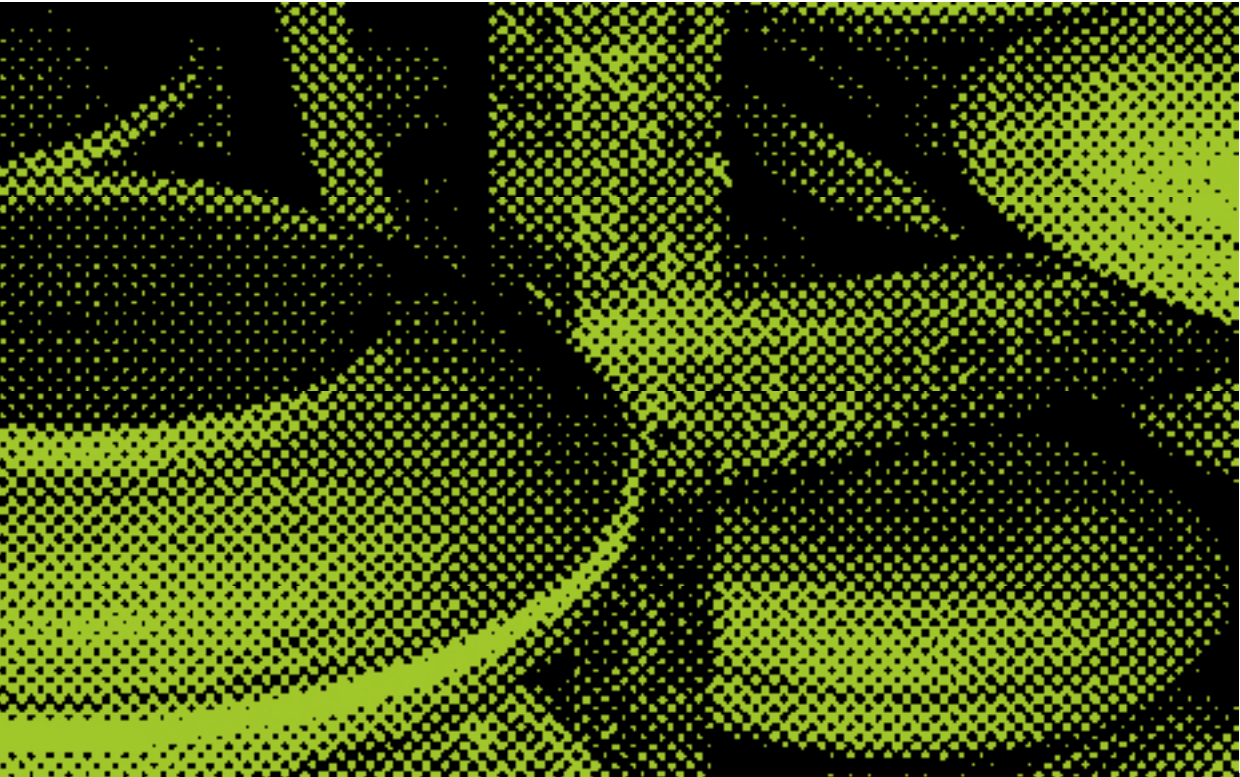




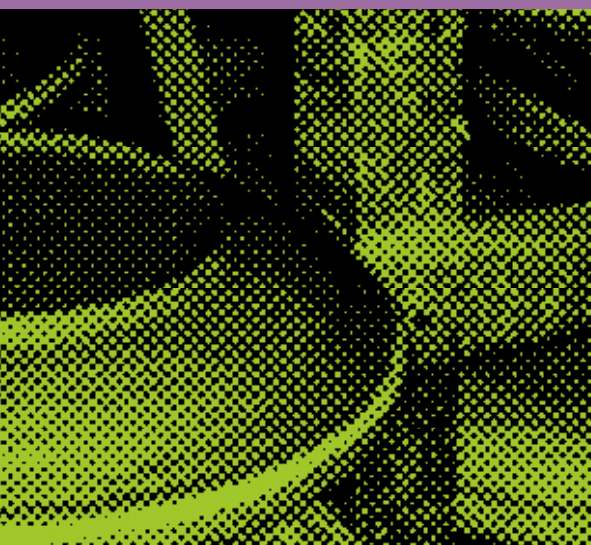
Cerâmica Branca^e de Revestimento

PISOS E REVESTIMENTOS

ISOLADORES ELÉTRICOS

LOUÇAS SANITÁRIAS

LOUÇAS DE MESA



GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA BRANCA E DE REVESTIMENTO - SÉRIE P+L



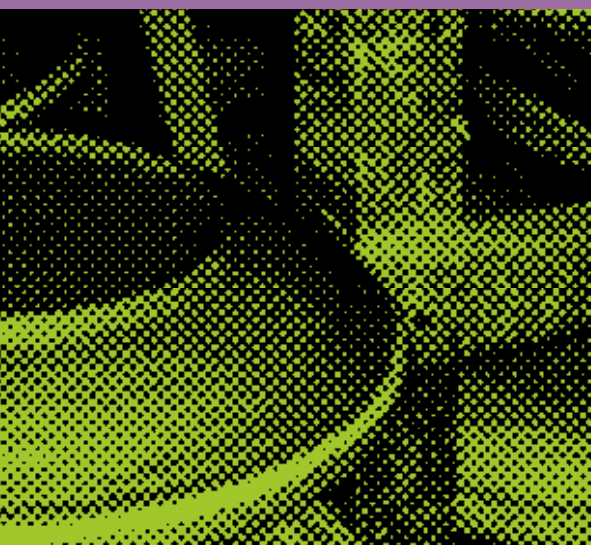
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Cláudio Lembo - Governador

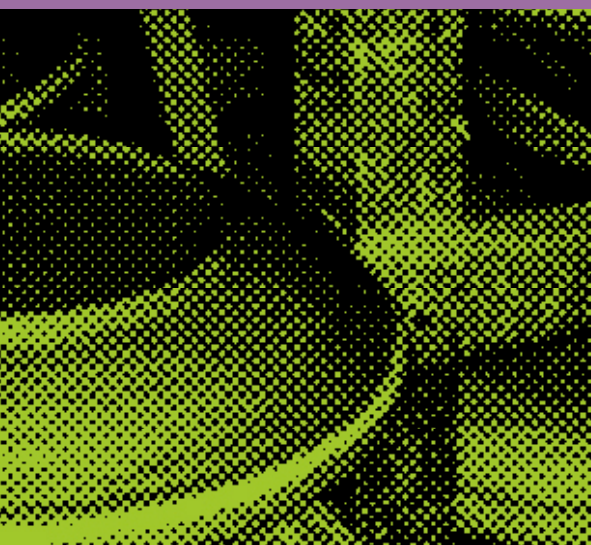
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
José Goldemberg - Secretário

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
Otávio Okano - Diretor Presidente
Alaôr Lineu Ferreira - Diretor de Gestão Corporativa
João Antônio Fuzaro - Diretor de Controle de Poluição Ambiental
Lineu José Bassoi - Diretor de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental



Federação das Indústrias do Estado de São Paulo- FIESP
Paulo Skaf – Presidente







Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental

Lineu José Basso

Depto. de Desenvolvimento, Tecnologia e Riscos Ambientais

Angela de Campos Machado

Divisão de Tecnologias Limpas e Qualidade Laboratorial

Meron Petro Zajac

Setor de Tecnologias de Produção mais Limpa

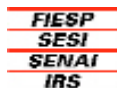
Flávio de Miranda Ribeiro

Coordenação Técnica

Angela de Campos Machado

Flávio de Miranda Ribeiro

Meron Petro Zajac



Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP

Departamento de Meio Ambiente - DMA

Nelson Pereira dos Reis – Diretor Titular

Arthur Cezar Whitaker de Carvalho – Diretor Adjunto

Nilton Fornasari Filho – Gerente

Coordenação do Projeto Série P+L

Luciano Rodrigues Coelho - DMA

Elaboração

Maria Cecília de Oliveira – Setor de Tecnologias de Produção mais Limpa

Martha Faria Bernils Maganha - Setor de Tecnologias de Produção mais Limpa

Colaboração

CETESB

Carlos Eduardo Komatsu – Departamento de Tecnologia do Ar

Cláudio de Oliveira Mendonça - Agência Ambiental de Santo André

José Wagner Faria Pacheco- Setor de Tecnologias de Produção mais Limpa

Lucas Moreira Grisolia - Setor de Tecnologias de Produção mais Limpa

Maria da Penha O. de Alencar - Agência Ambiental de Campinas II

Marta Lorenti - Agência Ambiental de Jundiaí

Moraci Gonçalves de Oliveira - Agência Ambiental de Piracicaba

Paulo Plácido Campos Junior - Setor de Efluentes Líquidos

Regis Nieto - Setor de Efluentes Líquidos

EMPRESAS

Cerâmica Buschinelli Ltda. Villagres e Lineart

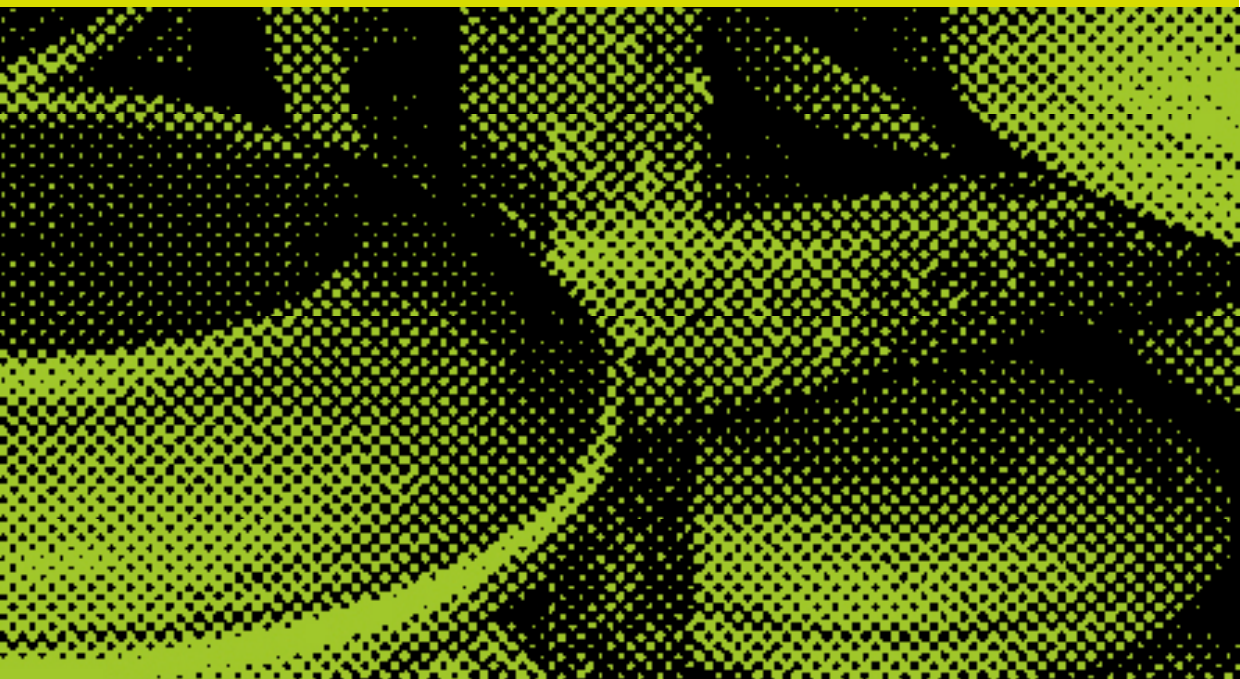
Embramaco – Empresa Brasileira de Materiais de Construção Ltda.

Ideal Standard Wabco Trane Indústria e Comércio Ltda.

Isoladores Santana S/A

Porcelana Teixeira Ltda.

Sumário



INTRODUÇÃO	17
1. PERFIL DO SETOR.....	20
1.1 Abate de Suínos	20
2. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS.....	27
2.1 Principais Etapas do Processo Produtivo	30
2.2 Fluxogramas Específicos	41
3. CONSUMO E IMPACTOS AMBIENTAIS	53
3.1 Uso de Insumos.....	54
3.2 Geração de Rejeitos	59
4. MEDIDAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	77
4.1 Extração de argila	78
4.2 Estocagem da argila a céu aberto	78
4.3 Estocagem das matérias-primas e transporte para processo	78
4.4 Preparação da massa.....	78
4.5 Atomização.....	79
4.6 Prensagem e fundição	79
4.7 Secagem	80
4.8 Esmaltação.....	80
4.9 Queima.....	81
4.10 Embalagem	81
4.11 Medidas de caráter geral.....	81

PALAVRA DO PRESIDENTE DA CETESB

Em prosseguimento aos documentos da Série P + L, anteriormente lançados, referentes aos setores de Bijuterias, Cerveja e Refrigerantes, Cosméticos, Curtumes e Sucos Cítricos, é com renovada satisfação que apresentamos mais um conjunto de guias ambientais, desta vez abordando os setores de Abate (Bovino e Suíno), Graxarias, Industrialização de carne, Cerâmicas, Produtos Lácteos e Tintas e Vernizes.

Esta iniciativa, fruto da parceria da CETESB com o setor produtivo, reforça o intuito de apoiar o trabalho preventivo que as indústrias paulistas têm realizado, buscando a minimização de resíduos na fonte, evitando ou reduzindo assim o consumo de recursos e a necessidade de tratamento e destinação final.

A adoção da P+L como um apolítica institucional das empresas, com tratamento efetivo da questão como um sistema de gestão, ao invés da adoção de ações pontuais, pode trazer resultados ambientais satisfatórios de forma contínua e perene. Estes devem ser avaliados periodicamente por intermédio de indicadores como a produtividade, redução do consumo de matérias-primas e recursos naturais, diminuição do passivo ambiental, redução da carga de resíduos gerados nas plantas produtivas e redução/ eliminação da utilização de substâncias tóxicas. Obtendo-se resultados positivos na análise dos indicadores citados anteriormente, estes se refletirão na redução de riscos para a saúde ambiental e humana, além de trazer benefícios econômicos para o empreendedor, contribuindo sobremaneira para a imagem empresarial, com melhoria na sua competitividade.

Esperamos assim que as trocas de informações iniciadas com estes documentos proliferem e desenvolvam-se, gerando um maior e mais maduro grau de intercâmbio do setor produtivo com o órgão ambiental, reunindo esforços rumo à solução de um problema de todos nós: adequar-se ao desafio do desenvolvimento sustentável sem comprometer a sustentabilidade dos negócios.

Certo de que estamos no rumo acertado, deixamos por fim nossos votos de bom trabalho àqueles que forem implementar as medidas aqui propostas, lembrando que estes documentos são o início de um processo, do qual esperamos outras empresas e setores participem, e não um fim em si mesmos.

Otávio Okano

Diretor- Presidente da CETESB

PALAVRA DO PRESIDENTE DA FIESP

Produção mais limpa, país mais desenvolvido!

