mg/kg P	47,8	47,5	47,6	Espectrofotometria	0,05
Matéria Orgânica	%	9,9	10,0	9,8	Gravimetria	10,0
Merúrio	mg/kg	ND	ND	ND	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,0003
Níquel	mg/kg	12,1	12,4	12,2	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,007
Nitrogênio Total	mg/kg	974,9	974,0	974,3	Kjeldahl	0,1
Umidade	%	1,1	1,0	1,0	Gravimetria	0,1
Zinco	mg/kg	23,8	23,7	23,7	Espectrofotometria de Absorção Atômica	0,001
Fenol	mg/L	26,3	26,5	26,1	Espectrofotometria	0,1

LEGENDA:

ND = Não Detectado

LD = Limite de Detecção



CLÁUDIA G. ANUNCIÇÃO
CRQ Nº 05100822

Ensaio de Solubilização e Lixiviação da areia verde de fundição



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 16439/40.04

Página 1 de 3

Ciente: CETRIC-CENTRO DE TRAT DE RES SÓL, IND E COM DE CHAPECÓ LTDA
 ROD. CHAPECÓ - ÁGUA AMARELA, S/Nº KM 09 INTERIOR
 CHAPECÓ SC

Dados de Identificação da Amostra

Identificação: Areia de Fundição- Container 1(mais cheio) **Tipo da Amostra:** Sólido
Coletador: Empresa Solicitante **Data de Coleta:** 27/09/2004
Local de Coleta: Cercena - Rua Salomão Ioschpe - Erechim/RS

CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

1. ORIGEM DO RESÍDUO:

A amostra é originada de sobras do processo.

2. AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO:

2.1 - Inflamabilidade:

A amostra não apresentou a característica inflamabilidade de acordo com os termos referidos na norma.

2.2 - Corrosividade:

A amostra apresentou pH (sol. 5%) igual a 8,4 não apresentando a característica corrosividade de acordo com os termos referidos na norma.

2.3 - Reatividade:

A faixa de pH indicada e os componentes utilizados no processo produtivo não indicam a amostra como sendo reativa.

2.4 - Toxicidade:

A amostra não apresentou a característica toxicidade de acordo com os termos referidos na norma.

2.5 - Patogenicidade:

O resíduo não apresentou a característica patogenicidade de acordo com os termos referidos na norma.

3. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS:

3.1 - Dados da Lixiviação

PARÂMETROS	RESULTADOS
pH Inicial	8
pH Final	4,82
Volume de Ácido Utilizado	0,4 ml
Tempo de Lixiviação	24 hs
Volume Líquido	160 ml

Liberado e Assinado Eletronicamente

12A40C9A

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita; aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

Viamão, 22/10/2004

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental S/S Ltda.

Rua Torino, 161 • Bairro Santa Isabel • CEP: 94480-795 • Viamão • RS • Fone/Fax: (51) 435.2000 • Home Page: www.econsulting.com.br



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 16439/40.04

Página 2 de 3

Cliente: CETRIC-CENTRO DE TRAT DE RES SÓL, IND E COM DE CHAPECÓ LTDA
 ROD. CHAPECÓ - ÁGUA AMARELA, S/Nº KM 09 INTERIOR
 CHAPECÓ SC

Dados de Identificação da Amostra

Identificação: Areia de Fundação- Container 1(mais cheio) Tipo da Amostra: Sólido
 Coletador: Empresa Solicitante Data de Coleta: 27/09/2004
 Local de Coleta: Cercena - Rua Salomão Ioschpe - Erechim/RS

2 - Ensaio de Lixiviação (NBR 10005)

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE MÁXIMO (mg/L)
Arsênio	µg/L	< 1,5	1,5	5,0
Bário	mg/L	< 0,5	0,5	100
Cádmio	mg/L	< 0,005	0,005	0,5
Chumbo	mg/L	< 0,005	0,005	5,0
Cromo Total	mg/L	< 0,003	0,003	5,0
Mercúrio	µg/L	< 0,05	0,05	0,1
Prata	mg/L	< 0,0015	0,0015	5,0
Fluoreto	mg/L	0,06	Zero	150
Selênio	µg/L	< 2,0	2,0	1,0

33 - Ensaio de Solubilização (NBR 10006)

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE MÁXIMO (mg/L)
Alumínio	mg/L	< 0,2	0,2	0,2
Arsênio	µg/L	< 1,5	1,5	0,05
Bário	mg/L	< 0,5	0,5	1,0
Cádmio	mg/L	< 0,005	0,005	0,005
Sódio	mg/L	216,3	0,01	200
Cobre	mg/L	0,174	0,0015	1,0
Zinco	mg/L	0,44	0,0015	5,0
Chumbo	mg/L	< 0,005	0,005	0,05
Cromo Total	mg/L	0,415	0,003	0,05
Ferro	mg/L	79,03	0,03	0,3
Manganês	mg/L	0,179	0,0015	0,1
Mercúrio	µg/L	< 0,05	0,05	0,001
Fenol	mg/L	0,035	0,001	0,001
Dureza	mg/L	18	Zero	500,0
Nitrato	mg/L	0,069	0,04	10,0
Cianeto	mg/L	< 0,0003	0,0003	0,1
Sulfato	mg/L	< 1,0	1,0	400,0
Surfactantes	mg/L	< 0,01	0,01	0,2
Cloreto	mg/L	103	Zero	250,0
Fluoreto	mg/L	0,11	Zero	1,5

Assinado e Assinado Eletronicamente

12A40C9A

Resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

Viamão, 22/10/2004

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental S/S Ltda.

Rua Torino, 161 • Bairro Santa Isabel • CEP: 94480-795 • Viamão • RS • Fone/Fax: (51) 435.2000 • Home Page: www.econsulting.com.br



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 16439/40.04

Página 3 de 3

Cliente: CETRIC-CENTRO DE TRAT DE RES SÓL, IND E COM DE CHAPECÓ LTDA
 ROD CHAPECÓ - ÁGUA AMARELA, S/Nº KM 09 INTERIOR
 CHAPECÓ SC

Dados de Identificação da Amostra

Identificação: Areia de Fundição- Container 1(mais cheio) Tipo da Amostra: Sólido
 Coletador: Empresa Solicitante Data de Coleta: 27/09/2004
 Local de Coleta: Cercena - Rua Salomão loschpe - Erechim/RS


4 AVALIAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO:

4.1 - Composição Química:

PARÂMETROS	RESULTADOS
Matéria Orgânica	4,29 %
Cinzas	94,22 %
Umidade	1,49 %
pH	8,4 -
Fenol	4,169 mg/Kg

5 CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO SEGUNDO A NBR 10004:

De acordo com os parâmetros analisados a amostra foi classificada como sendo RESÍDUO NÃO INERTE - CLASSE II


 Eng.º Edú Ricardo Beltrame
 Sinalista Autorizado
 CRO - 05301723


 Eng.º Charles Beltrame
 Gerente da Qualidade
 CRO - 05302222

Liberado e Assinado Eletronicamente

12A40C9A

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra

Viamão, 22/10/2004

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental S/S Ltda.

Rua Torino, 161 • Bairro Santa Isabel • CEP: 94480-795 • Viamão • RS • Fone/Fax: (51) 435.2000 • Home Page: www.econsulting.com.br



ECONSULTING - PROJETOS E
CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA - S/C.

Rua Conselheiro Travassos, 360
Fone: (0xx51) 222-8844 - Fax: (0xx51) 222-3044
Bairro São Geraldo - CEP 90.230-140
Porto Alegre - RS

*Projetos
Consultoria
Análises Laboratoriais*

LQ N.º 5898/00

Porto Alegre, 24 de Agosto de 2000

CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

1- MATERIAL ANALISADO

Empresa: Indústria Metalúrgica Cercena Ltda.
Identificação da Amostra: Areia de Fundição Verde
Data da Coleta: 04/08/00

2- ORIGEM DO RESÍDUO:

O resíduo é originado no processo produtivo.

3- AMOSTRAGEM DO RESÍDUO:

A amostra foi coletada pela empresa solicitante.

4- AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO:

4.1 Inflamabilidade:

A amostra não apresentou a característica Inflamabilidade de acordo com os termos referidos na norma.

4.2 Corrosividade:

A amostra apresentou pH (Sol 5%) igual a 7,81 não apresentando a característica corrosividade de acordo com os termos referidos na norma.

4.3 Reatividade:

A faixa de pH indicada e os componentes utilizados no processo produtivo indicam a amostra como sendo isenta da característica reatividade.

4.4 Toxicidade:

A amostra não apresentou a característica toxicidade de acordo com os termos referidos na norma.



ECONSULTING - PROJETOS E
CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA - S/C.

Rua Conselheiro Travassos, 360
Fone: (0xx51) 222-8844 - Fax: (0xx51) 222-3044
Bairro São Geraldo - CEP 90.230-140
Porto Alegre - RS

*Projetos
Consultoria
Análises Laboratoriais*

L.Q N.º 5898/00- (Pág. 02)

4.5 Patogenicidade:

O resíduo não apresentou a característica patogenicidade de acordo com os termos referidos na norma.

5- AVALIAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO

5.1 Composição Química:

Parâmetros	Resultados
Matéria Orgânica	12,81 %
Cinzas	83,74 %
Umidade	3,45 %
pH	7,81

5.2 Ensaio de Lixiviação (NBR 10005)

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS DA AMOSTRA	LIMITE MÁXIMO (NBR 10005)
Arsênio	(mg/l)	ND	5,0
Bário	(mg/l)	0,051	100,0
Cádmio	(mg/l)	ND	0,5
Chumbo	(mg/l)	ND	5,0
Cromo Total	(mg/l)	1,150	5,0
Mercurio	(mg/l)	ND	0,1
Prata	(mg/l)	ND	5,0
Fluoreto	(mg/l)	0,010	150,0

ND = Não detectado.