Os Guias Técnicos de Produção Mais Limpa, com especificidades e aplicações nos distintos segmentos da indústria, constituem preciosa fonte de informações e orientação para técnicos, empresários e todos os interessados na implementação de medidas ecologicamente corretas nas unidades fabris. Trata-se, portanto, de leitura importante para o exercício de uma das mais significativas ações de responsabilidade social, ou seja, a defesa do meio ambiente e qualidade da vida.

Essas publicações, frutos de parceria da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), contribuem muito para que as indústrias, além do devido e cívico respeito aos preceitos da produção mais limpa, usufruam a conseqüente economia de matérias-primas, água e energia. Também há expressivos avanços quanto à eliminação de materiais perigosos, bem como na redução, no processo produtivo, de quantidades e toxicidade de emissões líquidas, gasosas e resíduos.

Ganham as empresas, a economia e, sobretudo, a sociedade, considerando o significado do respeito ao meio ambiente e ao crescimento sustentável. A Cetesb, referência brasileira e internacional, aloca toda a sua expertise no conteúdo desses guias, assim como os Sindicatos das Indústrias, que contribuem com informações setoriais, bem como, com as ações desenvolvidas em P+L, inerentes ao segmento industrial. Seus empenhos somam-se ao da Fiesp, que tem atuado de maneira pró-ativa na defesa da produção mais limpa. Dentre as várias ações institucionais, a entidade organiza anualmente a Semana do Meio Ambiente, seminário internacional com workshops e entrega do Prêmio Fiesp do Mérito Ambiental.

Visando a estimular o consumo racional e a preservação dos mananciais hídricos, criou-se o Prêmio Fiesp de Conservação e Reúso da Água. Sua meta é difundir boas práticas e medidas efetivas na redução do consumo e desperdício. A entidade também coopera na realização do trabalho e é responsável pelo subcomitê que dirigiu a elaboração da versão brasileira do relatório técnico da ISO sobre Ecodesign.

Por meio de seu Departamento de Meio Ambiente, a Fiesp intensificou as ações nesta área. Especialistas acompanham e desenvolvem ações na gestão e licenciamento ambiental, prevenção e controle da poluição, recursos hídricos e resíduos industriais. Enfim, todo empenho está sendo feito pela entidade, incluindo parcerias com instituições como a Cetesb, para que a indústria paulista avance cada vez mais na prática ecológica, atendendo às exigências da cidadania e dos mercados interno e externo.

Paulo Skaf

Presidente da Fiesp

PALAVRA DO PRESIDENTE DO SINDICERCON

O Sindicato da Indústria da Cerâmica para Construção do Estado de São Paulo – SINDICERCON-SP- entende que “Os Guias Técnicos de Produção Mais Limpa, com especificidades e aplicações em distintos segmentos das indústrias, entre os quais o setor de cerâmica voltada para a construção civil, se caracterizam como um importante documento rico em informações e orientação para técnicos, empresários e todos os interessados na implementação de medidas ecologicamente adequadas, nas unidades fabris. Trata-se portanto, de leitura fundamental para a implementação de uma das mais significativas ações de responsabilidade social, ou seja a defesa do meio ambiente e qualidade da vida.

O SINDICERCON-SP agrega-se a parceria da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo –FIESP – e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB – na publicação desse guia de produção mais limpa voltado para o setor cerâmico, que muito contribuirá para que nossas indústrias, além do devido respeito aos preceitos da produção mais limpa, também venham contribuir para a consequente economia de matérias-primas, água e energia e também dos expressivos avanços quanto a eliminação de materiais perigosos, bem como, na redução, no processo produtivo, de quantidades e toxicidade de emissões líquidas, gasosas e de resíduos. Esse guia reunirá e formatará de maneira a sistematizar e unificar fatos e procedimentos que de alguma maneira já vem ocorrendo em nossas empresas.

Com esse projeto ganham o setor, as empresas, a economia e, sobretudo, todo o conjunto da sociedade, considerando a implicação e o significado do respeito ao meio ambiente e ao crescimento sustentável.

O SINDICERCON-SP tem contribuído com informações setoriais, bem como com as nossas ações desenvolvidas em P+L, e em conjunto com a CETESB que aloca toda a sua experiência e conhecimento no conteúdo desse guia, que o torna um produto de fundamental importância para a visão de sustentabilidade do setor.

Desejamos que esse Guia seja uma referência para o setor e que esse projeto prossiga no sentido de somar como uma garantia de buscarmos cada vez mais uma relação pautada na responsabilidade social e na sustentabilidade de nossa atividade.

Atenciosamente

Walter Gimenes Felix
Presidente



Introdução

Este Guia foi desenvolvido para levar até você informações que o auxiliarão a integrar o conceito de Produção Mais Limpa (P+L) à gestão de sua empresa.

Ao longo deste documento você poderá perceber que, embora seja um conceito novo, a P+L trata, principalmente, de um tema bem conhecido das indústrias: a melhoria na eficiência dos processos.

Contudo, ainda persistem dúvidas na hora de adotar a gestão de P+L no cotidiano das empresas. De que forma ela pode ser efetivamente aplicada nos processos e na produção? Como integrá-la ao dia-a-dia dos colaboradores? Que vantagens e benefícios traz para a empresa? Como uma empresa de pequeno porte pode trabalhar à luz de um conceito que, à primeira vista, parece tão sofisticado ou dependente de tecnologias caras?

Para responder a essas e outras questões, este Guia traz algumas orientações teóricas e técnicas, com o objetivo de auxiliar você a dar o primeiro passo na integração de sua empresa a este conceito, que tem levado diversas organizações à busca de uma produção mais eficiente, econômica e com menor impacto ambiental.

Em linhas gerais, o conceito de P+L pode ser resumido como uma série de estratégias, práticas e condutas econômicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem a emissão de poluentes no meio ambiente por meio de ações preventivas, ou seja, evitando a geração de poluentes ou criando alternativas para que estes sejam reutilizados ou reciclados.

Na prática, essas estratégias podem ser aplicadas a processos, produtos e até mesmo serviços, e incluem alguns procedimentos fundamentais que inserem a P+L nos processos de produção. Dentre eles, é possível citar a redução ou eliminação do uso de matérias-primas tóxicas, aumento da eficiência no uso de matérias-primas, água ou energia, redução na geração de resíduos e efluentes, e reuso de recursos, entre outros.

As vantagens são significativas para todos os envolvidos, do indivíduo à sociedade, do país ao planeta. Mas é a empresa que obtém os maiores benefícios para o seu próprio negócio. Para ela, a P+L pode significar redução de custos de produção; aumento de eficiência e competitividade; diminuição dos riscos de acidentes ambientais; melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores, poder público, mercado e comunidades; ampliação de suas perspectivas de atuação no mercado interno e externo; maior acesso a linhas de financiamento; melhoria do relacionamento com os órgãos ambientais e a sociedade, entre outros.

Por tudo isso vale a pena adotar essa prática, principalmente se a sua empresa for pequena ou média e esteja dando os primeiros passos no mercado, pois com a P+L você e seus colaboradores já começam a trabalhar certo desde o início. Ao contrário do que possa parecer num primeiro momento, grande parte das medidas são muito

simples. Algumas já são amplamente disseminadas, mas neste Guia elas aparecem organizadas segundo um contexto global, tratando da questão ambiental por meio de suas várias interfaces: a individual relativa ao colaborador; a coletiva referente à organização; e a global, que está ligada às necessidades do país e do planeta.

É provável que, ao ler este documento, em diversos momentos, você pare e pense: “mas isto eu já faço!” Tanto melhor, pois isso apenas irá demonstrar que você já adotou algumas iniciativas para que a sua empresa se torne mais sustentável. Em geral, a P+L começa com a aplicação do “bom senso” aos processos, que evolui com o tempo até a incorporação de seus conceitos à gestão do próprio negócio.

É importante ressaltar que a P+L é um processo de gestão que abrange diversos níveis da empresa, da alta diretoria aos diversos colaboradores. Trata-se não só de mudanças organizacionais, técnicas e operacionais, mas também de uma mudança cultural que necessita de comunicação para ser disseminada e incorporada ao dia-a-dia de cada colaborador.

É uma tarefa desafiadora, e que por isso mesmo consiste em uma excelente oportunidade. Com a P+L é possível construir uma visão de futuro para a sua empresa, aperfeiçoar as etapas de planejamento, expandir e ampliar o negócio, e o mais importante: obter simultaneamente benefícios ambientais e econômicos na gestão dos processos.

De modo a auxiliar as empresas nesta empreitada, este Guia foi estruturado em quatro capítulos. Inicia-se com a descrição do perfil do setor, no qual são apresentadas suas subdivisões e respectivos dados socioeconômicos de produção, exportação e faturamento, entre outros. Em seguida, apresenta-se a descrição dos processos produtivos, com as etapas genéricas e as entradas de matérias-primas e saídas de produtos, efluentes e resíduos. No terceiro capítulo, você conhecerá os potenciais impactos ambientais gerados pela emissão de rejeitos dessa atividade produtiva, o que pode ocorrer quando não existe o cuidado com o meio ambiente.

O último capítulo, que consiste no “coração” deste Guia, mostrará alguns exemplos de procedimentos de P+L aplicáveis à produção: uso racional da água com técnicas de economia e reuso; técnicas e equipamentos para a economia de energia elétrica; utilização de matérias-primas menos tóxicas, reciclagem de materiais, tratamento de água e de efluentes industriais, entre outros.

O objetivo deste material é demonstrar a responsabilidade de cada empresa, seja ela pequena, média ou grande, com a degradação ambiental. Embora em diferentes escalas, todos contribuimos de certa forma com os impactos no meio ambiente. Entender, aceitar e mudar isso são atitudes imprescindíveis para a gestão responsável das empresas.

Esperamos que este Guia torne-se uma das bases para a construção de um projeto de sustentabilidade na gestão da sua empresa. Nesse sentido, convidamos você a ler este material atentamente, discuti-lo com sua equipe e colocá-lo em prática.



1. Perfil do Setor

1. PERFIL DO SETOR

A indústria cerâmica desempenha importante papel na economia do país, com participação estimada em 1% no PIB (Produto Interno Bruto). A evolução das indústrias brasileiras, em função da abundância de matérias-primas naturais, fontes de energia e disponibilidade de tecnologias embutidas nos equipamentos industriais fez com que diversos tipos de produtos do setor atingissem um patamar apreciável nas exportações do país.

Em função de diversos fatores, como matérias-primas empregadas, propriedades e utilização dos produtos fabricados, os diversos segmentos que compõem o setor cerâmico possuem características diferentes, e podem ser classificados da seguinte forma:

- **cerâmica branca:** grupo bastante diversificado, o qual compreende os produtos obtidos a partir de uma massa de coloração branca, em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor, como por exemplo, louça de mesa, louça sanitária e isoladores elétricos;
- **cerâmica de revestimentos:** responsável pela produção de materiais na forma de placas, usados na construção civil para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas de ambientes internos e externos, os quais recebem diversas designações, tais como: azulejo, pastilha, porcelanato, grês, lajota, piso, etc;
- **cerâmica vermelha:** compreende materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas), e também utensílios de uso doméstico e de decoração. Segmento formado em geral pelas olarias e fábricas de louças de barro;
- **materiais refratários:** abrange grande diversidade de produtos com finalidade de suportar temperaturas elevadas em condições específicas de processo e/ou de operação. Usados basicamente em equipamentos industriais, estão geralmente sujeitos a esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura entre outras adversidades. Para suportar estas condições, foram desenvolvidos vários tipos de produtos, a partir de diferentes matérias-primas ou mistura destas;
- **isolantes térmicos:** os produtos incluídos nessa classificação podem ser:
 - refratários isolantes que não se enquadram no segmento de refratários,
 - isolantes térmicos não refratários, incluindo produtos como vermiculita expandida, sílica diatomácea, diatomito, silicato de cálcio, lã de vidro e lã de rocha, que podem ser utilizados a temperaturas de até 1100 oC;
 - fibras ou lãs cerâmicas que apresentam composições tais como sílica, sílica-alumina, alumina e zircônia e que, dependendo do tipo, podem chegar a temperaturas de até 2000o C ou mais;

• **cerâmica de alta tecnologia/ cerâmica avançada:** produtos desenvolvidos a partir de matérias-primas sintéticas de altíssima pureza, por meio de processos rigorosamente controlados e classificados, de acordo com suas funções. São usados em diversas aplicações como naves espaciais, satélites, usinas nucleares, implantes, aparelhos de som e de vídeo, suporte de catalisadores para automóveis, sensores (umidade, gases e outros), ferramentas de corte, brinquedos, acendedores para fogão, entre outros;

• **Outros:**

- **fritas (ou vidrado fritado):** importantes matérias-primas de acabamento para diversos segmentos cerâmicos que requerem determinados acabamentos. Constituídas por um vidro moído, são fabricadas por indústrias especializadas a partir da fusão da mistura de diferentes matérias-primas. É aplicada na superfície do corpo cerâmico que, após a queima, adquire aspecto vítreo, com o objetivo de melhorar a estética, tornar a peça impermeável, aumentar a resistência mecânica e melhorar outras características;

- **corantes:** constituem-se de óxidos puros ou pigmentos inorgânicos sintéticos obtidos a partir da mistura de óxidos ou de seus compostos. Os pigmentos são fabricados por empresas especializadas, inclusive por muitas das que produzem fritas, cuja obtenção envolve a mistura das matérias-primas, calcinação e moagem. Os corantes são adicionados aos esmaltes (vidrados) ou aos corpos cerâmicos para conferir-lhes colorações das mais diversas tonalidades e efeitos especiais;

- **abrasivos:** parte da indústria de abrasivos é considerada como segmento do setor cerâmico por utilizar-se de matérias-primas e processos semelhantes. Os produtos mais conhecidos deste segmento são o óxido de alumínio eletrofundido e o carbetto de silício;

- **vidro, cimento e cal:** três importantes segmentos cerâmicos e que, por suas particularidades relacionadas às matérias-primas, características de processo, porte e relevância econômica, são muitas vezes considerados à parte da cerâmica.

No Brasil todos estes segmentos encontram-se representados, com maior ou menor grau de desenvolvimento e capacidade de produção.

Por questões técnicas, neste documento serão abordados os processos, impactos e tecnologias mais limpas referentes apenas aos segmentos de cerâmica branca e de pisos e revestimentos.

Cerâmica branca

Bastante diversificado, o setor das cerâmicas brancas pode ser subdividido nos segmentos apresentados na Tabela 01.

Tabela 01: Segmentos do setor de cerâmicas brancas

Segmento	nº empresas	Capacidade Instalada (peças/ano)	Produção (peças/ano)	Faturamento (US\$ milhões)	Empregos Diretos
Louça de mesa	200	167.000.000	134.000.000	70	20.000
Louça sanitária	12 (19 fábricas)	24.000.000*	19.000.000*	186	5.500
Isoladores elétricos	6 (9 fábricas)	44.000	28.000	39	1.700

*: peças grandes

Fonte: ABC- Associação Brasileira de Cerâmica (<http://www.abceram.org.br>), 2003

Vale ressaltar que o segmento de louça sanitária tem forte participação nas exportações, com mais de 2,5 milhões de peças/ano, gerando um volume de exportações da ordem de US\$ 30 milhões. Da mesma forma, o segmento de isoladores participa com mais de US\$13 milhões nas exportações.

Além dos segmentos apresentados acima, destaca-se dentre as cerâmicas brancas uma pequena produção de cerâmicas artísticas (decorativa e utilitária) e de cerâmica técnica (para fins diversos, tais como químico, elétrico, térmico e mecânico).

Cerâmica para revestimento

Com referência a este sub-setor, o Brasil ocupa hoje o segundo lugar em termos de mercado consumidor, depois apenas da China, e o quarto lugar na produção mundial, como pode ser visto na **Figura 01**.

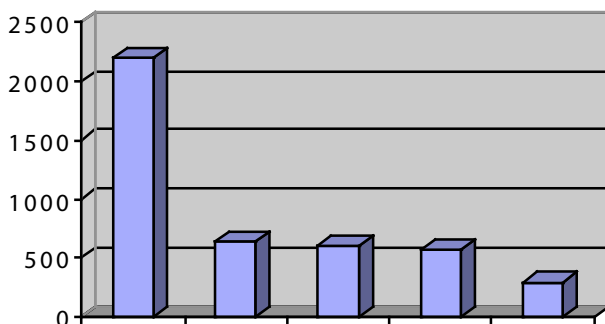


Figura 01 – Principais produtores mundiais base 2004 – MI m2

Esta produção vem crescendo significativamente nos últimos dois anos, atingindo a marca de 586.000 m² em 2005, sendo que o volume de exportações (atualmente em torno de 1130 milhões de m²) tem acompanhado esta tendência, como ilustrado na **Figura 02**



Figura 02 – Dados nacionais de produção, vendas e exportação – MI m²

Dentro do país, o Estado de São Paulo é responsável por cerca de 60% da produção de pisos e revestimentos cerâmicos, sendo o pólo de Santa Gertrudes o maior centro cerâmico das Américas. Responsável por uma produção de cerca de 240 milhões de m²/ano em mais de 40 unidades industriais distribuídas em 6 municípios, o pólo concentra em Santa Gertrudes, Rio Claro e Cordeirópolis a maior atividade. A localização privilegiada, devido ao fácil acesso por rodovias, a proximidade dos grandes centros consumidores, o abastecimento da região por gás natural e a abundância de argila são os fatores que possibilitam esta concentração industrial no local.

De acordo com a ABC - Associação Brasileira de Cerâmica (www.abceram.org.br/asp/abc_281.asp), o Setor Cerâmico Brasileiro não dispõe de dados estatísticos sobre indicadores de desempenho, ferramentas indispensáveis para o acompanhamento do desenvolvimento e da competitividade, entre outros fatores. Essa deficiência de dados dificulta a obtenção de um panorama mais amplo desse importante setor industrial.



2. Descrição do Processo Produtivo

2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O termo cerâmica é derivado do grego “keramos”, que significa “terra queimada” e é usado para designar materiais inorgânicos, obtidos a partir de compostos não metálicos e solidificados por processo de queima.

Dentre as várias matérias-primas utilizadas em sua composição a principal é a argila, material natural, terroso e fino, que ao ser misturado com a água adquire plasticidade e pode ser moldado de acordo com o produto pretendido.

Além das argilas existem outros materiais cerâmicos que, misturados a elas, produzem as chamadas massas ou pastas cerâmicas, cada qual com características específicas, como os anti-plásticos, que reduzem o encolhimento das argilas quando secam, ou os fundentes, que abaixam a temperatura de vitrificação da massa. Além destes materiais, podemos adicionar à massa outros ingredientes como quartzo, feldspato, caulim, talco, dolomita, carbonato de cálcio e bentonita.

Os processos de fabricação empregados pelos diversos segmentos cerâmicos assemelham-se entre si parcial ou totalmente, podendo diferir de acordo com o tipo de peça ou material desejado. De um modo geral, a manufatura de produtos cerâmicos compreendem as etapas de:

- preparação da matéria-prima e da massa;
- formação das peças;
- tratamento térmico; e
- acabamento.

Ainda, na fabricação de muitos produtos, estes são submetidos às etapas de esmaltação e decoração.

Considerada a necessidade de se conhecer o processo produtivo para a proposição de melhorias ambientais para o setor de cerâmica branca e de revestimento, este capítulo aborda as principais características e etapas de fabricação de seus produtos. Para tanto, segue a apresentação de um fluxograma genérico das etapas produtivas, incluídos os principais aspectos ambientais de cada etapa, seguido da descrição de cada uma delas. Posteriormente, são apresentados fluxogramas que trazem detalhes dos processos específicos de cerâmica de pisos e revestimento (via seca e úmida), isoladores elétricos, louça sanitária e louça de mesa.

Processo Produtivo Principal

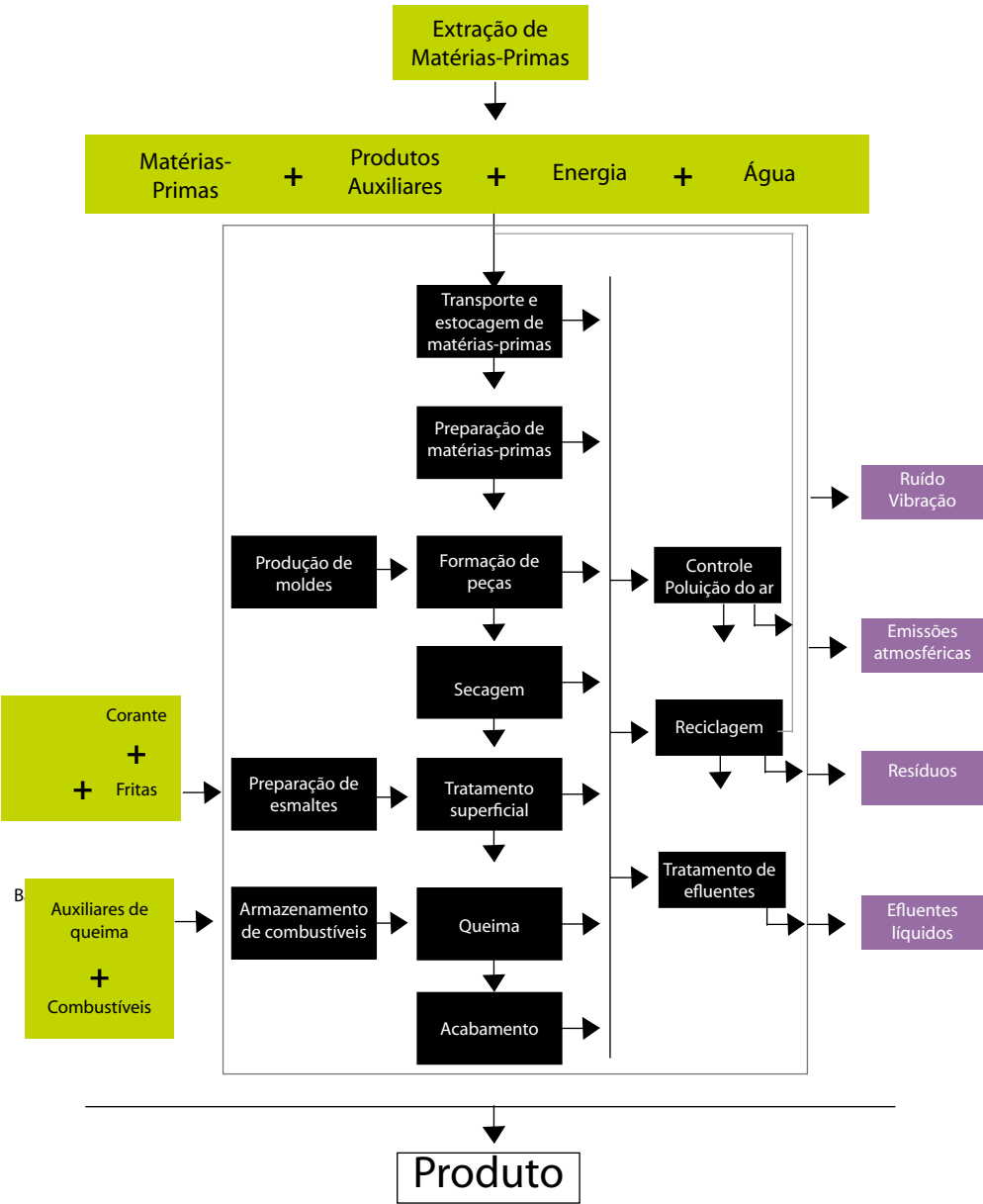


Figura 03 – Fluxograma genérico do processo produtivo das indústrias cerâmicas

2.1 Principais Etapas do Processo Produtivo

Preparação da matéria-prima, estocagem e transporte para o processo

Na indústria cerâmica tradicional, grande parte das matérias-primas utilizadas é natural e obtida por mineração. Desta forma, a primeira etapa de redução de partículas e de homogeneização das matérias-primas é realizada na própria mineração, sendo que após esta fase a matéria-prima ainda deve ser beneficiada (desagregada ou moída), classificada de acordo com a granulometria e muitas vezes também purificada na indústria cerâmica.

O transporte de matérias-primas da mineração para o processamento é realizado por via rodoviária ou ferroviária, porém, dependendo de suas características e de seu grau de processamento, podem ainda permanecer estocadas em pátios a céu aberto, para maturação, por cerca de seis meses. Durante esse tempo, ocorre a decomposição da matéria orgânica presente na camada de solo, tornando a matéria prima mais pura e homogênea para entrada no processo.

Em alguns casos são utilizados armazéns para as matérias-primas, que são subdivididos em boxes, silos de envelhecimento e secagem.



Figura 04 e 05 – Estocagem de matérias-primas

A transferência destas matérias-primas para o processo é feito por meio de guias, correias transportadoras, elevadores de cubeta, transportadores helicoidais, transportadores pneumáticos e esteiras, de acordo com as características do material, como granulometria, resistência ao atrito e ao escoamento, temperatura, quantidade e espaço disponível, e outros.

O processo de fabricação, propriamente dito, tem início somente após essas operações.

Preparação da massa

As massas ou pastas cerâmicas são constituídas a partir da composição de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos e água.

Dessa forma, uma das etapas fundamentais do processo de fabricação de produtos cerâmicos é a dosagem das matérias-primas e aditivos, que deve seguir com rigor as formulações de massas previamente estabelecidas. As matérias-primas devem ser adicionadas em proporções controladas, bem misturadas e homogeneizadas, de modo a conseguir a uniformidade física e química da massa.



Figura 06 – Dosagem para preparação da massa

A garantia da homogeneidade da composição da massa depende do peso seco de cada matéria-prima envolvida, sendo necessário portanto o controle de umidade dos componentes. Os diferentes tipos de massas são preparados de acordo com a técnica a ser empregada para dar forma às peças, e de modo geral podem ser classificadas em:

- suspensão (também chamada de barbotina), é uma “solução” de argila para obtenção de peças em moldes de gesso ou resinas porosas;
- massas secas ou semi-secas, na forma sólida e granulada, para obtenção de peças por prensagem;
- massas plásticas, constituída de um sólido maleável, para obtenção de peças por extrusão, seguida ou não de torneamento ou prensagem.



Figura 07 – Preparação da massa

Moagem

O processo de trituração da matéria-prima na mineração fornece tamanhos de partícula de, aproximadamente, 2mm. Porém, para conseguir uma maior redução de granulometria (partículas de diâmetro de 1mm), faz-se necessário o uso de moinhos.

Desta forma, a massa cerâmica é encaminhada aos moinhos por meio de esteiras, geralmente por gravidade. Nos moinhos é realizada a moagem, juntamente com água, dando origem à barbotina. Essa redução da granulometria serve para muitas aplicações, tais como telhas, paredes, placas de revestimento, produtos refratários e louça de mesa.



Figura 08 e 09 – Moagem da massa cerâmica

O mercado oferece alguns tipos de moinhos, cada um com suas características específicas:

- **Moinho de Bolas:** A massa cerâmica é introduzida em cilindros de aproximadamente 2,0 m de diâmetro e 2,5 m de comprimento, que giram na posição horizontal, apoiados em dois eixos nas extremidades. Na parte interna, se encontram esferas (em geral, de alumina de alta densidade), responsáveis pela moagem do material;
- **Moinho de Rolos:** São empregados extensamente na indústria pesada da argila para desintegrar, aplinar e homogeneizar as partículas de argila. O equipamento consiste em rolos que giram verticalmente posicionados, operando dentro de um anel exterior ao equipamento. A pressão é desenvolvida entre o rolo e o anel por ação centrífuga. A massa cerâmica pode ser introduzida no moinho com ou sem água, até atingir a granulometria necessária;
- **Moinho de Martelos:** O equipamento consegue redução de tamanho das partículas por força de impacto. As matérias-primas no moinho são quebradas quando golpeadas por martelos, que giram rapidamente em seu interior;
- **Moinho Corredor de Borda:** São apropriados para reduzir o tamanho das partículas de matérias primas plásticas. As bandejas com base perfurada asseguram a definição dos tamanhos das partículas, enquanto que as bandejas molhadas têm a função de permitir o controle de água no material.

Formação da Peça

Existem diversos processos para dar forma às peças cerâmicas, e a seleção de cada um

deles depende fundamentalmente das características do produto, tais como geometria e dimensões deste, propriedades das matérias-primas, fatores econômicos e outros.

A transformação das matérias-primas em corpo de forma geométrica desejada pode ocorrer por meio de quatro processos principais:

- Colagem / Fundição em molde

Usada basicamente quando se tem produtos feitos à base de barbotina, como xícaras e louça sanitária, esta técnica é realizada despejando-se a barbotina num molde de gesso, onde permanece durante um certo tempo até que a água contida na suspensão seja absorvida pelo gesso do molde e as partículas sólidas se acomodem em sua superfície, formando o que será posteriormente a parede da peça. O produto, assim formado apresentará uma configuração externa que reproduz a forma interna do molde de gesso. Após a fundição, os moldes são submetidos à uma injeção de ar comprimido, para expelir a água de seu interior e permitir que os mesmos sejam reutilizados. Atualmente tem-se difundido a fundição sob pressão em moldes de resina porosa



Figura 10- Preparação dos moldes



Figura 11- Molde para fundição cerâmica



.Figura 12- Moldes abertos



Figura 13- Moldes em operação



Figura 14- Enchimento manual do molde



Figura 15- Colagem no molde

• Prensagem

Consiste na conformação de massas granuladas com baixo teor de umidade por meio de uma prensa, sendo usada primordialmente na produção de pisos e revestimentos, embora não se restrinja a esta aplicação.