ECONSULTING - PROJETOS E
CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA - S/C.
Rua Conselheiro Travassos, 360
Fone: (0xx51) 222-8844 - Fax: (0xx51) 222-3044
Bairro São Geraldo - CEP 90.230-140
Porto Alegre - RS

Projetos
Consultoria
Análises Laboratoriais

LQ N.º 5898/00- (Pág. 03)

5.3 Ensaio de Solubilização (NBR 10006)

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS DA AMOSTRA	LIMITE MÁXIMO (NBR 10006)
Alumínio	(mg/l)	2,17	0,2
Arsênio	(mg/l)	ND	0,05
Bário	(mg/l)	ND	1,0
Cádmio	(mg/l)	ND	0,005
Sódio	(mg/l)	123,5	200,0
Cobre	(mg/l)	0,004	1,0
Zinco	(mg/l)	0,069	5,0
Chumbo	(mg/l)	ND	0,05
Cromo Total	(mg/l)	1,329	0,05
Ferro	(mg/l)	1,233	0,3
Manganês	(mg/l)	0,012	0,1
Mercurio	(mg/l)	ND	0,001
Fenol	(mg/l)	0,318	0,001
Dureza	(mg/l)	76,15	500,0
Nitrato	(mg/l)	5,19	10,0
Cianeto	(mg/l)	ND	0,1
Sulfato	(mg/l)	5,230	400,0
Surfactantes	(mg/l)	0,604	0,2
Cloreto	(mg/l)	327,56	250,0
Fluoreto	(mg/l)	0,178	1,5

ND = Não Detectado

6- INTERPRETAÇÃO DOS DADOS:

Parâmetros	Resultados
Teor se Sólidos Suspensos	91,0%
pH Inicial	7,81
pH Final	4,89
Volume de Ácido Utilizado	0,5 ml
Tempo de Lixiviação	24 hs
Volume de líquido	80 ml

7- CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO SEGUNDO A NBR 10004

De acordo com os parâmetros analisados a amostra foi classificada como sendo Resíduo "NÃO INERTE - CLASSE II".

Marco Antonio Dexheimer



LD - 3096/98

Porto Alegre, 24 de Agosto de 1998.

LAUDO TÉCNICO DE CLASSIFICAÇÃO DE
RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL

1. OBJETIVO

Classificar resíduo sólido industrial segundo a NBR 10.004 - Resíduos Sólidos.

2. EMPRESA GERADORA

2.1. Razão Social

INDUSTRIA METALURGICA CERCENA LTDA.
C.G.C. 89.423.040/0001-50

2.2. Endereço

Rua Salomão Iochpe, 361
Erechim - RS

3. IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO

3.1. Denominação

Areia verde (fundição).

3.2. Considerações sobre o Processo de Geração e Materiais Envolvidos

O resíduo é composto por mistura de areia do mar, bentonita e pó de carvão mineral, utilizada para confecção de moldes para fundição de ferro.

* Certificado na Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM - sob nº 0001/99-DL

RUA LEOPOLDO BIER, 780 - FONES: (051) 223-3982 - 223-8255 - 223-0990 - 217-0727 - 217-3045 - FAX: (051) 223-3105
PORTO ALEGRE - RS - CEP 90620-100

LD = 3096/98 (Folha 02)

3.3. Composição Química Orientada

Matéria Orgânica	3,80%
Cinzas	93,1 %
Umidade	3,10%
pH da suspensão a 5% (m/v) ...	10,48

4. INFORMAÇÕES SOBRE AMOSTRAGEM

4.1. Forma de Acondicionamento e Armazenamento do Resíduo na Empresa Geradora

O resíduo é acondicionado em silos metálicos, na própria Empresa.

4.2. Procedimento de Amostragem

Conforme NBR 10.007. Amostra recebida em 06.07.98.

4.3. Aspecto da Amostra

Sólido seco, pulverizado, de cor preta e odor característico.

4.4. Responsável Técnico

Sr. Jose Afonso Hoffmann
CRQ 1330548

* Certificado na Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM - sob nº 0001/98 - DL

RUA LEOPOLDO BIER, 780 - FONES: (051) 223-3982 - 223-8255 - 223-0990 - 217-0727 - 217-3045 - FAX: (051) 223-3105
PORTO ALEGRE - RS - CEP 90620-100

LD - 3096/98 (Folha 03)

5. AVALIAÇÃO DE INFLAMABILIDADE

5.1. Ponto de Fulgor

A amostra do resíduo foi submetida a aquecimento de até 100 °C, não desprendendo gases ou vapores inflamáveis.

6. AVALIAÇÃO DE CORROSIVIDADE

A suspensão aquosa do resíduo a 5% (m/v) apresentou caráter alcalino típico (pH = 10,48), não situando-se na faixa alcalina de corrosividade (pH entre 12,5 e 14,0).

7. AVALIAÇÃO DE REATIVIDADE

O pH da suspensão aquosa, os componentes pesquisados e as informações obtidas junto à Empresa indicam tratar-se de resíduo não provido de reatividade.

8. AVALIAÇÃO DE PATOGENICIDADE

Não foi verificada presença de microorganismos patogênicos nas análises microbiológicas efetuadas, indicando tratar-se de resíduo não provido de patogenicidade.

9. AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE

9.1. Presença de Substâncias que Conferem Periculosidade ao Resíduo

Baseado nas análises químicas efetuadas e no processo onde o resíduo é gerado, considerando as matérias-primas insumos e transformações envolvidas, conclui-se que não encontra-se no resíduo concentrações significativas de substâncias e/ou elementos listados no Anexo D - Listagem nº 4 da NBR 10.004.

9.2. Presença de Substâncias Agudamente Tóxicas e/ou Tóxicas

Baseado nas análises químicas efetuadas e no processo onde o resíduo é gerado, considerando as matérias-primas insumos e transformações envolvidas, conclui-se que não encontra-se no resíduo concentrações significativas de substâncias e/ou elementos listados nos Anexos E e F - Listagens 05 e 06 da NBR-10.004.

* Certificado na Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM - sob nº 0001/98-DL

LQ - 3096/98 - (Folha 04)

9.3. Ensaio de Lixiviação (NBR-10.005)

<u>PARAMETROS</u>	<u>UNIDADE</u>	<u>RESULTADOS DA AMOSTRA</u>	<u>LIMITE MAXIMO (NBR-10.004)</u>
Arsênio	(mg/l)	ND†	5,0
Bário	(mg/l)	ND†	100,0
Cádmio	(mg/l)	ND†	0,5
Chumbo	(mg/l)	ND†	5,0
Cromo	(mg/l)	0,059	5,0
Mercúrio	(mg/l)	ND†	0,1
Fluoreto	(mg/l)	0,428	150,0
Prata	(mg/l)	ND†	5,0
Selênio	(mg/l)	ND†	1,0

OBS: ND† = Não Detectado

9.4. Ensaio de Solubilização (NBR-10.006)

<u>PARAMETROS</u>	<u>UNIDADE</u>	<u>RESULTADOS DA AMOSTRA</u>	<u>LIMITE MAXIMO (NBR-10.004)</u>
Dureza	(mg/l CaCO ₃)	71,40	500,0
Fenol	(mg/l)	0,063 *	0,001
Mercúrio	(mg/l)	ND†	0,001
Arsênio	(mg/l)	ND†	0,05
Bário	(mg/l)	ND†	1,0
Cádmio	(mg/l)	ND†	0,005
Chumbo	(mg/l)	0,025	0,05
Cromo	(mg/l)	0,059	0,05
Alumínio	(mg/l)	39,156	0,2
Ferro	(mg/l)	5,406	0,3
Manganês	(mg/l)	0,011	0,1
Sódio	(mg/l)	77,584	200,0
Zinco	(mg/l)	0,031	5,0
Cobre	(mg/l)	0,031	1,0
Cianeto	(mg/l)	ND†	0,1
Fluoreto	(mg/l)	0,91	1,5
Nitratos	(mg/l)	0,700	10,0
Cloreto	(mg/l)	28,750	250,0
Sulfato	(mg/l)	21,90	400,0
Surfactantes	(mg/l)	0,052	0,2

OBS: ND† = Não Detectado


Marco Antonio Dexhelmer



LQ - 3096/98 - (Folha 05)

10. CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO

As avaliações e análises realizadas de acordo com as prescrições da NBR-10.004 e com as diretrizes estabelecidas pela FEPAM classificam o resíduo como **CLASSE II / NÃO-INERTE**.


Marcos dos Santos Aidos
CRQ nº 05301850

* Certificado na Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM - sob nº 0001/98. DL

RUA LEOPOLDO BIER, 780 - FONES: (051) 223-3982 - 223-8255 - 223-0990 - 217-0727 - 217-3045 - FAX (051) 223 3105
PORTO ALEGRE - RS - CEP 90620-100

Análises de fenol na massa bruta



Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

ÁREA DE MATERIAIS E QUÍMICA UNIDADE DE TECNOLOGIA EM QUÍMICA APLICADA

RESULTADO DE ENSAIO – UTQA 0421/2001 – OS 0284.00/2001

SOLICITANTE: Jussane Lopes Mendes – SOCIESC

AMOSTRA: Areia

ENTRADA: 01/02/2001

CÓDIGO:

AMOSTRADOR: SOLICITANTE LACTEC


Este documento é emitido em uma via original, respondendo o LACTEC apenas pela veracidade desta via.