No caso específico da cerâmica de revestimento por via úmida, antes da prensagem, a massa cerâmica, na forma de barbotina, passa pelo processo de atomização. Nesta etapa de processo, a barbotina é encaminhada por tubulações até o atomizador (torre de secagem), o qual consiste de um cilindro, dotado de bicos pulverizadores em sua periferia interna, por onde são borrifadas as gotas da barbotina. O spray da solução se mistura a um jato de ar quente (em torno de 700°C), obtido geralmente através da queima de gás natural, resultando numa massa granulada semi-seca que será encaminhada para prensagem

Existem diversos tipos de prensa que podem ser utilizadas, porém as mais utilizadas são:

- Prensa Mecânica: bastante empregada na manufatura de produtos cerâmicos, são carregadas com um volume pré -ajustado de massa cerâmica, na qual é aplicada uma pressão (geralmente de cima para abaixo) por pistões, dirigidos pela ação de um dispositivo mecânico e ajudados por volantes;
- Prensa Hidráulica: mais modernas, as prensas hidráulicas podem fornecer elevada produtividade, consistência e fácil ajuste. Muitas são providas de unidades de controle eletrônico, que aferem a altura das unidades e ajustam automaticamente o ciclo para assegurar a uniformidade do tamanho, permitindo ajustes para uma variedade de exigências, inclusive para dar formas a peças refratárias complexas;
- Prensa Isostática: promove uma prensagem uniforme em toda a superfície, exigida em alguns produtos de alta qualidade com densidade uniforme. Na prensa isostática, moldes da borracha são enchidos com a massa cerâmica que, em seguida, é submetida a uma pressão isostática elevada, moldando o objeto. O princípio da prensagem isostática também é aplicado para obtenção de materiais de revestimento (placas cerâmicas), onde a parte superior da prensa é revestida por uma membrana polimérica e uma camada interposta de óleo, que distribui a pressão de modo uniforme sobre toda a superfície a ser prensada. Outra aplicação da prensagem isostática que vem crescendo, é a fabricação de determinadas peças do segmento de louça de mesa.

- **Extrusão**

Nesta atividade, a massa plástica é colocada numa extrusora, também conhecida como maromba, onde é compactada e forçada por um pistão ou eixo helicoidal, através de bocal com determinado formato. Como resultado obtém-se uma coluna extrudada, com seção transversal e com o formato e dimensões desejados.



Figura 16 e 17- Processo de extrusão de massa cerâmica

Em seguida essa coluna é cortada, obtendo-se desse modo peças como tijolos vazados, blocos, tubos e outros produtos de formato regular, como no caso de alguns tipos de isoladores elétricos.

A extrusão pode ser uma etapa intermediária do processo de formação, seguindo-se, após corte da coluna extrudada, a prensagem como é o caso para a maioria das telhas, ou o torneamento, como para os isoladores elétricos, xícaras e pratos, entre outros.

- **Torneamento**

Como descrito anteriormente, o torneamento em geral é uma etapa posterior à extrusão, realizada em tornos mecânicos ou manuais, onde a peça adquire seu formato final.



Figura 18 e 19- Torneamento de peças cerâmicas

Secagem

Após a etapa de formação, as peças em geral ainda contém grande quantidade de água, proveniente da preparação da massa. Para evitar tensões e, conseqüentemente, defeitos nas peças (como trincas, bolhas, empenos, etc) é necessário eliminar essa água de forma lenta e gradual até um teor suficientemente baixo, de 0,8% a 1,5% de umidade residual.



Figura 20- Secador de peças



Figura 21- Peças montadas para secagem

O calor de secagem é fornecido principalmente por queimadores a gás natural, atingindo temperaturas de 170°C. É importante para a redução do consumo energético que a secagem seja rápida, eficiente e de baixo desperdício, controlando as taxas de aquecimento, circulação de ar, temperatura e umidade. A secagem pode ser realizada em dois tipos de secadores, verticais ou horizontais:

- **Secador Vertical:** as peças são introduzidas a uma temperatura de 100°C, elevada gradualmente ao longo do forno. Na parte superior do equipamento há dois queimadores a gás natural, que aquecem o ar a temperaturas que variam de 125°C até 170°C, eliminando o excesso de umidade das peças para aumentar sua resistência mecânica. O material que deixa o secador vertical na mesma temperatura de sua entrada para evitar choque térmico com o ar à temperatura ambiente. O ciclo de secagem vertical dura entre 35 e 50 minutos, e a umidade residual da peça fica em torno de 2%;



.Figura 22- Peças na entrada de secador vertical

• **Secador Horizontal:** neste caso as peças são introduzidas em diversos planos no interior do equipamento, e se movem horizontalmente por meio de roletes. O ar quente, que entra em contracorrente com as peças, é produzido por queimadores situados nas laterais do forno, sendo que a temperatura máxima desse tipo de instalação é maior do que no caso dos secadores verticais, e os ciclos de secagem menores (entre 15 e 25 minutos);

Comparativamente os secadores verticais ocupam menos espaço, e operam de forma mais flexível em relação às variações de umidade da peça, mas os secadores horizontais consomem menos energia em função da melhor disposição das peças em seu interior e da menor massa a ser aquecida.



Figura 23- Peças na entrada de secador horizontal

Esmaltação e Decoração

Após a secagem, a maioria dos produtos recebe uma camada fina e contínua de um material denominado esmalte ou vidrado, que após a queima adquire aspecto vítreo. Esta camada contribui para o aspecto estético, higiênico e melhora algumas das propriedades físicas, principalmente de resistência mecânica e elétrica.

A composição dos esmaltes (vidrados) é bastante variada, e sua formulação depende das características do corpo cerâmico, das características finais do esmalte e da temperatura de queima. Sua preparação ocorre na forma de uma suspensão aquosa, cuja viscosidade é ajustada para cada tipo de aplicação.



Figura 24- Moagem de esmaltes



Figura 25- Estocagem de esmaltes

Os esmaltes (vidrados) podem ser do tipo crú, esmalte de fritas ou uma mistura de ambos:

- Esmalte crú: mistura de matérias-primas com granulometria fina, aplicado na forma de suspensão à superfície da peça cerâmica. Na operação de queima se funde e adere ao corpo da peça, adquirindo o aspecto vítreo durante o resfriamento. Esse tipo de vidrado é aplicado em peças que são queimadas em temperaturas superiores a 1200°C, como sanitários e peças de porcelana.

- Esmalte de Fritas: diferem dos crus por terem em sua constituição um material denominado “frita”, composto vítreo insolúvel em água que é obtido por fusão e posterior resfriamento brusco de misturas controladas de matérias-primas. O processo de fritagem implica na insolubilização dos componentes solúveis em água após tratamento térmico, em geral entre 1300°C e 1500°C, quando ocorre a fusão das matérias-primas e a formação de um vidro. Os esmaltes contendo fritas são utilizados em produtos submetidos a temperaturas inferiores a 1200°C.

A aplicação dos esmaltes no corpo cerâmico pode ser realizada de diferentes maneiras, e sua escolha depende da forma, tamanho, quantidade e estrutura das peças, incluindo também o efeito que se deseja obter na superfície esmaltada. Entre estas técnicas podemos citar: imersão, pulverização, campânula, cortina, disco, gotejamento e aplicação em campo eletrostático. Em muitas indústrias, e dependendo do segmento cerâmico, o setor da esmaltação é totalmente automatizado.



Figura 26
Aplicação de esmalte por pulverização



Figura 27-
Aplicação do esmalte por imersão

Muitos materiais também são submetidos a uma decoração, a qual pode ser feita por diversos métodos como serigrafia, decalcomania, pincel e outros. Nestes casos são utilizadas tintas que adquirem suas características finais após a queima das peças.



.Figura 28- Aplicação de decalque



Figura 29- Decoração por pincel

A decoração através de telas (silkscreen) é uma das técnicas mais difundidas, devido à facilidade da aplicação nas linhas de vitrificação. A técnica consiste em imprimir a decoração por meio de uma ou mais telas que contém aberturas apenas na região do desenho a ser reproduzido e por onde as tintas penetram pela força de um rolo, imprimindo assim a figura desejada na superfície da cerâmica.

Outra forma de decoração bastante utilizada é a de rolo, que consiste numa sequência de três rolos por onde as peças passam e recebem a decoração.

Queima

Na operação de queima, conhecida também por sinterização, os produtos adquirem suas propriedades finais, sendo de fundamental importância na fabricação dos produtos cerâmicos. Da eficiência desta etapa dependem o desenvolvimento das propriedades finais destes produtos, as quais incluem seu brilho, cor, porosidade, estabilidade dimensional, resistência à flexão, ao gretamento, a altas temperaturas, à água, ao ataque de agentes químicos, e outros. Em função desta importância é fundamental o projeto e a instalação correta dos fornos, a fim de garantir uma combustão eficiente.

O processo de queima ocorre em seguida à secagem e à esmaltação, sendo que a primeira tem o papel de reduzir a umidade, prevenindo o excesso de água na peça e as conseqüentes trincas provocadas pelo surgimento de bolhas de vapor. Desta forma, após a redução da umidade e o recebimento da camada de esmalte, as peças são encaminhadas para fornos contínuos ou intermitentes e submetidas a um tratamento térmico entre 800°C e 1.700°C. A operação atua em três fases, que são: aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada; patamar durante certo tempo na temperatura especificada e resfriamento até temperaturas inferiores a 200°C.

Em função do tipo de produto, o ciclo de queima nas três fases pode variar de alguns minutos até vários dias. Durante esse tratamento ocorre uma série de transformações em função dos componentes da massa,

tais como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem dos grãos. Desta forma, em função do tratamento térmico e das características das diferentes matérias-primas, são obtidos produtos para as mais diversas aplicações.



Figura 31- Forno contínuo



Figura 32- Carregamento de forno túnel

As reações provocadas nas várias etapas do ciclo de queima, constituem a base das seguintes conversões físicas e químicas:

- Até 100°C: eliminação da água livre não eliminada totalmente na secagem;
- ~ 200°C: elimina-se a água coloidal, que permanece intercalada entre as pequenas partículas de argila;
- de 350 a 650°C: combustão das substâncias orgânicas contidas na argila;
- de 450 a 650°C: decomposição da argila com liberação de vapor;
- ~ 570°C: rápida transformação do quartzo;
- Acima de 700°C: reações químicas da sílica com a alumina, formando sílico-aluminatos complexos que dão ao corpo cerâmico suas características de dureza, estabilidade, resistência física e química;
- de 800 a 950°C: carbonatos se decompõem e liberam CO₂;
- Acima de 1000°C: os sílico-aluminatos que estão em forma vítrea começam amolecer, assimilando as partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compatibilidade e impermeabilidade.



Figura 33 e 34- Saída de peças do forno

Os fornos utilizados, em geral, são do tipo contínuos (cameras hoffmann, tunel, rolamento) ou intermitentes (periódicos).

Acabamento

Normalmente, a maioria dos produtos cerâmicos é retirada dos fornos, inspecionada e remetida ao consumo. No entanto, alguns produtos requerem processamento adicional para atender a algumas características que não são possíveis de serem obtidas durante o processo de fabricação. O processamento pós-queima recebe o nome genérico de acabamento e pode incluir polimento, corte, furação, entre outros.



.Figura 35- Peça acabada

Classificação e Embalagem

Ao deixarem o forno, as peças resfriadas e acabadas são classificadas e embaladas, finalizando o processo de fabricação. O controle de qualidade do produto considera sua regularidade dimensional, aspecto superficial e características mecânicas e químicas. A análise dos aspectos superficiais e das características mecânicas, tais como cor, trinca e empeno das peças é feita visualmente por um técnico e, em função do defeito encontrado, o produto é codificado e classificado numa linha pelos embaladores e, na outra, por um sistema automatizado de embalagem. A análise dos aspectos dimensionais da peça é feita mediante sistemas automáticos (equipamentos mecânicos).

Após passar pelo controle de qualidade o produto é acondicionado em pallets de madeira e armazenado para comercialização.

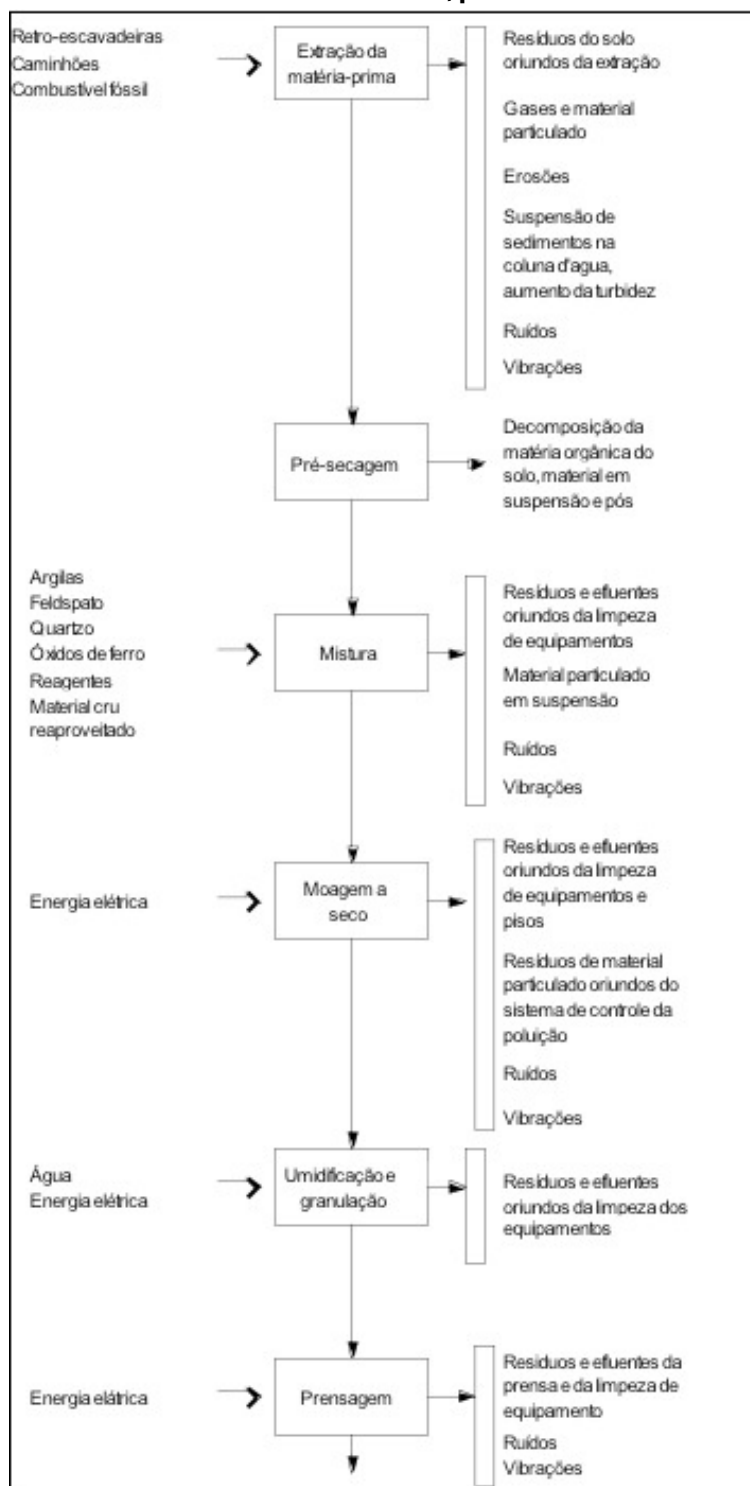


Figura 36- Peças embaladas para expedição

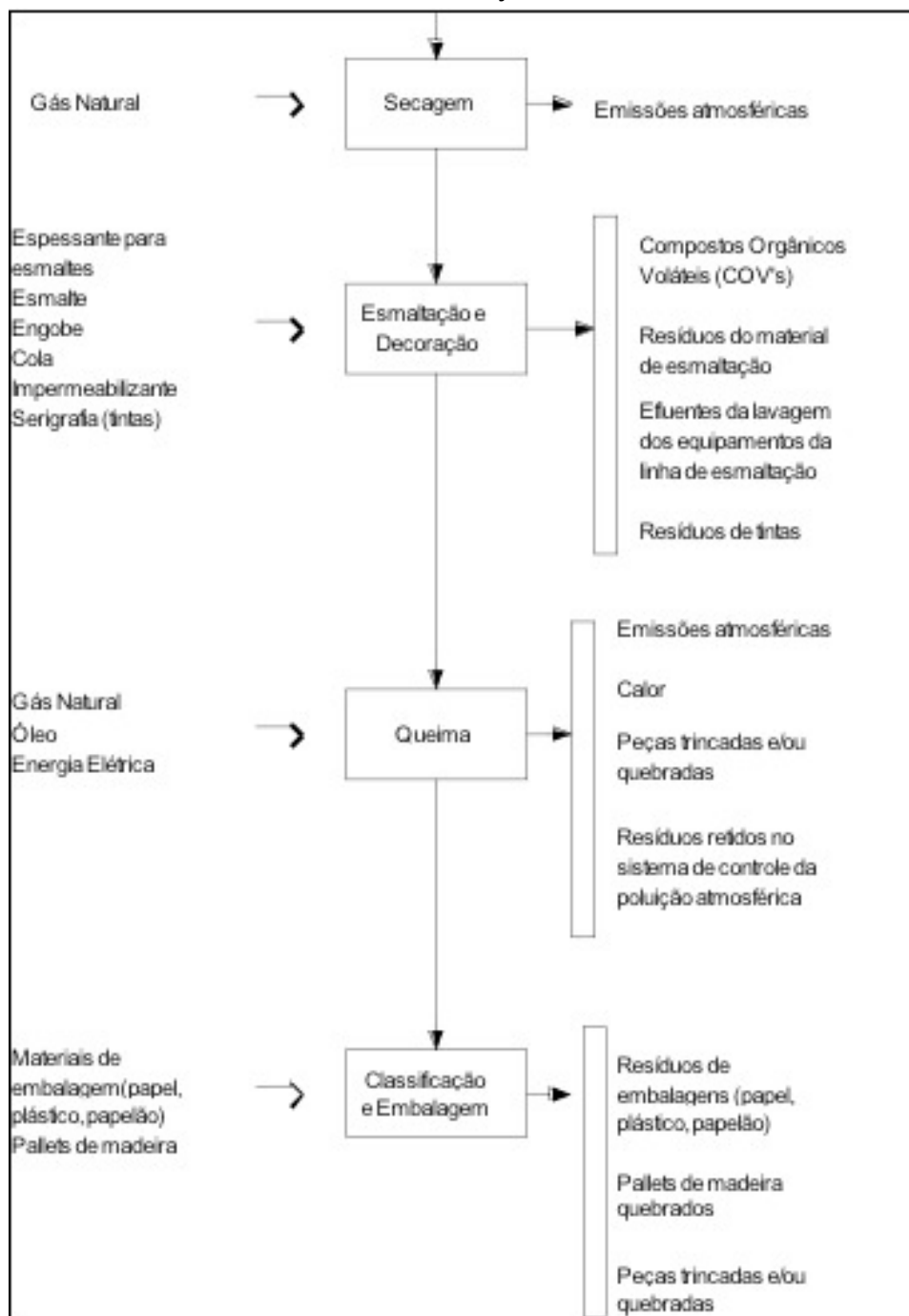
2.2 Fluxogramas Específicos

A seguir são apresentados exemplos de fluxogramas específicos da etapa de fabricação de alguns produtos do Setor Cerâmico. As operações apresentadas em cada caso representam uma possibilidade de configuração e não são, necessariamente, a regra para todas as empresas do setor. Os fluxogramas incluem os principais aspectos ambientais, ou seja, as entradas e saídas de matéria e energia do processo.