RESULTADOS

1) ENSAIO: Determinação de fenol em areia.

AMOSTRA	Fenol mg/kg
C1	102
V1	< 0,1

Curitiba, 07 de Fevereiro de 2001.


Sidney Pacheco – Químico
CRQ 9 - 09200823


Dr. Eduardo Marques Trindade – Químico
CRQ IX 09200560

RESULTADOS VÁLIDOS APENAS PARA AS AMOSTRAS ENSAIADAS NO LACTEC

Centro Politécnico da UFPR · Caixa Postal 19067 · CEP 81531-990 · Curitiba · Paraná · Brasil
Tel: + 55 41 361 6200 Fax: + 55 41 266 3582 · Internet: www.lactec.org.br · E-mail: lactec@lactec.org.br



Documento **RELATÓRIO DE ENSAIO** Número **2001/0109/001**
 Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s) ou calibrado(s).
 Este documento somente poderá ser publicado na íntegra.

ENSAIOS EM AMOSTRAS DE AREIA

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA.
 Rua: Salomão Ioschpe, 361. Distrito Industrial.
 99700-000 – Erechim, RS

Itens ensaiados: duas amostras de areia entregues à CIENTEC e identificadas pelo Cliente como Areia Verde – V₁ e Areia Cura Frio – C₁.

Data do recebimento dos itens: 10 de janeiro de 2001.

Período da realização dos ensaios: de 10 a 30 de janeiro de 2001.

Métodos: A determinação de fenol foi realizada pelo método fotométrico direto da 4-aminoantipirina, segundo "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 20ªed., 1998. O fenol foi determinado no extrato solubilizado segundo a NBR 10.006/87.

RESULTADOS:


Amostras	Fenol,mg/L
Areia Cura Frio - C ₁	3,0
Areia Verde – V ₁	0,49

Conclusão: as concentrações de fenol nas amostras C₁ e V₁ encontram-se acima do valor máximo permitido (0,001mg/L), segundo NBR 10.004/87, anexo H – listagem nº 8.

Porto Alegre, 30 de janeiro de 2001.


 Quím.^a Vera Maria da Costa Dias
 Gerente Substituta do Departamento de
 Química


 Quím.^a Josete Caetana Dani Sanchez
 Responsável Técnico/CRQ 05100386 – 5.ª Região


 Quím.^a Iolanda Dill Fernandes
 Coordenadora do Laboratório de Águas

Análises químicas das massas cerâmicas produzidas em laboratório:

Caracterização química



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10124/29.03


Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Tijolo Normal - Caracterização Química Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Sólido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	%	Zero	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/Kg	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/Kg	< 0,001	Colorimetria	0,001
Surfactantes	mg/Kg	< 0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/Kg	< 1,0	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/Kg	4208,9	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/Kg	<10	Espectrof. Absorção Atômica	10
Teor de Cádmio	mg/Kg	2,89	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Chumbo	mg/Kg	112,5	Espectrof. Absorção Atômica	1,0
Teor de Cobre	mg/Kg	62,84	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/Kg	<0,1	Espectrof. Absorção Atômica	0,1
Teor de Ferro	mg/Kg	1981	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Manganês	mg/Kg	104,83	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Sódio	mg/Kg	892,2	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Teor de Zinco	mg/Kg	55,74	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Fluoreto	mg/Kg	0,26	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng. Ricardo Beltrame
 Engenheiro Autorizado
 CRO - 05301723


 Eng. Charles Beltrame
 Gerente de Qualidade
 CRO - 05302222

CQ
ECONSULTING

Liberado e Assinado Eletronicamente E382062A
 Os resultados contidos neste documento têm significação realista, aplicam-se exclusivamente à amostra analisada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

PBA: 14/07/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C

Rua Conselheiro Travassos, 360 - Cep. 90230-140 - Porto Alegre - RS - Fone: (51) 3222.8844 - Fax: (51) 3222.3044 - E-mail: econsulting@econsulting.com.br



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10127/29.03

Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Tijolo W - 10% Areia Fundição-Carct. Química Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Sólido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	%	Zero	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/Kg	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/Kg	< 0,001	Colorimetria	0,001
Surfactantes	mg/Kg	< 0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/Kg	< 1,0	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/Kg	1294	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/Kg	<10	Espectrof. Absorção Atômica	10
Teor de Cádmio	mg/Kg	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Chumbo	mg/Kg	8,36	Espectrof. Absorção Atômica	1,0
Teor de Cobre	mg/Kg	8,67	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/Kg	59,15	Espectrof. Absorção Atômica	0,1
Teor de Ferro	mg/Kg	1803,03	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Manganês	mg/Kg	271,7	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Sódio	mg/Kg	478,18	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Teor de Zinco	mg/Kg	6715,15	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Fluoreto	mg/Kg	0,22	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng. João Ricardo Beltrame
 Engenheiro Ambiental
 CRQ - 05301723


 Eng. Charles Boltrame
 Engenheiro Ambiental
 CRQ - 05302222


 ECONSULTING

Liberado e Assinado Eletronicamente D5690DCC

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 19/08/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C

Rua Conselheiro Travassos, 360 - Cep. 90230-140 - Porto Alegre - RS - Fone: (51) 3222.8844 - Fax: (51) 3222.3044 - E-mail: econsulting@econsulting.com.br

Solubilização



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10122/29.03

Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Tijolo Normal - Solubilização Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	Zero	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/L	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	< 0,001	Colorimetria	0,001
Surfactantes	mg/L	< 0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	< 1,0	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	0,621	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Cádmio	mg/L	0,008	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Chumbo	mg/L	< 1,0	Espectrof. Absorção Atômica	1,0
Teor de Cobre	mg/L	0,002	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	<0,1	Espectrof. Absorção Atômica	0,1
Teor de Ferro	mg/L	0,567	Espectrof. Absorção Atômica	0,0005
Teor de Manganês	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Sódio	mg/L	4,07	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Teor de Zinco	mg/L	< 0,0015	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Fluoreto	mg/L	0,08	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng.º Edú Ricardo Beltrame
 Registrado Autorizado
 CRO - 0539723


 Eng.º Charles Beltrame
 Gerente de Qualidade
 CRO - 05302222

CQ
 ECONSULTING

Liberado e Assinado Eletronicamente

11D9E686

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 19/08/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C

Rua Conselheiro Travassos, 360 . Cep. 90230-140 . Porto Alegre . RS . Fone: (51) 3222.8844 . Fax: (51) 3222.3044 . E-mail: econsulting@econsulting.com.br



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10125/29.03

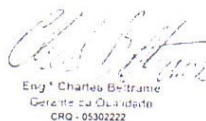
Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Tijolo W - 10% Areia Fundação - Solubilização Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	Zero	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/L	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	< 0,001	Colorimetria	0,001
Surfactantes	mg/L	< 0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	< 1,0	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	1,163	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Cádmio	mg/L	< 0,005	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Chumbo	mg/L	< 1,0	Espectrof. Absorção Atômica	1,0
Teor de Cobre	mg/L	0,009	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	<0,1	Espectrof. Absorção Atômica	0,1
Teor de Ferro	mg/L	0,728	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Manganês	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Sódio	mg/L	4,713	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Teor de Zinco	mg/L	0,021	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Fluoreto	mg/L	0,08	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng.º Edu Ricardo Beltrame
 Registrado Autorizado
 CRQ - 05307723


 Eng.º Charles Beltrame
 Gerente de Qualidade
 CRQ - 05302222


 CQ
 ECONSULTING

Liberado e Assinado Eletronicamente C452609E

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 19/08/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C

Rua Conselheiro Travassos, 360 - Cep. 90230-140 - Porto Alegre - RS - Fone: (51) 3222.8844 - Fax: (51) 3222.3044 - E-mail: econsulting@econsulting.com.br

Lixiviação



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10123/29.03

Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Tijolo Normal - Lixiviação Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	Zero	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/L	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	< 0,001	Colorimetria	0,001
Surfactantes	mg/L	< 0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	< 1,0	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	1,026	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Cádmio	mg/L	< 0,005	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Chumbo	mg/L	< 1,0	Espectrof. Absorção Atômica	1,0
Teor de Cobre	mg/L	0,176	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	<0,1	Espectrof. Absorção Atômica	0,1
Teor de Ferro	mg/L	1,022	Espectrof. Absorção Atômica	0,0005
Teor de Manganês	mg/L	0,55	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Sódio	mg/L	5,678	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Teor de Zinco	mg/L	0,333	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Fluoreto	mg/L	0,07	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng.º Ricardo Beltrame
 Engenheiro Ambiental
 CRO - 0530723


 Eng.º Charles Beltrame
 Engenheiro Ambiental
 CRO - 05302222


 ECONSULTING

Liberado e Assinado Eletronicamente 6001855C

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 19/08/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C

Rua Conselheiro Travassos, 360 . Cep. 90230-140 . Porto Alegre . RS . Fone: (51) 3222.8844 . Fax: (51) 3222.3044 . E-mail: econsulting@econsulting.com.br



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10126/29.03

Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Tijolo W - 10% Areia Fundação-Lixiviação Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	Zero	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/L	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	< 0,001	Colorimetria	0,001
Surfactantes	mg/L	< 0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	< 1,0	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	4,687	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Cádmio	mg/L	< 0,005	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Chumbo	mg/L	< 1,0	Espectrof. Absorção Atômica	1,0
Teor de Cobre	mg/L	0,216	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	<0,1	Espectrof. Absorção Atômica	0,1
Teor de Ferro	mg/L	0,986	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Manganês	mg/L	0,623	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Sódio	mg/L	6,129	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Teor de Zinco	mg/L	0,455	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Fluoreto	mg/L	0,03	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng.º Edú Ricardo Beltrame
 Engenheiro Autorizado
 CRO - 05301723


 Eng.º Charles Beltrame
 Gerente de Qualidade
 CRO - 05302222

Liberado e Assinado Eletronicamente 8FE09F40

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 19/08/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C

Rua Conselheiro Travassos, 360 . Cep. 90230-140 . Porto Alegre . RS . Fone: (51) 3222.8844 . Fax: (51) 3222.3044 . E-mail: econsulting@econsulting.com.br


 ECONSULTING

Análises químicas dos extratos de lavagem dos gases das amostras das massas cerâmicas produzidas em laboratório, sem areia verde (N1 e N2) e com 10% de areia verde (W1 e W2).