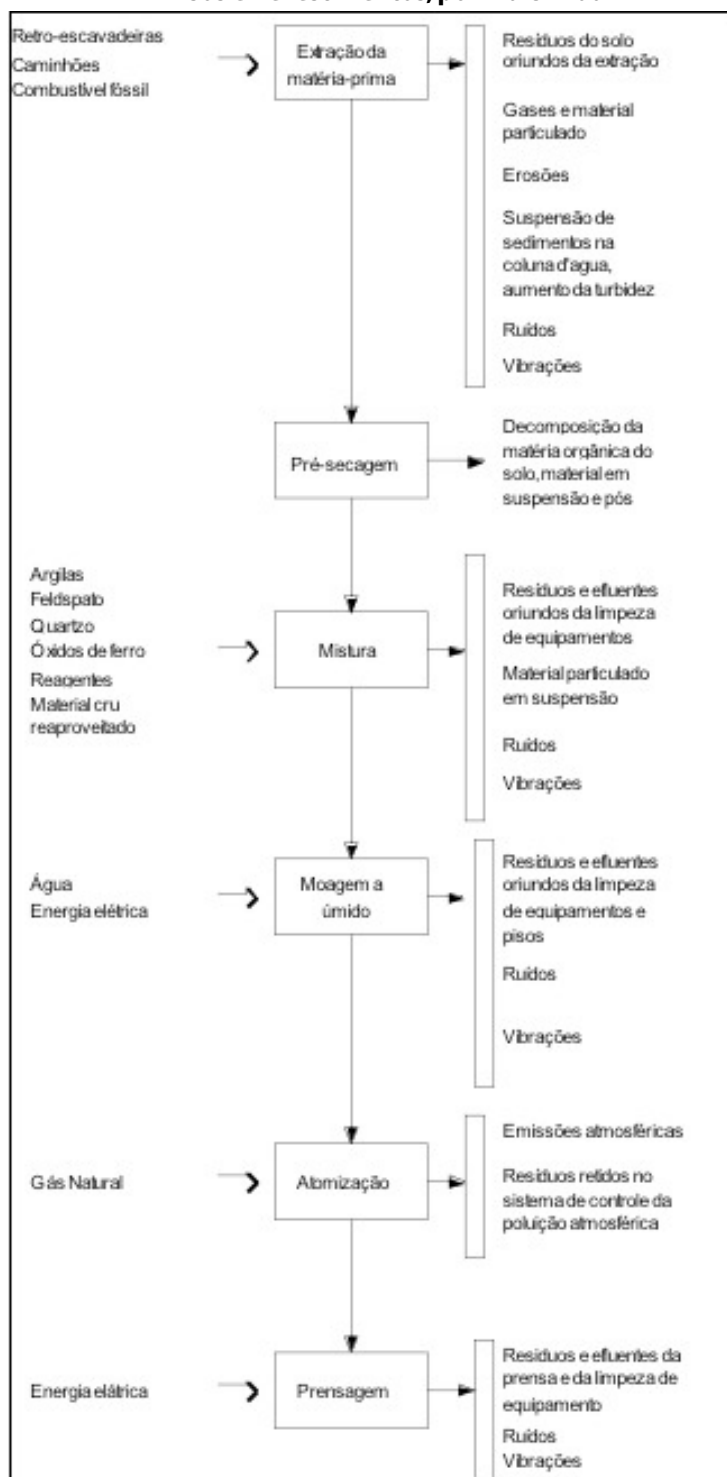
Pisos e Revestimentos, por Via Seca



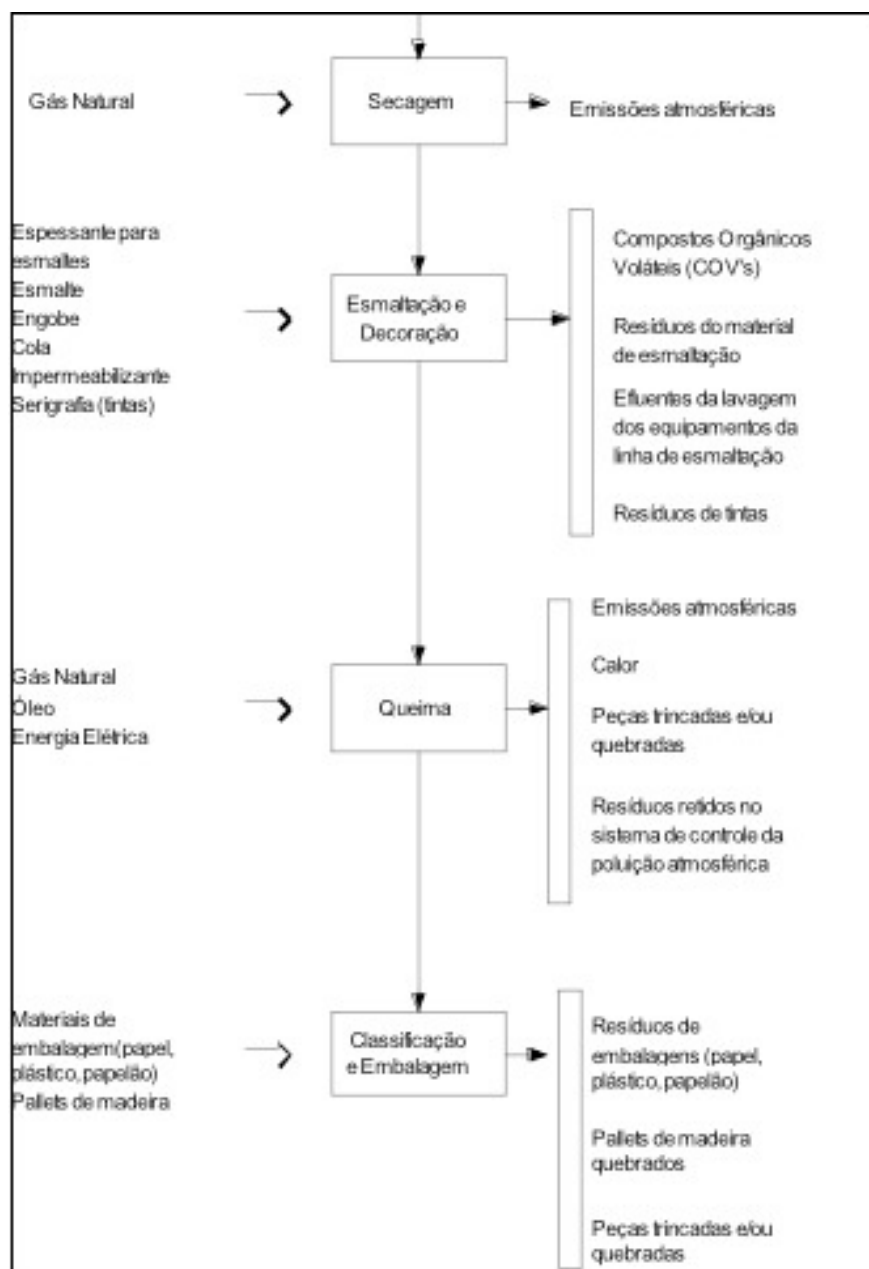
Continuação



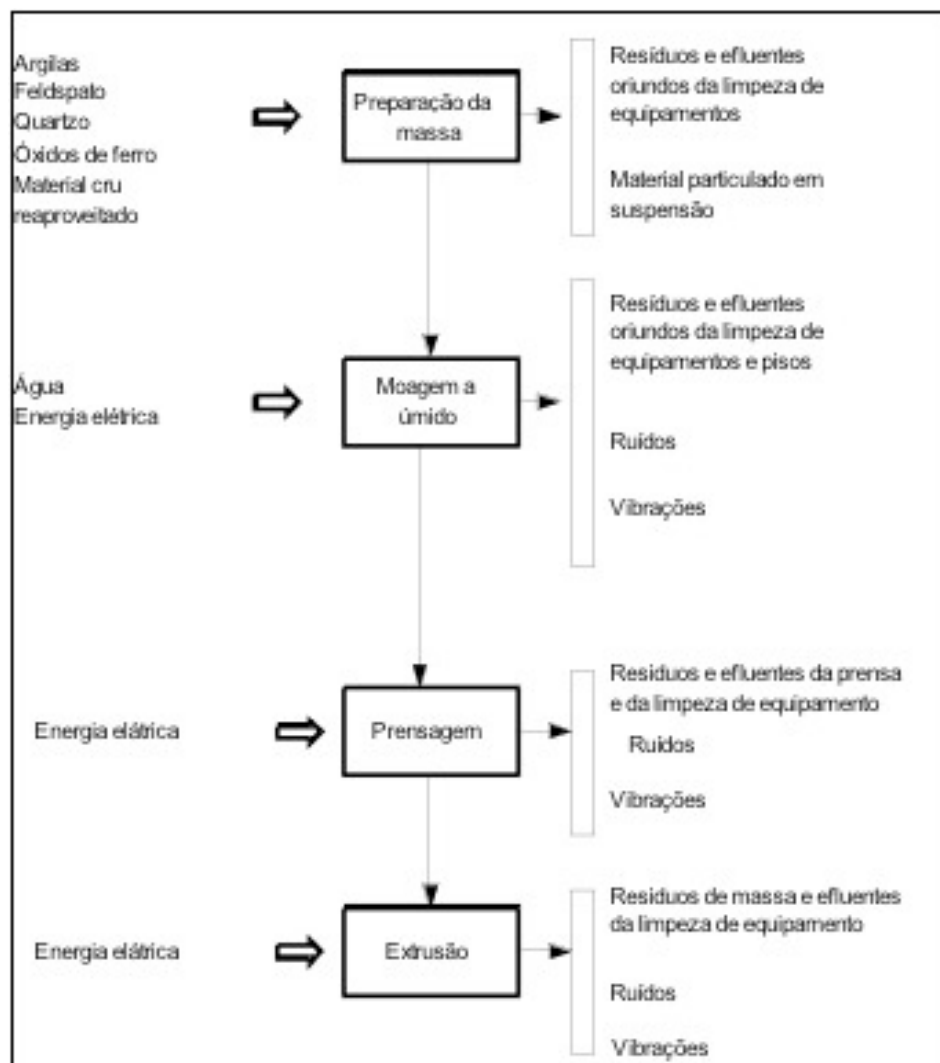
Pisos e Revestimentos, por Via Úmida



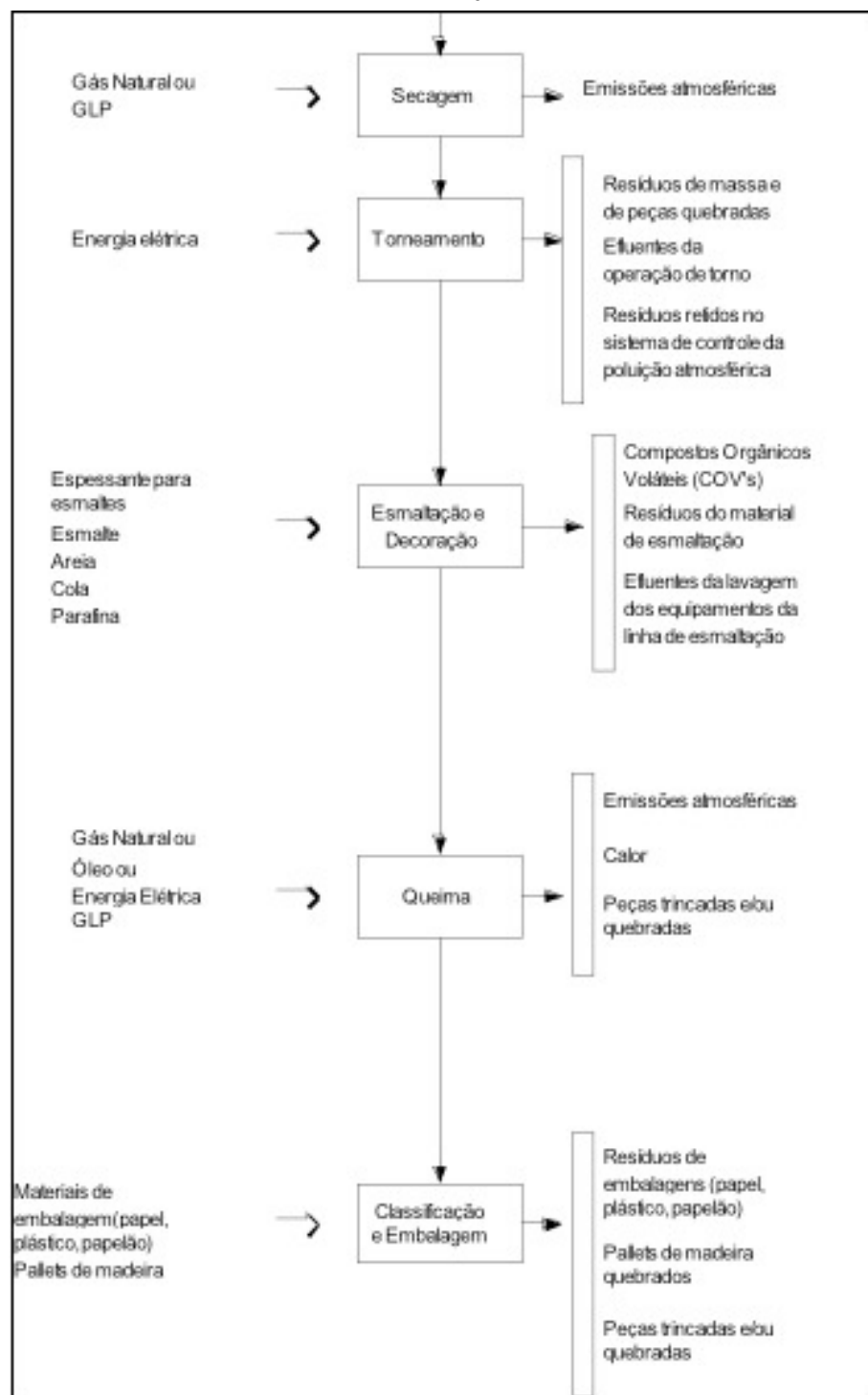
Continuação



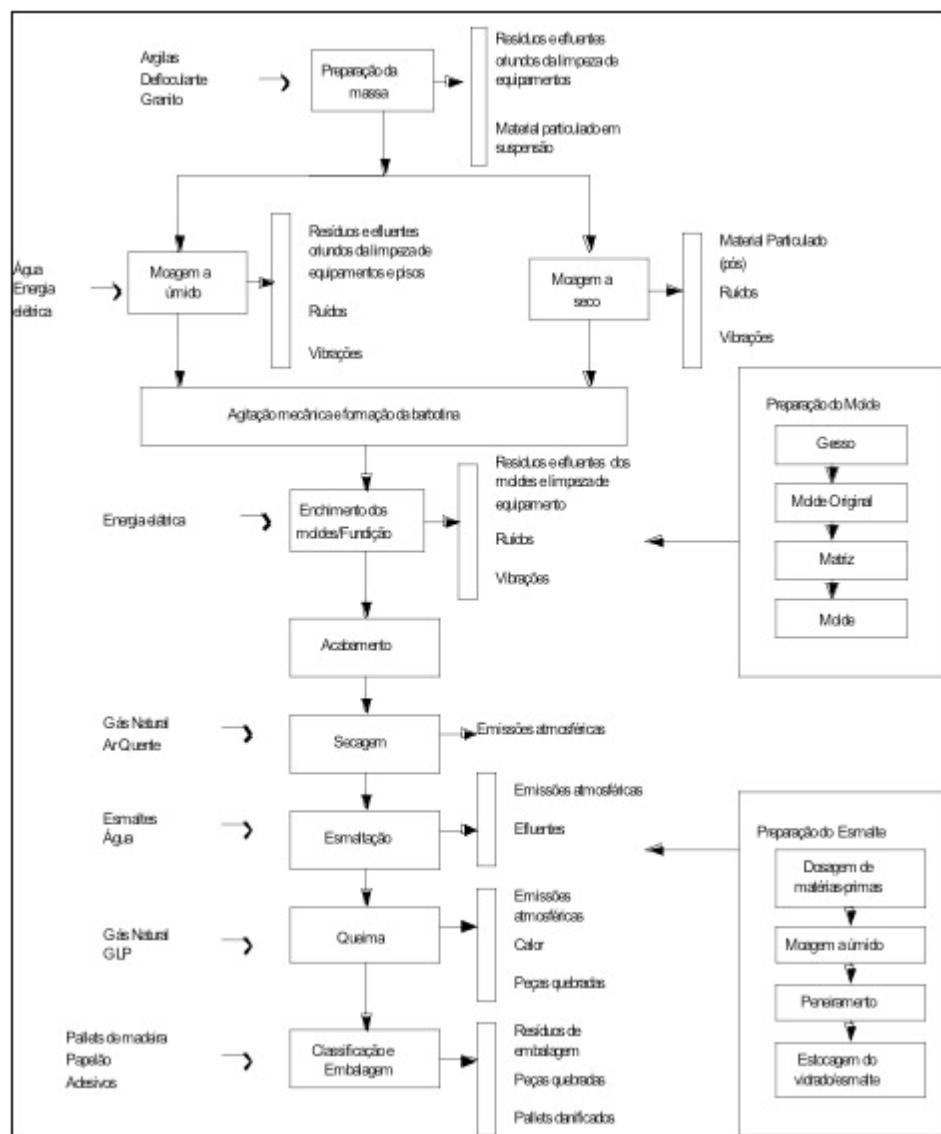
Cerâmica Branca – Isoladores Elétricos



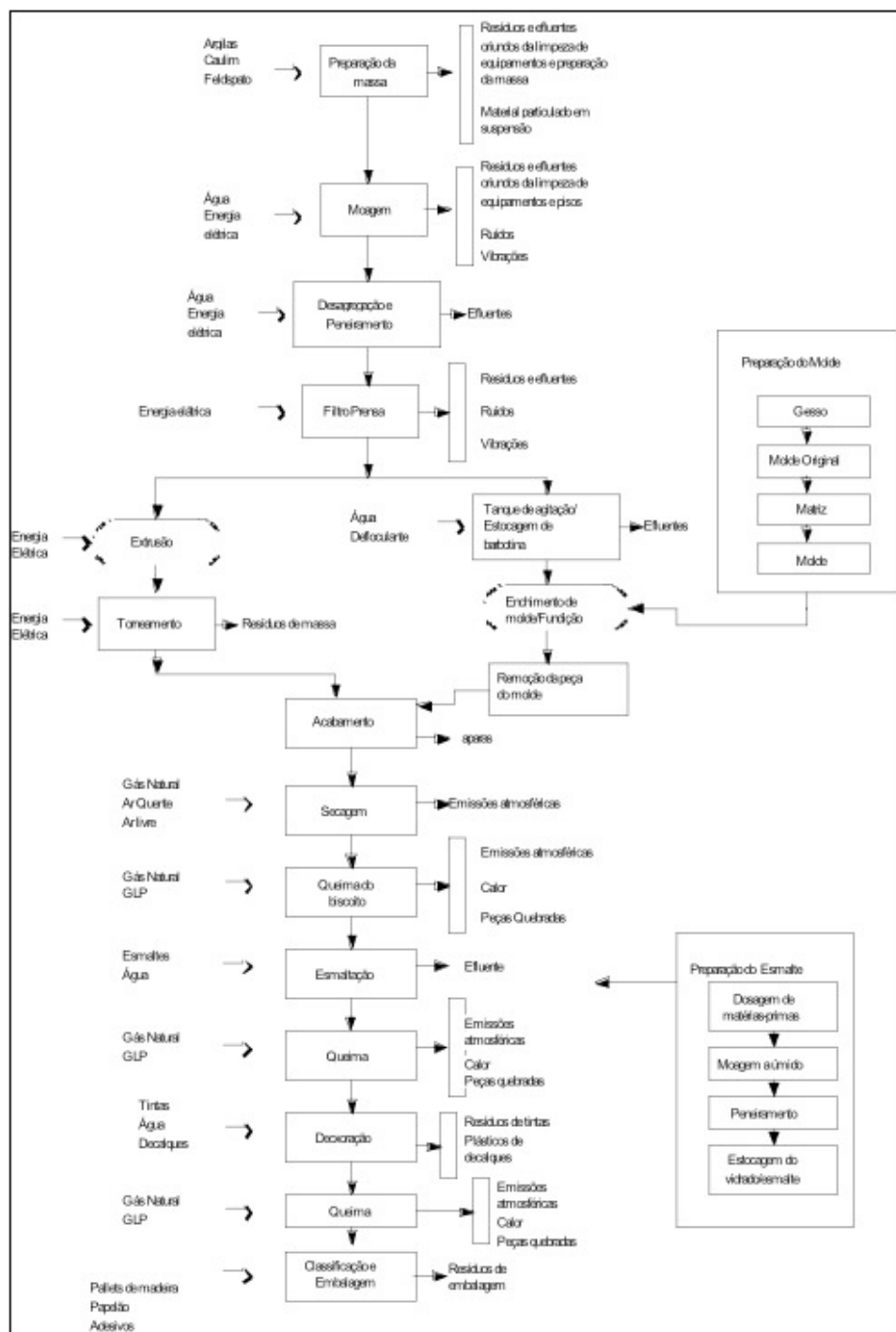
Continuação



Cerâmica Branca– Louça Sanitária



Cerâmica Branca- Louça de Mesa





3. Consumo e Impactos Ambientais

3. CONSUMO E IMPACTOS AMBIENTAIS

No capítulo anterior foram identificados, como entradas e saídas, os principais aspectos ambientais das operações genéricas desenvolvidas pelo setor cerâmico. A cada aspecto ambiental mencionado está associado pelo menos um impacto ambiental, que pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físico-químicas e/ou biológicas do meio ambiente, devido a qualquer forma de matéria ou energia por atividades humanas.

A seguir, são apontados os principais impactos ambientais que podem resultar de atividades das empresas do setor cerâmico, assim como são sucintamente discutidas as relações de causa e efeito entre os processos produtivos e o meio ambiente.

Os dados numéricos apresentados nas tabelas a seguir foram obtidos a partir de estudos de casos de algumas indústrias de cerâmica da União Européia e extraídos da referência denominada “Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry - EIPPCB – European Integrated Pollution Prevention and Control – disponível em <http://eippbc.jrc.es>”.

No caso da caracterização dos efluentes líquidos também foram obtidos dados junto ao Setor de Efluentes Líquidos da CETESB de uma indústria de pisos e revestimentos cerâmicos da Região de Rio Claro, a partir dos quais pode-se verificar uma diferença significativa nos valores apresentados, quando comparados com os dados da bibliografia anteriormente citada.

Também, no caso da geração de resíduos, os dados apresentados neste guia, foram extraídos de um trabalho de tese desenvolvido por meio de ensaios analíticos nas matérias-primas utilizadas e nos resíduos gerados no processo produtivo de placas cerâmicas na região de Santa Gertrudes.

3.1 Uso de Insumos

a. Água

A água é usada em grande quantidade em quase todas as etapas do processo de fabricação dos produtos cerâmicos, sendo que sua qualidade é essencial na preparação da argila e de esmaltes líquidos, nos corpos de argila para extrusão e moldagem, e na moagem por via úmida.

a.1. Pisos e Revestimentos:

Consumo de água e de matéria-prima:

A quantidade de água e de matéria-prima empregadas, depende do tipo de matéria-prima utilizada, do processo de fabricação envolvido e das propriedades do produto desejado.

Na via seca, a matéria-prima é moída a seco em moinhos de martelo ou de rolos. A mistura é, então, umedecida entre 7 e 12 % do peso seco. Neste caso, o material granulado é secado até uma umidade de 6-7%.

Na via úmida, a matéria-prima é moída úmida em moinhos de bolas por meio da mistura com água até um conteúdo de umidade de 42% do peso seco. Após a granulação, o material é secado até um conteúdo de umidade de 5-6%.

Desta forma, observa-se que o processo por via úmida consome quatro vezes mais água do que o processo por via seca, o que indica também uma maior possibilidade de reúso.

a.2. Louça de Mesa:

Consumo de água e de matéria-prima:

	Esmalte (kg)	Caolim (kg)	Feldspato (kg)	Água (kg)	Produto final (kg)
Quantidade para 1000 kg de produto	115	760	554	3341	1000

Fonte:IPPCB (2004)

a.3. Louça Sanitária:

Consumo de água e de matéria-prima:

	Esmalte (kg)	Caolim e argila (kg)	Produtos auxiliares (kg)	Água (kg)	Produto final (kg)
Quantidade para 1000 kg de produto	80	631	569	195	1000

Fonte:IPPCB (2004)

Além de seu uso como parte integrante do processo, a água é utilizada nas operações de limpeza de pisos e de lavagem de máquinas, equipamentos e demais instalações industriais, bem como em sistemas de controle de poluição via úmida.

Do ponto de vista da oferta, em muitos casos o uso de recursos hídricos subterrâneos tem sido a alternativa mais atraente para a indústria, uma vez que as características químicas da água tratada podem interferir no processo de preparação da massa e na qualidade do produto final.

b. Energia

Em função da necessidade de queima de seus produtos, a indústria cerâmica é um grande consumidor de energia, com uso principalmente centrado nos processos de secagem e queima, tendo o gás natural e o gás liquefeito de petróleo (GLP) empregados na maioria das empresas.

A energia elétrica por sua vez é empregada nas instalações e maquinários usados para a moagem, mistura das matérias-primas e para a conformação das peças, sendo consumida em quantidade bastante inferior àquela dos combustíveis.

b.1. Pisos e Revestimentos:

Consumo de energia:

• Secagem:

Secadores aquecidos eletricamente são bastante utilizados e possuem um fluxo de gás residual de apenas 100 a 300 m³/h.