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10130/29.03


Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Amostra N 01 Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	4,64	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/L	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	< 0,001	Colorimetria - Extração Clorofórmio	0,001
Surfactantes	mg/L	<0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	<1	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	< 0,2	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Chumbo	mg/L	< 0,005	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Cobre	mg/L	0,012	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	< 0,003	Espectrof. Absorção Atômica	0,003
Teor de Ferro	mg/L	< 0,0005	Espectrof. Absorção Atômica	0,0005
Teor de Manganês	mg/L	< 0,0015	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Sódio	mg/L	0,067	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Fluoreto	mg/L	0,53	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng. Ricardo Benigno
 Rua Arco-Íris, 1000
 CEP - 91320-000


 Eng. Charles Reitzel
 Rua da Qualidade
 CEP - 91320-000

Liberado e Assinado Eletronicamente 546396B4

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 01/09/2003



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10131/29.03

Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Amostra N 02 Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	9,28	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	8,58	Nessler	0,02
Nitratos	mg/L	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	0,0091	Colorimetria - Extração Clorofórmio	0,001
Surfactantes	mg/L	<0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	<1	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	< 0,2	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Chumbo	mg/L	< 0,005	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Cobre	mg/L	0,012	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	< 0,003	Espectrof. Absorção Atômica	0,003
Teor de Ferro	mg/L	< 0,0005	Espectrof. Absorção Atômica	0,0005
Teor de Manganês	mg/L	< 0,0015	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Sódio	mg/L	0,157	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Fluoreto	mg/L	3,6	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng.º Edú Ricardo Beltrame
 Signatário Autorizado
 CRO - 05391723


 Eng.º Charles Beltrame
 Gerente de Qualidade
 CRO - 05302222


 CQ
 ECONSULTING

Liberado e Assinado Eletronicamente A41982DC

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 19/08/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C

Rua Conselheiro Travassos, 360 . Cep. 90230-140 . Porto Alegre . RS . Fone: (51) 3222.8844 . Fax: (51) 3222.3044 . E-mail: econsulting@econsulting.com.br



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10128/29.03

Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Amostra W 01 Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	13,25	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitratos	mg/L	0,134	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	< 0,001	Colorimetria - Extração Clorofórmio	0,001
Surfactantes	mg/L	<0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	14,6	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	< 0,2	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Chumbo	mg/L	< 0,005	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Cobre	mg/L	0,015	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	< 0,003	Espectrof. Absorção Atômica	0,003
Teor de Ferro	mg/L	< 0,0005	Espectrof. Absorção Atômica	0,0005
Teor de Manganês	mg/L	< 0,0015	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Sódio	mg/L	0,114	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Fluoreto	mg/L	6,46	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng.º Eduardo Ricardo Beltrame
 Registrado no Conselho de Engenharia
 CRE - 055002023


 Eng.º Charles Beltrame
 Gerente de Qualidade
 CRQ - 055001723

Liberado e Assinado Eletronicamente 4D629518

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 01/09/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C
 Rua Conselheiro Travassos, 360 . Cep. 90230-140 . Porto Alegre . RS . Fone: (51) 3222.8844 . Fax: (51) 3222.3044 . E-mail: econsulting@econsulting.com.br



ECONSULTING

RELATÓRIO DE ENSAIO

Nº: 10129/29.03


Página 1 de 1

Cliente: INDÚSTRIA METALÚRGICA CERCENA LTDA RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 Cx. Postal 101 ERECHIM RS		DISTRITO INDUSTRIAL		
Dados de Identificação da Amostra				
Identificação: Amostra W 02 Coletador: Empresa Solicitante Local de Coleta: RUA SALOMÃO IOSCHPE, 361 - Erechim		Tipo da Amostra: Líquido Data de Coleta: 14/07/2003		
Resultados Analíticos				
Parâmetro	Unidade	Resultado	Metodologia	LD
Cloretos	mg/L	4,64	Titulometria - Met. Mohr	Zero
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1,48	Nessler	0,02
Nitratos	mg/L	<0,04	Colorimetria	0,04
Fenol	mg/L	0,0077	Colorimetria - Extração Clorofórmio	0,001
Surfactantes	mg/L	<0,01	Azul de Metileno - Surf. Aniônico MBAS	0,01
Sulfatos	mg/L	3	Colorimetria	1,0
Teor de Alumínio	mg/L	< 0,2	Espectrof. Absorção Atômica	0,2
Teor de Bário	mg/L	< 0,5	Espectrof. Absorção Atômica	0,5
Teor de Chumbo	mg/L	< 0,005	Espectrof. Absorção Atômica	0,005
Teor de Cobre	mg/L	0,018	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Cromo	mg/L	< 0,003	Espectrof. Absorção Atômica	0,003
Teor de Ferro	mg/L	< 0,0005	Espectrof. Absorção Atômica	0,0005
Teor de Manganês	mg/L	< 0,0015	Espectrof. Absorção Atômica	0,0015
Teor de Sódio	mg/L	0,133	Espectrof. Absorção Atômica	0,001
Fluoreto	mg/L	1,32	Eletrodo Ion Seletivo	Zero

Legenda: LD = Limite de Detecção

Certificado de Cadastro na FEPAM nº 018/2003-DL


 Eng. Eric Roberto Baltrame
 Engenheiro Ambiental
 CRM: 05360022


 Eng. Charles Baltrame
 Engenheiro Ambiental
 CRM: 05360022

Liberado e Assinado Eletronicamente B9337CD6

Os resultados contidos neste documento tem significação restrita, aplicam-se exclusivamente à amostra ensaiada e somente poderão ser reproduzidos na íntegra.

POA, 01/09/2003

Econsulting Projetos e Consultoria Ambiental Ltda - S/C
 Rua Conselheiro Travassos, 360 . Cep. 90230-140 . Porto Alegre . RS . Fone: (51) 3222.8844 . Fax: (51) 3222.3044 . E-mail: econsulting@econsulting.com.br

Autorização da FEPAM para realização dos testes industriais

1/2

AUTORIZAÇÃO N.º 165/2005-DL

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental, criada pela Lei Estadual nº 9.077 de 04/06/90 e com seus Estatutos aprovados pelo Decreto nº 33.765, de 28/12/90, registrada no Ofício do Registro Oficial em 01/02/91, no uso das atribuições que lhe confere a Lei nº 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06/06/90 e com base nos autos do processo administrativo nº. 15549-05.67/04-9, AUTORIZA, o:

EMPREENDIMENTO: 1921, CODRAM: 1112.10,
 EMPREENDEDOR: CERCENA S/A INDÚSTRIA METALÚRGICA,
 ENDEREÇO: Rua Salomão Ioschpe, 361, Distrito Industrial,
 MUNICÍPIO: Erechim – RS,

à atividade de: **INCORPORAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO EM TIJOLOS CERÂMICOS**, objetivando a realização de testes em escala industrial do estudo realizado pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas Metalurgia e de Materiais – PPGEM, da UFRGS, em 2003,

a ser realizada à: Cerâmica Getuliense Ltda, localizada à Av. Borges de Medeiros, 1610, no município de Getúlio Vargas, RS,

com as seguintes condições e restrições:

- 1-a presente autorização refere-se à utilização do resíduo areia de fundição (“areia verde”), gerado no processo de recuperação de areia pela empresa Cercena S/A Indústria Metalúrgica, em Erechim, na fabricação de tijolos cerâmicos, na Cerâmica Getuliense Ltda, em Getúlio Vargas;
- 2-esta autorização envolve uma quantidade de 10,2 t de areia de fundição, para a produção de 29.960 tijolos, equivalente a 28 h de produção da olaria, tempo este necessário para a realização dos testes de queima;
- 3-a incorporação da areia de fundição será realizada através da adição de 10 % da mesma na *argila 1*, a qual participa de 25% na proporção final da massa, juntamente com 25% da *argila 2* e 50% da *argila 3*;
- 4-a Cercena S/A Indústria Metalúrgica deverá comunicar a esta Fundação, com antecedência, a data do início do teste;
- 5-o acondicionamento do resíduo na origem deverá ser em container metálico de 07 t, sobre piso coberto e o transporte deverá ser acompanhado de MTR e ocorrer em 02 containers cobertos com lona, os quais deverão ser armazenados até o beneficiamento, no destino, em local coberto, próximo ao misturador;
- 6-o manuseio/ transferência dos resíduos ao misturador deverá ser realizada de forma a evitar perdas, devendo eventuais derramamento de resíduos serem captados e reincorporados;
- 7-os testes deverão ocorrer conforme plano operacional apresentado a esta Fundação, acompanhados e sob responsabilidade da Eng^a Civil Simone Maríndia Biolo, sendo que os testes de amostragem na chaminé e análises químicas deverão ser realizados pela empresa ISATEC-Pesquisa, Desenvolvimento e Análises Químicas Ltda;
- 8-o resultado dos testes deverá ser apresentado a esta Fundação através de relatório técnico de avaliação de desempenho, contendo as recomendações necessárias quanto à aplicação prática continuada desta incorporação.

Fica o empreendedor obrigado ao adimplemento de todas as parcelas vincendas, quando o pagamento dos custos for através da opção de parcelamento.

2/2

Esta AUTORIZAÇÃO possui validade de 1 (um) ano, a contar desta data, esta perderá a sua validade no caso de não atendimento de qualquer das condições e restrições contidas acima.

Porto Alegre, 12 de abril de 2005.

Mauro Gomes de Moura,
Diretor Técnico da FEPAM.

FEPAM – DIV. LICENCIAMENTO
DATA: 12/4/2005
ASS:

RCS/rhc.
fepam®.

Identificador do Documento = 182026

Resultados dos testes industriais
Análise química da areia verde
Solubilização e Lixiviação dos blocos cerâmicos

Relatório de Ensaio N.º 107.278 / 2005



OBJETIVO

Classificar, segundo Norma Brasileira NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os tijolos de cerâmica produzidos com e sem resíduo de areia de fundição na Cerâmica Getuliense situada em Getúlio Vargas - RS.

AMOSTRAGEM

Foi realizada uma amostragem simples, foi coletado um tijolo fabricado com areia de fundição e um tijolo normal produzidos (queimados) no período em que foram realizadas as medições de chaminés de 02 a 05 de maio de 2005.

ROTEIRO DE CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE

A coleta , classificação e determinações foram executadas conforme as normas da ABNT (Associação de Normas Técnicas).

- 1) ABNT NBR 10.006 :2004 – Solubilização de Resíduos
- 2) ABNT NBR 10.005 :2004 – Lixiviação de Resíduos
- 3) ABNT NBR 10.004 :2004 – Classificação de Resíduos Sólidos
- 4) Fluxograma para Classificação de Resíduos – ABNT NBR 10.004:2004.

PRODUÇÃO

O resíduo (areias de fundição) é oriundo das formas utilizadas na fundição de peças metálicas, sendo gerado de forma sistemática e contínua. O resíduo é composto principalmente por areia com e partículas (resíduos) do metal fundido.

Os tijolos com resíduos analisados nestes ensaios foram produzidos com cerca de 10% (dez por cento) desta areia de fundição, e os tijolos normais foram fabricados sem a utilização de nenhum outro material "estranho", utilizando-se somente a argila.

[Handwritten signature]

- 2 / 7 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
 CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
 Tel.: (53) 3233 8232
 (53) 3233 8233
 Fax: (53) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 107.278 / 2005



ANÁLISE CARACTERÍSTICA DO RESÍDUO

No quadro abaixo uma análise característica do Resíduo de Fundação de Areia

POLUENTE	Valor Encontrado
Alumínio	14800 mg / Kg
Arsênio	4,632 mg / Kg
Bário	225 mg / Kg
Cádmio	7,71 mg / Kg
Chumbo	5,053 mg / Kg
Cloretos	82,1 mg / Kg
Cobre	14,2 mg / Kg
Cromo	22,8 mg / Kg
Fenois	0,9538 mg / Kg
Ferro	98,60 mg / Kg
Fluoretos	0,0246%
Manganês	45,5 mg / Kg
Mercúrio	0,01918 mg / Kg
Sódio	3350 mg / Kg
Sulfato	0,58%
Zinco	37,0 mg / Kg

Certificado de ensaio nº 104948

RESULTADOS DA ANÁLISE DOS TIJOLOS

A seguir os passos e procedimentos observados, conforme fluxograma recomendado pela ABNT NBR 10.004 : 2004 para classificação do resíduo sólido descrito.

1. Resíduo (tijolos) tem origem conhecida ? SIM
2. Consta nos Anexos A e B da NBR 10.004 : 2004 ? NÃO

- 3 / 7 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233

Relatório de Ensaio N.º 107.278 / 2005



3. Característica de periculosidade. Avaliação :

3.1 Inflamabilidade = Não inflamável .

3.2 Corrosivo = Não corrosivo. O pH do tijolos (normal e com resíduo) encontrado é de 6,13 a 4,92. Para ser material considerado corrosivo pela Norma NBR 10.004, deve ter pH menor ou igual a 2,0 ou igual ou maior a 12,5.

3.3 Reatividade = Não reativo.

3.4 Toxicidade = Não Tóxico.

3.4.1 Lixiviação = Os valores obtidos no teste de lixiviação visa diferenciar os resíduos como Classe I – Perigosos e Classe II – Não Perigosos.

POLUENTE	NBR 10.004 - Anexo F	Certificado nº105162	Certificado nº105161
	Limite máximo lixiviado	Tijolo Normal	Tijolo c/areia
Arsênio	1,0 mg / L	ND	0,0013 mg / L
Bário	70,0 mg / L	0,107 mg / L	0,071 mg / L
Cádmio	0,5 mg / L	ND	ND
Chumbo	1,0 mg / L	ND	ND
Cromo	5,0 mg / L	0,01 mg / L	0,01 mg / L
Fluoretos	150 mg / L	0,138	ND
Mercúrio	0,1 mg / L	0,000144 mg / L	0,000148 mg / L
Prata	5,0 mg / L	ND	ND

ND : Valor menor que o limite de detecção do método.

Tijolos normais: Certificado de Ensaio 107278.

Tijolos com areia de fundição: Certificado de Ensaio 107280.

Como os valores encontrados foram no ensaio de lixiviação foram abaixo dos limites estabelecidos (Anexo F) , o resíduo (tijolos) é **Classe II – Não Perigoso**.

- 4 / 7 -

OS RESULTADOS DESTE DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 107.278 / 2005



7.2) Teste de solubilização = O teste de solubilização visa diferenciar os resíduos Classe II A – Não Inertes e Classe II B - Inertes.

POLUENTE	NBR 10.004 - Anexo G	Certificado n°107278	Certificado n°107280
	Limite máximo solubilizado	Tijolo Normal	Tijolo c/areia
Alumínio	0,2 mg / L	0,072 mg / L	0,827 mg / L
Arsênio	0,01mg / L	0,002 mg / L	0,0012 mg / L
Bário	0,7 mg / L	0,102 mg / L	0,0125 mg / L
Cádmio	0,005 mg / L -	ND	ND
Chumbo	0,01 mg / L	ND	ND
Cianetos	0,07 mg / L	0,014 mg / L	0,002 mg / L
Cloretos	250,0 mg / L	20,6 mg / L	10,1 mg / L
Cobre	2,0 mg / L	ND	0,117 mg / L
Cromo	0,05 mg / L	ND	0,100 mg / L
Fenois	0,01 mg / L	ND	ND
Ferro	0,3 mg / L	0,112 mg / L	0,239 mg / L
Fluoretos	1,5 mg / L	0,0771 mg / L	0,118 mg / L
Manganês	0,1 mg / L	1,49 mg / L	2,26 mg / L
Nitratos	10,0 mg / L	2,6 mg / L	0,1 mg / L
Sódio	200,0 mg /	1,45 mg / L	2,57 mg / L
Zinco	5,0 mg / L	ND	0,271 mg / L
Sulfato	250,0 mg / L	0,132 mg / L	0,105 mg / L
Surfactantes	0,5 mg / L	0,09 mg / L	0,011 mg / L

ND : Valor menor que o limite de detecção do método.

Tijolos normais: Certificado de Ensaio 105162.

Tijolos com areia de fundição: Certificado de Ensaio 105 161.

Nos Tijolos Normais a concentração no solubilizado para o Manganês e nos Tijolos com Areia de Fundição o valor de Manganês e de Alumínio a concentração do solubilizado estão acima dos limites estabelecidos no Anexo G (ABNT NBR 10.004:2004), sendo classificado conforme estas normas, como **Resíduo Não Perigosos - Classe II A – Não Inerte**.

Nos Tijolos Normais: O Manganês é oriundo da própria argila utilizada na fabricação de tijolos de cerâmica.

Nos Tijolos com areia de Fundição: O Manganês e o Alumínio são oriundos da argila e areia utilizada na fabricação de tijolos de cerâmica.

- 5 / 7 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 107.278 / 2005



COMENTÁRIOS

- 1) Os valores altos de Alumínio e Manganês eram esperados e são normais. Os tijolos não apresentam características, em função de suas propriedades físico – químicas ou infecto-contagiosas, risco a saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa um aumento de mortalidade ou incidência de doenças; como também não oferece riscos ao meio ambiente, quando manuseado e empregado de forma adequada.
- 2) Origem do resíduo = (areia de fundição) é conhecida. Esse resíduo é um sólido industrial resultante das formas utilizadas na fundição.
- 3) Propriedades físicas = Propriedades físicas das areias de fundição = produto sólido granulado / pulverulento de cor escura.
- 4) Perigo de fogo e explosão = O resíduo não apresenta características de inflamabilidade nem é combustível.
- 5) Toxicidade = Produto não apresenta toxicidade , segundo limites estabelecidos na ABNT NBR 10.004 : 2004.
- 6) Teste de solubilização = Foi observada a Norma Brasileira – ABNT NBR 10.006 : 2004 *
Solubilização de Resíduos .
Tijolos normais: Certificado de Ensaio 105162.
Tijolos com areia de fundição: Certificado de Ensaio 105 161.
- 7) Teste de lixiviação = Foi observada a Norma Brasileira – ABNT NBR 10.005 : 2004 *
Lixiviação de Resíduos.
Tijolos normais: Certificado de Ensaio 107278.
Tijolos com areia de fundição: Certificado de Ensaio 107280.
- 8) Fluxograma para classificação de resíduos.
Em anexo

CONCLUSÃO

Considerando a classificação segundo as normas acima citadas, o Tijolo Normal e o Tijolo fabricado com resíduo de Usinagem é classificado como **RESÍDUO NÃO PERIGOSO CLASSE II A – NÃO INERTE** .