Os valores típicos de consumo de energia térmica nos processos de secagem de pisos e revestimentos encontram-se na faixa de 250 a 750 kJ/kg (baseado no baixo poder calorífico do gás natural e no volume de gás a 15°C e 1013mbar).

• Queima:

Na tabela a seguir, são comparadas as necessidades específicas de consumo de energia em dois tipos de fornos: de rolo e de túnel. Os valores estão relacionados à temperatura de 1150°C. As faixas de energia requeridas são fornecidas para monoqueima (1x) e biqueima(2x).

Tipo de forno	Faixa (kJ/kg)
Túnel (2x)	5920 – 7300
Túnel (1x)	5420 – 6300
Rolo (2x)	3400 – 4620
Rolo (1x)	2100 – 3100

Fonte: EIPPCB (2004)

b.2. Louça de Mesa:

Consumo de energia: Dados de consumo de energia elétrica e térmica de uma fábrica de louça de mesa

Parâmetro	Unidade	Faixa
Consumo de energia elétrica	MJ/kg de produto	4,5
Consumo de energia térmica	MJ/kg de produto	70

Fonte: EIPPCB (2004)

b.3. Louça Sanitária:

Consumo de energia: Dados de operação e de passagem de diferentes fornos

Tipo de forno	Temperatura (oC)	Tempo de queima (h)	Demanda específica de energia (kJ/kg)	Passagem (t/h) res. (t/ciclo)
Túnel convencional	1200 – 1280	16 – 24	6700 – 9200	10 – 50
Túnel moderno com fibra de isolamento leve	1230 – 1260	10 – 18	4200 – 6700	10 – 50
Rolo	1230 – 1260	8 – 12	3100 – 4200	10 – 30
Lançadeira, queima de reparo	1180 – 1220	12 – 23	7500 – 9200	1 – 10
Lançadeira, primeira queima	1240 – 1260	12 – 23	9200 – 10500	1 – 10

Fonte: EIPPCB (2004)

A tabela seguinte apresenta o consumo de energia térmica e elétrica de três plantas de louça sanitária:

Parâmetro	Unidade	Planta 1	Planta 2	Planta 3
Capacidade de produção	t/ano	10000	5120	2900
Uso de matéria-prima	t/ano	17000	7801	3500
Consumo de energia elétrica	MJ/kg de produto	0,36	3,32	3,16
Consumo de energia térmica	MJ/kg de produto	30	22	28

Dados de consumo de energia. Fonte: EIPPCB (2004)

c. Matérias-Primas Tóxicas

Embora a principal matéria-prima da indústria cerâmica (argila) seja um recurso mineral primário, extraído diretamente da natureza, existem alguns produtos empregados na manufatura destes produtos que podem oferecer impactos relativos à toxicidade de seus constituintes.

Durante a preparação do esmalte são introduzidos na suspensão um ou mais produtos químicos com a finalidade de proporcionar ou corrigir determinadas características. Entre eles podemos citar ligantes, plastificantes, defloculantes, fluidificantes e anti-espumantes.

Além destes aditivos, para conferir coloração aos esmaltes, são adicionados corantes, sendo que a formação da cor nos materiais vítreos pode ocorrer de três maneiras:

- por solução de íons cromóforos, geralmente, metais do grupo de transição (Cr, Cu, Fe, Co, Ni, Mn, U e V);
- por dispersão coloidal de metais, metalóides ou composto químico (Ouro, Prata e Cobre)
- por dispersão de cristais coloridos (pigmentos cerâmicos).

Em geral, os corantes são óxidos de ferro, de cobalto, de manganês, de cobre, de cádmio, de chumbo e de selênio, sendo que os constituintes básicos dos esmaltes cerâmicos são:

- agentes vitrificantes: SiO_2 e B_2O_3 ;
- fundentes: Na_2O ; K_2O ; PbO ; B_2O_3 e Li_2O ;
- estabilizadores: CaO ; BaO ; MgO ; PbO ; Al_2O_3 ; ZnO ;
- opacificantes: ZrO_2 ; SnO_2 ; TiO_2 ;
- devitrificantes: ZnO ; CaO ; BaO ; MgO ; TiO_2

Enquanto os corantes de óxidos orgânicos tradicionalmente usados pela indústria são pouco estáveis em temperaturas elevadas, gerando cores pouco constantes ou reprodutíveis, os pigmentos cerâmicos são substâncias inorgânicas, capazes de desenvolver a cor e estabilizá-la em altas temperaturas, além de resistir aos ataques químicos causados pelos vidrados devido a ação fundente de seus componentes.

Um exemplo deste tipo de material são os corantes inorgânicos, como mostra a Tabela I:

Tabela I: Pigmentos usados nos processos de decoração das peças cerâmicas

Cor	Resistência à temperatura (800°C)	Resistência à temperatura (1200°C)
Verde	Oxido de cromo, óxido de cobalto espinélio	-
Azul	Alumínio-zinco-cromo-cobalto espinélio	Zircônio-vanádio azul
Amarelo	Antimônio-chumbo amarelo	Estanho-vanadio amarelo
Preto	Espinélio com ferro, cobalto, níquel, manganês, Cromo, cobre, vanádio, etc	
Cinza	Estanho-antimônio cinza, zircônio-(cobalto,níquel)	-
Marrom	Ferro-cromo-zinco-manganes espinélio, Óxido de ferro	Zirconio-ferro pink
Vermelho	Cadmio-(enxofre, selenio) vermelho	Estanho-cromo (calcio,silício) pink, pigmento Vermelho cádmio
Branco	Óxido de cerio, óxido de titânio	Óxido de estanho, silicato de zirconio

Fonte: EIPPCB – European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (<http://eippcb.jrc.es>)

3.2 Geração de Rejeitos

a. Emissões Atmosféricas

Os principais problemas de emissões atmosféricas do setor cerâmico estão relacionados às emissões de material particulado rico em metais e outros poluentes inorgânicos, principalmente fluoretos.

Emissão de material particulado

O manuseio e processamento da argila e de outras matérias-primas da indústria

cerâmica levam à formação de pós, que podem ser dispersos no ambiente e causar problemas respiratórios.

A geração de material particulado está associada ao transporte inadequado da argila em caminhões sem lonas ou coberturas; à armazenagem da argila fora de silos ou galpões; à preparação da massa cerâmica (principalmente na via seca) e nos processos de moagem, peneiramento, atomização (na via úmida) e, na secagem.

Outras fontes de material particulado são a preparação do esmalte, em suas fases de mistura, moagem e aplicação por spray, e as operações de decoração, queima e acabamento das peças. Em casos de empresas que utilizam óleo ou lenha nos fornos e/ou secadores há também a formação de particulados do processo de combustão destes energéticos.

Emissões Gasosas

Os compostos gasosos liberados durante a secagem e a queima são derivados principalmente dos compostos presentes nas matérias-primas, porém os combustíveis podem também contribuir para a emissão de poluentes gasosos.

Quando a peça é queimada num processo adicional de decoração, as emissões resultantes desta queima também devem ser consideradas. Além disso, as colas e substâncias aglutinantes das figuras transferidas à peça, ou resinas das tintas de pintura, liberam substâncias orgânicas voláteis durante o processo de queima. Podem também ocorrer emissões adicionais de metais pesados derivados de pigmentos inorgânicos à base de óxidos de metais pesados.

As emissões gasosas relevantes na indústria cerâmica são:

- Dióxido de Enxofre (e outros compostos de enxofre): as concentrações de SO_x (principalmente SO₂) nos resíduos gasosos estão intimamente relacionadas ao teor de enxofre contido nas matérias-primas (piritas, gesso e outros sulfatos) e nos combustíveis (óleos combustíveis);
- Óxidos de Nitrogênio (e compostos nitrogenados): o NO_x é produzido principalmente pela “fixação” térmica do nitrogênio e do oxigênio a partir da combustão do ar. Esta reação é favorecida pelas altas temperaturas (aprox. >1200°C) e pelo excesso de oxigênio;
- Monóxido de Carbono (e dióxido de carbono): o CO surge a partir da combustão da matéria orgânica presente no material cerâmico, especialmente da dissociação térmica dos carbonatos de cálcio e magnésio durante a queima, além do próprio combustível (principalmente no caso de óleos);
- Compostos Orgânicos Voláteis (COV's): a emissão de COV's é resultado da combustão incompleta e da volatilização da matéria orgânica contida na argila, pois na etapa de

mistura da massa cerâmica, a emissão de COV's pode ocorrer pela volatilização das pastas, dos plastificantes e lubrificantes. Além das substâncias orgânicas presentes na matéria-prima utilizada na produção da cerâmica, são adicionados produtos auxiliares para a secagem, adesivos, esmaltes e outros, os quais podem produzir compostos orgânicos voláteis durante o processo de queima. Eles são emitidos à temperatura de aproximadamente 400oC na zona de pré-aquecimento do forno, sendo que a liberação de benzeno para a atmosfera pode ocorrer numa escala de até 1 mg/m³;

- Cloretos: a maioria das argilas contém traços naturais de cloro (geralmente derivados da formação marítima) que pode ser liberado nos processos de queima, principalmente na forma de HCl;

- Fluoretos: a argila, matéria-prima na fabricação de produtos cerâmicos contém flúor em sua composição, podendo ocasionar a liberação de fluoretos (principalmente HF), durante o aquecimento - particularmente acima de 800oC. Desta forma, em fornos periodicamente operados, tais como fornos intermitentes (shuttle), são emitidas grandes quantidades de fluoretos entre 800 e 1150oC. Esses fluoretos podem provocar doenças respiratórias, corrosão de materiais, efeitos tóxicos para plantas com reflexos na cadeia alimentar humana e mesmo chuvas ácidas.

- Metais (e seus compostos): o teor de metais pesados na matéria-prima é muito baixo, porém sua presença pode advir dos pigmentos cerâmicos e esmaltes, que poderiam ser emitidas à atmosfera durante a queima.

a.1. Pisos e Revestimentos:

- Moagem: as emissões a partir da moagem da matéria-prima consistem, principalmente, de partículas de argila, quartzo e feldspato, sendo:

- moagem a seco: taxa de emissão é de aproximadamente 6 Nm³ ar/kg de matéria-prima processada e a concentração de particulado é de aproximadamente 50g de pó/kg de matéria-prima processada;

- moagem a úmido: taxa de emissão é de aprox. 6 Nm³ ar/kg de matéria-prima processada e a concentração de particulado é de aproximadamente 15g de pó/kg de matéria-prima processada;

- Atomização:

Fontes de Emissão	Atomizador
Fluxo de gas residual (m ³ /h)	15000 – 125000
Temperatura do gás residual (°C)	90 – 115
Umidade (m ³ água/m ³ total)	0,13 – 0,25
Oxigênio (%)	16 – 20

Substâncias emitidas	Concentração (mg/m3)
Particulados	150 – 1500
NO _x como NO ₂	3 – 15
CO	1 – 15
Cloretos como HCl	1 – 5
Boro	<0,3
Chumbo	<0,15
CO ₂	1,5 – 4,0 %vol.

Valores para atomizadores. Fonte: EIPPCB (2004)

• **Formação da peça:**

- por prensagem: a taxa de emissão é de aproximadamente 5 Nm³ de ar/kg de matéria-prima processada e a concentração de particulado é de aproximadamente 7g de pó/kg de matéria-prima processada;
- por extrusão: não há emissão de particulados devido à umidade neste processo

• **Secagem:**

Fontes de Emissão	Secador tipo tunel
Fluxo de gas residual (m ³ /h)	2000 – 7000
Temperatura do gás residual (°C)	50 – 190
Umidade (m ³ água/m ³ total)	0,04 – 0,11
Oxigênio (%)	16 – 20

Fonte: EIPPCB (2004)

Substâncias emitidas	Concentração
Particulados	5 – 25 mg/m ³
CO ₂	1 – 3 %vol.

Valores para secadores contínuos tipo túnel – combustível Gás Natural
Fonte: EIPPCB (2004)

• **Esmaltação:**

- a taxa de emissão é de aproximadamente 5Nm³ de ar/kg de esmalte processado e a concentração de particulado é de aproximadamente 0,5g de pó/kg de esmalte processado;

• Queima:

Fontes de Emissão	Fornos
Fluxo de gás residual (m ³ /h)	5000 – 15000
Temperatura do gás residual (°C)	130 – 300
Umidade (m ³ água/m ³ total)	0,05 – 0,1

Fonte: EIPPCB (2004)

Substâncias emitidas	Concentração (mg/m ³)
Particulados	5 – 50
SO _x como SO ₂	<10
NO _x como NO ₂	15 – 60
CO	1 – 15
Fluoretos como HF	5 – 40
Cloretos como HCl	20 – 90
Boro	<0,5
Chumbo	<0,15
CO ₂	1,5 – 4,0 %vol.

Valores para queima em forno de rolo – combustível Gás Natural
Fonte: EIPPCB (2004)

Uma concentração de fluoreto entre 500 e 800 mg/kg na argila leva às emissões mencionadas acima. As emissões de boro e cloretos provêm principalmente da evaporação da água nos primeiros estágios da queima. A concentração de chumbo é relativamente pequena e basicamente vem da evaporação de alguns esmaltes, que contém este elemento.

a.2. Louça de Mesa:

• Queima:

Emissão	Concentração (mg/m ³)	Taxa de emissão (g/h)	Concentração (mg/m ³)	Taxa de emissão (g/h)
	Queima do	Biscoito	Queima do	Esmalte
Particulados	0,3 – 6,0	0,15 – 50	0,3 – 6,0	5 – 30
NO _x como NO ₂	13 – 110	15 – 710	20 – 150	15 – 720
Fluoreto como HF	1 – 35	0,25 – 109	0,3 – 23	0,2 – 110
Subst. orgânicas como C total	Até 40	Até 90	3 – 18	5 – 30

Valores de gás residual e dados de operação na queima da louça de mesa - combustível
Gás Natural

Fonte: EIPPCB (2004)

Fontes de Emissão	Forno de queima após decoração
Fluxo de gás residual (m ³ /h)	1000 – 3000
Temperatura do gás residual (oC)	Aprox. 100

Metais pesados	Concentração (mg/m ³)	Fluxo de massa (g/h)
Chumbo	0,002 – 2,750	0,90 – 4,80
Cadmio	0,003 – 0,070	0,01 – 0,10
Cobalto	0,054 – 0,260	0,06 – 0,30
Níquel	0,060 – 0,400	0,10 – 0,90

Concentração de metais pesados no gás residual da queima pós decoração –
combustível Gás Natural

Fonte: EIPPCB (2004)

a.3. Louça Sanitária:

• Queima

As tabelas abaixo apresentam as principais composições do gás bruto e do gás tratado, bem como os dados de operação de um forno do tipo túnel tipicamente usado na indústria de louça sanitária.

Neste caso, o gás de exaustão é limpo por meio de um processo de absorção seca, utilizando módulos absorvedores em forma de colméia, em um reservatório de aço.