- 6 / 7 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233

Relatório de Ensaio N.º 107.278 / 2005



ISATEC


ANEXOS


Em anexo se encontram as seguintes folhas :

- Certificado com resultados de ensaio da areia verde (resíduo da Cercena)
- Certificados com resultados de ensaio de solubilização
- Certificado com resultados de ensaio de lixiviação
- Fluxograma para classificação de resíduo (ABNT NBR 10.004 : 2004).

RIO GRANDE, 29 DE JUNHO DE 2005


MARIA AIDA RAMIS
 Laboratório de Análises
 Engenheira Química
 CRQ n.º 05300395


Mário Bender
 Responsável Interpretação
 Engenheiro Industrial Químico
 CRQ n.º 05300296


ROBERTA TEIXEIRA
 Laboratório Instrumental
 Engenheira Química
 CRQ n.º 05302432


ROMEU DARODA
 Gerente Geral

- 7 / 7 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
 Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
 CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
 Tel.: (53) 3233 8232
 (53) 3233 8233
 Fax: (53) 3233 8262

Resultados dos testes industriais

Ensaio de resistência mecânica e absorção de água dos blocos cerâmicos produzidos sem e com 10% de areia verde

REDE.....
METROLOGICA
RS
 LABORATÓRIO RECONHECIDO SEGUNDO
 A NORMA NBR ISO/IEC 17025:2001


CIENTEC
 FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Documento **RELATÓRIO DE ENSAIO** Número **15839/48660**
 Os resultados contidos neste documento têm significação restrita e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s) ou calibrado(s)
 Este documento somente poderá ser publicado na íntegra.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Cliente: INDUSTRIA METALURGICA CERCENA LTDA.
 R. Salomão Ioschpe, 361 - Distr. Industrial
 99700.000 - ERECHIM - RS

Material ensaiado: treze blocos cerâmicos sem função estrutural, entregues à CIENTEC pelo Cliente, e identificados, nesta Fundação, pela numeração no quadro abaixo.

Solicitação do Cliente: determinação da resistência à compressão e absorção de água.

Data de entrega do material: 20 de junho de 2005.

Período de realização do ensaio: 21 a 29 de junho de 2005.

Método: NBR 6461/83 para resistência à compressão; NBR 8947/85 para absorção de água.


RESULTADOS:

C.P. (n°)	Dimensões (mm)			Absorção (%)	Carga máxima (kN)	Limite de resistência (MPa)	Identificação do Cliente
	L	H	C				
1	92	134	242	24,7	33,8	1,52	"Normais".
2	90	133	243	25,4	36,2	1,65	
3	90	133	244	25,5	22,0	1,00	
4	90	134	244	24,3	31,4	1,43	
5	90	134	246	24,3	36,5	1,65	
6	89	134	244	22,8	51,0	2,35	
7	90	134	245	23,7	37,7	1,71	
8	90	134	246	23,4	29,1	1,31	
9	90	134	235	23,3	18,5	0,87	
10	90	133	242	24,3	35,0	1,60	
11	90	134	242	25,6	29,9	1,35	
12	90	134	246	23,0	34,2	1,54	
13	89	133	244	25,9	25,6	1,18	

Observações:

- Os blocos apresentavam-se vazados por seis furos de seção aproximadamente retangular com dimensões de (31x33)mm.
- Nos blocos, a pedido do Cliente, a carga foi aplicada perpendicularmente ao eixo dos furos segundo a face menor (a cutelo).

Porto Alegre, 12 de julho de 2005.


 Eng. Civil Dra. Fernanda M. P. Vieira
 Coordenadora do Lab. de Mat. de Constr. Civil
 Gerente Substituta do Departamento de
 Materiais de Construção Civil - DEMACC


 Eng. Civil Sergio Antonio Mazoni
 Responsável Técnico - CREA/RS nº11716

1/1

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Cliente: INDUSTRIA METALURGICA CERCENA LTDA.
 R. Salomão loschpe, 361 - Distr. Industrial
 99700.000 – ERECHIM – RS

Material ensalado: treze blocos cerâmicos sem função estrutural, entregues à CIENTEC pelo Cliente, e identificados, nesta Fundação, pela numeração no quadro abaixo.

Solicitação do Cliente: determinação da resistência à compressão e absorção de água.

Data de entrega do material: 20 de junho de 2005.

Período de realização do ensaio: 21 a 29 de junho de 2005.

Método: NBR 6461/83 para resistência à compressão; NBR 8947/85 para absorção de água.


RESULTADOS:

C.P. (n°)	Dimensões (mm)			Absorção (%)	Carga máxima (kN)	Limite de resistência (MPa)	Identificação do Cliente
	L	H	C				
14	90	136	246	24,9	31,0	1,40	Com areia de fundição.
15	90	133	243	26,0	25,6	1,17	
16	90	133	242	25,7	26,0	1,19	
17	90	134	244	25,6	31,0	1,41	
18	89	132	242	25,0	24,0	1,11	
19	91	134	246	25,0	28,3	1,26	
20	90	134	236	24,6	23,2	1,09	
21	90	134	246	24,0	30,3	1,37	
22	90	134	244	24,0	31,8	1,45	
23	89	132	242	23,7	36,9	1,71	
24	89	132	244	24,2	34,6	1,59	
25	90	134	247	25,0	27,9	1,26	
26	89	133	242	23,9	39,7	1,84	

Observações:

- Os blocos apresentavam-se vazados por seis furos de seção aproximadamente retangular com dimensões de (31x33)mm.
- Nos blocos, a pedido do Cliente, a carga foi aplicada perpendicularmente ao eixo dos furos segundo a face menor (a cutelo).

Porto Alegre, 1º de julho de 2005.


 Eng. Civil Dra. Fernanda M. P. Vieira
 Coordenadora do Lab. de Mat. de Constr. Civil
 Gerente Substituta do Departamento de
 Materiais de Construção Civil - DEMACC


 Eng. Civil Sergio Antonio Mazoni
 Responsável Técnico – CREA/RS nº11716

1/1

Resultados dos testes industriais

Amostragem das emissões gasosas

Relatório de Ensaio N.º 104.903 / 2005



OBJETIVO

Realizar Amostras no efluente gasoso proveniente da Queima de Tijolos com e sem utilização de Resíduos de Areias de Fundação da Cercena, utilizando serragem de madeira como combustível para determinar a Concentração e Taxa de Emissão de NO_x , SO_2 , névoas de SO_3 e H_2SO_4 e de Material Particulado.

METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE

As coletas de amostras e determinações foram executadas conforme normas da EPA (Environmental Protection Agency - USA), da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo) e da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Os métodos observados foram os seguintes:

- 1 - Determinação de pontos de Amostragem em DCFE (Duto ou Chaminé de Fonte Estacionária)
CETESB - L9.221-Jun/90 # EPA - Method 1 # ABNT - NBR 10701-Jul/89
- 2 - Determinação da velocidade e da vazão dos gases em DCFE
CETESB - L9.222-Mai/92 # EPA - Method 2 # ABNT - NBR 11966-Jul/89
- 3 - Determinação da massa molecular seca do fluxo de gases em DCFE
CETESB - L9.223-Jun/92 # EPA - Method 3 # ABNT - NBR 10702-Jul/89
- 4 - Determinação da umidade dos efluentes em DCFE
CETESB - L9.224-Ago/93 # EPA - Method 4 # ABNT - NBR 11967-Jul/89
- 5 - Determinação de SO_2 e névoas de SO_3 e H_2SO_4 em DCFE
CETESB - L9.228-Jun/92 # EPA - Method 8 # NBR 12021-Dez/90
- 6 - Determinação de material particulado em DCFE
CETESB - L9.217-Nov/89 # EPA - Method 17 # NBR 12827-Set93
- 7 - Determinação de NO_x em DCFE
CETESB - L9.229-Out/92 # EPA - Method 9

DADOS DA CHAMINÉ

Dimensões do duto 0,45 X 0,56 m

$$\text{Diâmetro equivalente} = \text{Diametroequivalente} = \frac{2 \times (0,45 \times 0,56)}{0,45 + 0,56} = 0,50m$$

Distância após o ponto de amostragem até o acidente mais próximo $\approx 1,0$ metros

Distância antes do ponto de amostragem até o acidente mais próximo $\approx 1,7$ metros

- 2 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 104.903 / 2005



ISATEC

SEM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE AREIA DE FUNDIÇÃO

		AMOSTRAS				Média
		1	2	3		
Data da amostragem		03.05.2005				-
Hora início da amostragem	h:min	13:16	15:13	16:52		-
Hora término da amostragem	h:min	14:25	16:21	18:07		-
Tempo total de amostragem	h	60	60	60		60
Teor de oxigênio (O ₂) no efluente	% v / v	16,7	16,8	16,9		16,8
Teor de monóxido de carbono (CO) no efluente	ppm	341	351	321		337,6
Teor de dióxido de carbono (CO ₂) no efluente	% v / v	3,6	3,5	3,5		3,6
Temperatura da chaminé	°C	102,2	101,4	98,6		100,7
⁽¹⁾ Pressão estática na chaminé (leitura no instrumento)	mm H ₂ O	< 0,1	< 0,1	< 0,1		-
⁽¹⁾ Pressão total na chaminé (leitura no instrumento)		< 0,1	< 0,1	< 0,1		-
Pressão na chaminé	"Hg	28,08	28,08	28,08		28,08
Pressão no medidor de gas	"Hg	28,21	28,21	28,21		28,21
Volume água nas condições de chaminé	ft ³	8,605	8,029	8,478		8,371
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	56,577	55,959	55,660		56,065
Proporção vol. vapor/água nos gases chaminé	v / v	0,132	0,125	0,132		0,130
Peso molecular base úmida	g/gmol	27,761	27,828	27,754		27,781
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	ft / min	< 255,31	< 254,74	< 254,12		-
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	m / s	< 1,30	< 1,29	< 1,29		-
Área da Boquilha	ft ²	0,0041	0,0041	0,0041		0,0041
Isocinetismo	%	104,0	102,3	102,8		103,0
Área da Chaminé	m ²	0,252	0,252	0,252		0,252
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	< 1177	< 1174	< 1171		-
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	< 698	< 703	< 701		-
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	1,094	1,085	1,087		1,089
Concentração de Material Particulado	mg / Nm ³	14	15	13		14,0
⁽²⁾ Taxa de emissão de material particulado	kg / h	0,0096	0,0107	0,0092		0,0098
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	⁽³⁾ < 0,05	⁽³⁾ < 0,05	⁽³⁾ < 0,05		⁽³⁾ < 0,05
⁽²⁾ Taxa de emissão de H ₂ SO ₄	kg / h	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001		< 0,0001
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	3,545	3,513	⁽⁴⁾ < 1,2		-
⁽²⁾ Taxa de emissão de SO ₂	kg / h	0,002	0,002	< 0,0008		-

		Amostras				Média
		1	2	3	4	
Concentração de NO _x no efluente	mg / Nm ³	22	18	19	23	20,40
⁽²⁾ Taxa de emissão de NO _x	kg / h	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,02	-

OBS.: ⁽¹⁾ A pressão estática e pressão total é menor que a sensibilidade do instrumento, isto é < 0,1 mm H₂O

⁽²⁾ A velocidade, Vazão e Taxa de emissão é menor que a calculada, devido ao item ⁽¹⁾

⁽³⁾ Limite de detecção do método 0,05 mg H₂SO₄ / m³

⁽⁴⁾ Limite de detecção do método 1,2 mg SO₂ / m³

- 3 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA INTEGRALIDADE. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (51) 3233 8232
(51) 3233 8233
Fax: (51) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 104.903 / 2005



ISATEC

COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE AREIA DE FUNDIÇÃO

		AMOSTRAS				Média
		1	2	3		
Data da amostragem		05.05.2005				-
Hora início da amostragem	h:min	09:16	10:44	13:29	-	
Hora término da amostragem	h:min	10:25	11:50	14:39	-	
Tempo total de amostragem	h	60	60	60	60	
Teor de oxigênio (O ₂) no efluente	% v / v	17,0	17,2	16,9	17,0	
Teor de monóxido de carbono (CO) no efluente	ppm	198	215	199	203,9	
Teor de dióxido de carbono (CO ₂) no efluente	% v / v	3,4	3,2	3,5	3,4	
Temperatura da chaminé	°C	99,8	99,0	101,2	100,0	
⁽¹⁾ Pressão estática na chaminé (leitura no instrumento)	mm H ₂ O	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	
⁽¹⁾ Pressão total na chaminé (leitura no instrumento)		< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	
Pressão na chaminé	"Hg	28,08	28,08	28,08	28,08	
Pressão no medidor de gas	"Hg	28,21	28,21	28,21	28,21	
Volume água nas condições de chaminé	ft ³	5,767	5,377	4,991	5,378	
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	55,605	55,644	56,140	55,797	
Proporção vol. vapor água nos gases chaminé		0,094	0,088	0,082	0,088	
Peso molecular base úmida		28,169	28,217	28,319	28,235	
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	ft / min	< 252,63	< 252,17	< 252,44	-	
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	m / s	< 1,28	< 1,28	< 1,28	-	
Área da Boquilha	ft ²	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	
Isocinetismo	%	99,0	98,6	98,6	98,7	
Área da Chaminé	m ²	0,252	0,252	0,252	0,252	
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	< 1164	< 1162	< 1163	-	
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	< 725	< 730	< 732	-	
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	1,083	1,086	1,089	1,086	
Concentração de Material Particulado	mg / Nm ³	13	12	11	11,9	
⁽²⁾ Taxa de emissão de material particulado	kg / h	< 0,0091	< 0,0091	< 0,0079	-	
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	⁽³⁾ < 0,05	⁽³⁾ < 0,05	⁽³⁾ < 0,05	-	
⁽²⁾ Taxa de emissão de H ₂ SO ₄	kg / h	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	
Concentração de H ₂ SO ₄ no efluente	mg / Nm ³	⁽⁴⁾ < 1,2	3,058	5,602	-	
⁽²⁾ Taxa de emissão de SO ₂	kg / h	< 0,001	0,002	0,004	-	

		Amostras				Média
		1	2	3	4	
Concentração de NO _x no efluente	mg / Nm ³	45	43	45	44	44,19
⁽²⁾ Taxa de emissão de NO _x	kg / h	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	-

OBS.: ⁽¹⁾ A pressão estática e pressão total é menor que a sensibilidade do instrumento, isto é < 0,1 mm H₂O

⁽²⁾ A velocidade, Vazão e Taxa de emissão é menor que a calculada, devido ao item ⁽¹⁾

⁽³⁾ Limite de detecção do método 0,05 mg H₂SO₄ / m³

⁽⁴⁾ Limite de detecção do método 1,2 mg SO₂ / m³

- 4 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 104.903 / 2005**CONDIÇÕES OPERACIONAIS E DE COLETA**


- 1) Durante o período das medições, a Unidade funcionou, segundo informações da Empresa, nas condições usuais de trabalho.
- 2) As coletas e medições foram realizadas utilizando-se um equipamento completo para amostragens de gases e particulados.
- 3) A preparação dos filtros e frascos lavadores, bem como a recuperação das amostras foram realizados nos Cerâmica Getuliense.
- 4) Os ensaios químicos foram realizados nos Laboratórios da ISATEC em Rio Grande
- 5) Os resultados obtidos são válidos somente para o dia e as condições em que foram coletadas as amostras.


ANEXOS

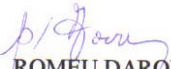
Em anexo se encontram as seguintes folhas:

- 1) Planilhas de Preparação e Retomada do Material de Coleta
- 2) Folhas de Amostragem de Campo
- 3) Planilhas de Cálculo das amostragens de chaminé

RIO GRANDE, 10 DE JUNHO DE 2005


MARIA AIDA RAMIS
Responsável Ensaio Analítico
Engenheira Química
CRQ nº05300395


MARIO BENDER
Responsável Amostragem
Engenheiro Químico
CRQ nº05300296


ROMEU DARÓDA
Gerente Geral

- 5 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 104.894/ 2005**OBJETIVO**

Realizar Amostras no efluente gasoso proveniente da Queima de Tijolos com e sem utilização de Resíduos de Areias de Fundação da Cercena, utilizando serragem de madeira como combustível para determinar a Concentração e Taxa de Emissão Metais (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Tl, Zn) de Material Particulado.

METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE

As coletas de amostras e determinações foram executadas conforme normas da EPA (Environmental Protection Agency - USA), da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo) e da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Os métodos observados foram os seguintes:

- 1 - Determinação de pontos de Amostragem em DCFE (Duto ou Chaminé de Fonte Estacionária)
CETESB - L9.221 # EPA - Method 1 # NBR 10701
- 2 - Determinação da velocidade e da vazão dos gases em DCFE
CETESB - L9.222 # EPA - Method 2 # NBR 11966
- 3 - Determinação da massa molecular seca do fluxo de gases em DCFE
CETESB - L9.223 # EPA - Method 3 # NBR 10702
- 4 - Determinação da umidade dos efluentes em DCFE
CETESB - L9.224 # EPA - Method 4 # NBR 11967
- 5 - Determinação de material particulado em DCFE
CETESB - L9.217 # EPA - Method 17 # NBR 12827
- 6 - Determinação de NO_x em DCFE
CETESB - L9.229 # EPA - Method 9
- 7 - Determinação de Metais em DCFE
EPA - Method 29

DADOS DA CHAMINÉ

Dimensões do duto 0,45 X 0,56 m

$$\text{Diâmetro equivalente} = \text{Diametroequivalente} = \frac{2 \times (0,45 \times 0,56)}{0,45 + 0,56} = 0,50m$$

Distância após o ponto de amostragem até o acidente mais próximo \approx 1,0 metros

Distância antes do ponto de amostragem até o acidente mais próximo \approx 1,7 metros

- 2 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

Relatório de Ensaio N.º 104.894/ 2005



ISATEC

SEM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE AREIA DE FUNDIÇÃO

		AMOSTRAS			Média
		1	2	3	
Data da amostragem		02.05.2005	03.05.2005		-
Hora início da amostragem	h:min	10:31	16:00	08:05	-
Hora término da amostragem	h:min	12:48	18:10	11:20	-
Tempo total de amostragem	h	120	120	120	-
Teor de oxigênio (O ₂) no efluente	% v / v	17,2	16,7	16,7	16,8
Teor de monóxido de carbono (CO) no efluente	ppm	171	402	434	336
Teor de dióxido de carbono (CO ₂) no efluente	% v / v	3,2	3,7	3,6	3,5
Temperatura da chaminé	°C	109,6	94,3	107,7	103,8
⁽¹⁾ Pressão estática na chaminé (leitura no instrumento)	mm H ₂ O	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
⁽¹⁾ Pressão total na chaminé (leitura no instrumento)	mm H ₂ O	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
Pressão na chaminé	"Hg	28,61	28,61	28,08	28,43
Pressão no medidor de gas	"Hg	28,74	28,74	28,21	28,57
Volume agua nas condições de chaminé	ft ³	18,29	21,45	18,56	19,43
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	115,45	111,03	115,09	113,86
Proporção vol. vapor/agua nos gases chaminé		0,137	0,162	0,139	0,146
Peso molecular base úmida		27,6715	27,43591	27,68737	27,59826
Velocidade na chaminé	ft / min	255,8288	251,7282	257,5109	255,0226
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	ft / min	< 255,83	< 251,73	< 257,51	< 255,02
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	m / s	< 1,30	< 1,28	< 1,31	< 1,31
Área da Boquilha	ft ²	0,004092	0,004092	0,004092	0,00
Isocinetismo	%	106,5	107,2	105,7	106,45
Área da Chaminé	m ²	0,252	0,252	0,252	0,2520
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	< 1179	< 1160	< 1187	< 1175
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	< 695	< 691	< 688	< 691
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	2,2315	2,2355	2,1943	2,2204
Concentração de Material Particulado no efluente	mg / Nm ³	8	6	6	6,5
⁽²⁾ Taxa de emissão de material particulado	Kg / h	< 0,0055	< 0,0042	< 0,0038	< 0,0045
Concentração de Zinco no efluente	mg / Nm ³	0,3583	0,1739	0,1990	0,2438
Concentração de Chumbo no efluente	mg / Nm ³	0,0262	0,0400	0,0296	0,0319
Concentração de Tálcio no efluente	mg / Nm ³	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002
Concentração de Cádmio no Efluente	mg / Nm ³	0,0005	0,0002	0,0003	0,0003
Concentração de Ferro no Efluente	mg / Nm ³	0,7144	0,7717	0,4722	0,6528
Concentração de Arsenio no Efluente	mg / Nm ³	0,0112	0,0076	0,0129	0,0106
Concentração de Cobalto no Efluente	mg / Nm ³	0,0113	0,0021	0,0023	0,0052
Concentração de Cobre no Efluente	mg / Nm ³	0,0076	0,0118	0,0648	0,0281
Concentração de Cromo no Efluente	mg / Nm ³	0,0003	ND	ND	-
Concentração de Niquel no Efluente	mg / Nm ³	0,0134	0,0019	0,0041	0,0065
Concentração de Manganês no Efluente	mg / Nm ³	0,0301	0,0576	0,0360	0,0412
Concentração de Estanho no Efluente	mg / Nm ³	0,1257	0,1350	0,0868	0,1158
Concentração de Metais As+Co+Cd+Ni+Cr+Cu+Mn+Pb+Ti+Sb+Zn+Fe	mg / Nm ³	1,2992	1,2021	0,9083	1,1365

OBS.: ⁽¹⁾ A pressão estática e pressão total é menor que a sensibilidade do instrumento, isto é < 0,1 mm H₂O

⁽²⁾ A velocidade, Vazão e Taxa de emissão é menor que a calculada, devido ao item ⁽¹⁾

ND = menor que o limite de detecção do método

- 3 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE AREIA DE FUNDIÇÃO

		AMOSTRAS			Média
		1	2	3	
Data da amostragem		04.05.2005			-
Hora início da amostragem	h:min	09:16	13:30	16:41	-
Hora término da amostragem	h:min	11:22	15:37	18:51	-
Tempo total de amostragem	h	120	120	120	-
Teor de oxigênio (O ₂) no efluente	% v / v	17,1	16,8	16,9	16,9
Teor de monóxido de carbono (CO) no efluente	ppm	219	195	128	180
Teor de dióxido de carbono (CO ₂) no efluente	% v / v	3,3	3,6	3,6	3,5
Temperatura da chaminé	°C	92,4	98,8	99,9	97,0
⁽¹⁾ Pressão estática na chaminé (leitura no instrumento)	mm H ₂ O	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
⁽¹⁾ Pressão total na chaminé (leitura no instrumento)	mm H ₂ O	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
Pressão na chaminé	"Hg	28,20	28,20	28,20	28,20
Pressão no medidor de gas	"Hg	28,33	28,33	28,33	28,33
Volume água nas condições de chaminé	ft ³	19,00	18,91	16,47	18,13
Volume gases medido nas condições chaminé	ft ³	110,62	112,41	112,11	111,72
Proporção vol. vapor/água nos gases chaminé		0,147	0,144	0,128	0,140
Peso molecular base úmida		27,5697	27,6248	27,8047	27,6664
Velocidade na chaminé	ft / min	252,304	254,225	253,798	253,442
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	ft / min	< 252,30	< 254,23	< 253,80	< 253,44
⁽²⁾ Velocidade na chaminé	m / s	< 1,28	< 1,28	< 1,28	< 1,28
Isocinetismo	%	104,6	105,2	103,2	104,34
Área da Chaminé	m ²	0,252	0,252	0,252	0,2520
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições da chaminé	m ³ / h	< 1163	< 1172	< 1170	< 1168
⁽²⁾ Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ / h	< 699	< 694	< 704	< 699
Volume amostrado nas condições normais, base seca	Nm ³	2,206	2,204	2,191	2,201
Concentração de Material Particulado no efluente	mg / Nm ³	9	11	10	10,3
⁽²⁾ Taxa de emissão de material particulado	kg / h	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
Concentração de Zinco no efluente	mg / Nm ³	0,1826	0,1912	0,0172	0,1303
Concentração de Chumbo no efluente	mg / Nm ³	0,0371	0,0333	0,0305	0,0336
Concentração de Tálho no efluente	mg / Nm ³	0,0004	0,0005	0,0003	0,0004
Concentração de Cádmio no Efluente	mg / Nm ³	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002
Concentração de Ferro no Efluente	mg / Nm ³	0,7112	1,4221	0,6663	0,9332
Concentração de Arsenio no Efluente	mg / Nm ³	0,0128	0,0133	0,0128	0,0130
Concentração de Cobalto no Efluente	mg / Nm ³	0,0005	0,0007	0,0025	0,0012
Concentração de Cobre no Efluente	mg / Nm ³	0,0115	0,0162	0,0191	0,0156
Concentração de Cromo no Efluente	mg / Nm ³	ND	ND	ND	ND
Concentração de Níquel no Efluente	mg / Nm ³	0,0044	0,0013	0,0001	0,0019
Concentração de Manganês no Efluente	mg / Nm ³	0,0347	0,0501	0,0482	0,0443
Concentração de Estanho no Efluente	mg / Nm ³	0,0343	0,0038	0,0724	0,0368
Concentração de Metais Cercena As+Co+Cd+Ni+Cr+Cu+Mn+Pb+Ti+Sb+Zn+Fe	mg / Nm ³	1,0297	1,7326	0,8696	1,2106

OBS.: ⁽¹⁾ A pressão estática e pressão total é menor que a sensibilidade do instrumento, isto é < 0,1 mm H₂O

⁽²⁾ A velocidade, Vazão e Taxa de emissão é menor que a calculada, devido ao item ⁽¹⁾

ND = menor que o limite de detecção do método

- 4 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262

CONDIÇÕES OPERACIONAIS E DE COLETA


- 1) Durante o período das medições, a Unidade funcionou, segundo informações da Empresa, nas condições usuais de trabalho.
- 2) As coletas e medições foram realizadas utilizando-se um equipamento completo para amostragens de gases e particulados.
- 3) A preparação dos filtros e frascos lavadores, bem como a recuperação das amostras foram realizados nos Cerâmica Getuliense.
- 4) Os ensaios químicos foram realizados nos Laboratórios da ISATEC em Rio Grande
- 5) Os resultados obtidos são válidos somente para o dia e as condições em que foram coletadas as amostras.

ANEXOS


Em anexo se encontram as seguintes folhas:

- 1) Planilhas de Preparação e Retomada do Material de Coleta
- 2) Folhas de Amostragem de Campo
- 3) Planilhas de Cálculo das amostragens de chaminé

RIO GRANDE, 10 DE JUNHO DE 2005


MARIA AIDA RAMIS
Responsável Ensaios Analíticos
Engenheira Química
CRQ nº05300395


MARIO BENDER
Responsável Amostragem
Engenheiro Químico
CRQ nº05300296


ROMEU DARODA
Gerente Geral

- 5 / 5 -

OS RESULTADOS DESTES DOCUMENTOS TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICAM EXCLUSIVAMENTE A ESTA AMOSTRA. ESTE DOCUMENTO SÓ PODERÁ SER REPRODUZIDO NA SUA ÍNTEGRA. REPRODUÇÃO POR PARTES REQUER APROVAÇÃO ESCRITA DO LABORATÓRIO.

ISATEC - Pesquisa, Desenvolvimento e
Análises Químicas Ltda.

Av. Francisco Martins Bastos, 202
CEP 96202-710 - Rio Grande - RS
Tel.: (53) 3233 8232
(53) 3233 8233
Fax: (53) 3233 8262