Fontes de Emissão	Forno tipo túnel
Fluxo de gás residual (m ³ /h)	9100
Temperatura do gás residual (°C)	140 – 180

Emissão	Concentração do gás bruto (mg/m ³)	Concentração do gás Tratado (mg/m ³)
Particulados	10	3
NOx como NO2	30	20
CO	200	200
Fluoreto como HF	1,3 – 3,6	0,4 – 1,5

Composição dos gases brutos e dos gases tratados na queima de louça sanitária

Fonte: EIPPCB (2004)

As tabelas abaixo mostram as concentrações do gás bruto em fornos do tipo túnel e exemplos de concentrações de gás tratado de duas fábricas de louça sanitária. Os valores para o gás tratado foram obtidos na queima após a esmaltação e o tratamento do gás residual por meio de absorvedores de leito de cal.

Emissão	Concentração (mg/m3)
Pós	1 – 20
NOx como NO2	10 – 50
Cloretos como HCl	1 – 10
Fluoreto como HF	1 – 30

Concentração de gás residual (ref. a 18% O2: gás natural)
Fonte: EIPPCB (2004)

Emissão	Planta 1 Concentração (mg/m3)	Planta 2 Concentração (mg/m3)
Pós	3,2	5,0
Cobalto	<0,1	-
Níquel	<0,1	-
Cromo	<0,1	-
Manganês	<0,1	-
Vanádio	<0,1	-
Estanho	<0,1	-
Antimônio	<0,1	-
Fluoretos como HF	0,8	-
Cloretos como HCl	0,8	-
SOx como SO2	6,0	20

Concentração do gás tratado (ref. a 18% O2: gás natural)
Fonte: EIPPCB (2004)

a.4. Isoladores Elétricos:

• Queima:

Emissão	Concentração (mg/m3)	Taxa de emissão (g/h)
Pós	20 – 300	Até 600
NOx como NO2	20 – 120	Até 2400
Fluoreto como HF	Até 120	Até 2400

Concentração do gás residual na queima de isoladores elétricos (ref. a 18% vol.O₂: gás natural)

Fonte: EIPPCB (2004)

A seguinte tabela mostra um exemplo de concentrações de gás de saída de um forno tipo lançadeira sem sistema de limpeza de gases.

Emissão	Concentração (mg/m ³)	Taxa de emissão (g/h)
CO	91	658
NO _x como NO ₂	39	282
Fluoreto como HF	11,3	82
Cl como HCl	2,5	18
SO _x como SO ₂	2,8	20
Matéria orgânica	6,3	45

Fonte: EIPPCB (2004)

b. Ruídos e Vibração

As principais fontes de ruído e vibração são as instalações de moagem, mistura e prensagem.

Além disso, as atividades de transporte de caminhões, tanto de matérias-primas, como de produtos ou resíduos são, muitas vezes, motivo de incômodo à comunidade circunvizinha à empresa.

c. Efluentes Líquidos

A geração de efluentes líquidos nos processos cerâmicos advém principalmente das águas de limpeza das unidades de preparação, dos moldes de fundição, dos processos de esmaltação, engobe e da decoração.

Outras possibilidades de pontos de geração de efluentes são os sistemas de controle de poluição por via úmida (lavadores de gases) e o uso sanitário.

Os principais contaminantes que podem estar presentes nestes efluentes são: resíduos sólidos da evaporação, cloro, sulfatos, fosfatos, ácido silícico, cálcio, magnésio, boro, zinco, chumbo, cádmio, cromo, cobre, níquel e cobalto oriundos de produtos como esmaltes, resinas e da própria argila.

Esse efluente líquido, se lançado sem tratamento prévio em um corpo de água, pode acarretar em sérios problemas à biota, devido à alteração das características químicas naturais do corpo d'água, como por exemplo, a contaminação de solos, de aquíferos e de sedimentos no leito dos rios e lagos, cuja consequência é seu assoreamento.

c.1. Pisos e Revestimentos:

A tabela a seguir fornece detalhes da composição padrão do efluente não tratado oriundo da fabricação de pisos e revestimentos. O efluente é principalmente oriundo da limpeza de unidades de esmaltação, sendo que a concentração de substâncias depende da composição do esmalte:

Parâmetro	Faixa (mg/l)	Parâmetro	Faixa (mg/l)
PH	7 – 9	Cálcio	5 – 500
Material suspenso	1000 – 20000	Boro	1 – 60
Material sedimentado	5 – 30	Chumbo	<5
DQO	100 – 400	Sódio	50 – 500
DBO5	40 – 60	Potássio	1 – 50
Fluoretos	<2	Silício	5 – 30
Cloretos	300 – 700	Alumínio	<2
Sulfatos	100 – 1000	Ferro	<0,5
Magnésio	10 – 100	Zinco	<2

Análise química de efluente não tratado

Fonte: EIPPCB (2004)

A quantidade e composição do lodo oriundo das unidades de tratamento de efluentes varia consideravelmente, devido aos diferentes processos de fabricação. A tabela a seguir mostra as faixas dos principais componentes químicos do lodo:

Substância	Faixa (peso/%)	Parâmetro	Faixa (peso/%)
SiO ₂	40 – 60	K ₂ O	0,5 – 3,0
Al ₂ O ₃	5 – 15	TiO ₂	0 – 7
B ₂ O ₃	0 – 10	ZnO	1 – 8
Fe ₂ O ₃	0,1 – 5,0	BaO	0,1 – 3,0
CaO	5 – 15	PbO	0,1 – 15
MgO	0,5 – 3,0	ZrO ₂	1 – 15
Na ₂ O	0,5 – 3,0		

Principal composição química do lodo

Fonte: EIPPCB (2004)

No caso específico de uma indústria de pisos e revestimentos da Região de Rio Carlos, os dados fornecidos pelo Setor de Efluentes Líquidos da CETESB são apresentados a seguir, permitindo verificar diferenças quanto às concentrações, bem como quanto à composição do efluente, quando comparados com os dados apresentados nas tabelas acima.

A caracterização qualitativa dos despejos brutos, realizada pelo interessado, foi obtida através de amostragem composta.

Parâmetro	Concentração (mg/L)
PH	10,5
Bário	30,0
Chumbo	410,0
Cromo hexavalente	5,6
Cromo Total	6,2
Manganês	35,0
Zinco	10,0
Boro	50,0
Ferro solúvel	6,0

Caracterização do efluente bruto
Fonte: CETESB

O tratamento do efluente foi realizado pelo método de precipitação por ajuste de pH, utilizando-se sulfato de alumínio, como coagulante, além da adição de polímero (auxiliar de coagulação). A remoção do cromo hexavalente foi obtida, também, por precipitação (mediante adição de BaCl2H2O), ao invés da clássica pré-redução do cromo hexavalente para trivalente (usando-se metabissulfito de sódio). O boro foi removido pela passagem dos despejos tratados em resino de troca iônica.

c.2. Louça de Mesa:

A limpeza do efluente é realizada por homogeneização, floculação, sedimentação, filtração em filtro de areia e osmose reversa para reduzir a quantidade de efluente.

Parâmetro	Unidade	A partir da planta (bruto)	Após floculação	Após leito de areia	Concentrado após osmose reversa	Permeado após osmose reversa
PH		7,5	7,5	7,5	8,0	6,5
Condutibilidade	uS/cm	750	700	680	950	8
Dureza total	DH	12,0	11,5	12,0	15,0	<0,5
Resíduo sólido da evaporação a 135°C	mg/l	1500	550	500	820	60
Cloreto	mg/l	150	150	130	245	<5
Sulfato	mg/l	100	100	110	280	<10
Fosfato	mg/l	80,0	2,0	1,0	1,5	0,4
Ácido silícico	mg/l	200	15	10	25	<0,1

Calcio	mg/l	70	70	65	245	0,3
Magnésio	mg/l	9	7	7	23	<0,1
Boro	ug/l	2,0	1,0	1,0	3,1	<0,1
Zinco	ug/l	4500	<100	<100	<100	<100
Chumbo	ug/l	250000	200	60	110	<10
Cadmio	ug/l	60	2	2	3	<1
Cr, Cu, Ni, Co	ug/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0 05	<0,05
AOX	mg/l	0,001	-	-	0,007	<0,001
DQO	mg/l	30	-	-	45	<15

Análise do efluente de uma fábrica de louça de mesa
Fonte: EIPPCB (2004)

c.3 Louça de Sanitária:

Na fabricação de louça sanitária, a geração de efluente ocorre predominantemente como água de limpeza das unidades de processo, das unidades de fundição ou nos processos de esmaltação. Estes efluentes contém os mesmos componentes da matéria-prima.

A tabela abaixo, apresenta as concentrações do efluente tratado e as cargas diárias correspondentes de uma planta de louça sanitária (composição após sedimentação):

Parâmetro	Planta 1 Concentração (mg/m3)	Planta 2 Concentração (mg/m3)
Zinco	0,05	1,0
Níquel	<0,01	<0,2
Chumbo	<0,01	<0,2
Cobre	<0,01	<0,2
Cromo	<0,01	<0,2
Cromo VI	<0,05	<0,01
Cobalto	<0,01	<0,2
Estanho	<0,01	<0,2
Cadmio	<0,005	<0,1
Antimônio	<0,001	<0,2
Bário	0,32	6,4
Sulfato	53	1060
PH	7,7	-

Concentrações de poluentes no efluente tratado
Fonte: EIPPCB (2004)

c.4. Isoladores Elétricos:

A tabela a seguir mostra as concentrações de poluentes do efluente tratado decorrente da fabricação de isoladores elétricos:

Parâmetro	Concentração (mg/l)				
Materia filtrável	-	22	36	53	15
Alumínio	-	<0,1	<0,1	<0,1	0,90
Ferro II	<0,01	-	-	-	-
Ferro III	<0,01	-	-	-	-
Ferro totla	<0,01	2,64	1,15	0,056	0,1481
Fluoreto	-	0,33	-	-	-
DQO	-	19	-	-	-
TOC	<0,05	1,60	-	-	-
PH	8,12	6,24	5,87	6,65	7,37

Concentrações no efluente tratado de uma fábrica de isoladores elétricos
Fonte: EIPPCB (2004)

d. Resíduos Sólidos

As atividades do setor cerâmico podem acarretar em resíduos de várias operações e com características diversas, tais como lodos da decantação do tratamento de efluentes líquidos, cacos de cerâmica crus, cacos de cerâmica queimados, embalagens usadas, tambores e bombonas contaminados.



Figura 37- Resíduo de placas para suporte de peças

A disposição direta de resíduos cerâmicos sobre o solo pode acarretar em sua contaminação, assim como na contaminação de lençóis freáticos por meio da percolação de metais pesados devido à chuva, principalmente chumbo e zinco, acima dos padrões estabelecidos pela Legislação.

A geração de resíduos de embalagens é outro impacto ambiental a ser considerado, pois advém de caixas de papelão, sacos e galões plásticos e até de tambores e bombonas de produtos químicos. A disposição inadequada dessas embalagens pode causar sérios danos ao meio ambiente pelo potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas, principalmente no caso destes resíduos encontrarem-se impregnados com restos de produtos químicos tóxicos.

Em vários casos é viável o retorno desses recipientes aos fornecedores; no entanto, muitas vezes o que ocorre é o seu encaminhamento para aterros industriais.



Figura 38- Peças defeituosas

Os dados a seguir foram extraídos do trabalho de tese para obtenção do grau de Doutor em Ciências, denominado “Aspectos Ambientais do Processo de Fabricação de Placas de Revestimentos Cerâmicos (via úmida), com Ênfase nos Efluentes Líquidos”, de Kátia Regina Ferrari, IPEN, 2000, o qual foi desenvolvido por meio de ensaios analíticos nas matérias-primas utilizadas e nos resíduos gerados no processo produtivo de placas cerâmicas na região de Santa Gertrudes.

**GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA
BRANCA E DE REVESTIMENTO - SÉRIE P+L**

Óxidos	Esmalte semi opaco (%)	Esmalte cinza escuro (%)	Esmalte branco (%)	Engobe 1 (%)	Esmalte branco biqueima (%)	Engobe 2 (%)	Engobe 3 (%)
TiO ₂	ND	0,044	ND	0,11	ND	0,42	0,34
SiO ₂	57,6	55,2	55,2	20,5	52,5	59,2	67,5
Al ₂ O ₃	15,8	12,4	10,8	25,8	13,3	16,5	22,7
ZrO ₂	0,046	0,05	11,0	16,5	8,99	13,7	0,18
K ₂ O	3,98	1,03	1,88	ND	2,46	ND	1,70
Na ₂ O	3,29	2,65	2,50	1,40	2,25	1,70	1,49
SO ₃	0,05	0,06	NDI	NDI	NDI	NDI	0,08
P ₂ O ₅	0,122	0,32	0,7	2,62	0,08	0,47	0,48
MgO	0,06	0,15	0,7	19,2	0,42	0,42	0,06
CaO	6,02	9,45	7,69	0,81	6,82	1,62	0,15
NiO	ND	0,02	ND	0,008	ND	0,008	0,006
ZnO	6,25	0,14	4,12	0,007	7,30	0,2	0,007
PbO	0,03	1,33	ND	0,004	1,29	0,06	0,004
Fe ₂ O ₃	0,27	1,96	0,24	1,39	0,18	0,52	0,53
Cr ₂ O ₃	ND	1,55	ND	ND	ND	0,02	ND
BaO	3,89	ND	ND	ND	2,30	ND	ND
MnO	0,021	0,02	ND	0,11	ND	ND	0,015
SrO	0,16	0,04	0,015	ND	0,06	0,006	ND
B ₂ O ₃	ND	8,52	ND	ND	ND	ND	ND
P.F.	2,38	5,03	4,82	11,0	1,70	1,84	4,66

Análise semi-quantitativa, realizada pela técnica analítica fluorescência de raio x (WDXRF) – método dos parâmetros fundamentais, de alguns insumos de decoração utilizados na monoqueima e na biqueima. Resultados em porcentagem de óxidos. Coleta 15.01.98

ND – não determinado (<0,001%)

NDI – não determinado por interferência espectral

P.F. – perda ao fogo a 900oC

**GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA
BRANCA E DE REVESTIMENTO - SÉRIE P+L**

Óxidos	Pontos de Amostragem				
	B-1 (%) Moagem de matéria-Prima	B-2 (%) Preparação de tintas e vidrados	B-3 (%) Linha de decoração - monoqueima	B-4 (%) Setor de biqueima - total	B-5 (%) Caixa de coleta da linha de decoração da monoqueima e do Laboratório de Controle de Qualidade
TiO ₂	0,974	0,10	0,43	0,97	0,09
SiO ₂	66,7	56,2	51,3	71,7	54,5
Al ₂ O ₃	16,0	14,1	17,5	13,9	13,8
ZrO ₂	0,10	11,3	8,81	0,56	2,45
K ₂ O	3,5	1,85	1,59	3,53	1,35
Na ₂ O	0,09	1,49	0,60	0,26	1,79
SO ₃	0,07	NDI	NDI	NDI	ND
P ₂ O ₅	0,04	0,16	0,64	0,054	0,27
MgO	1,91	0,23	0,36	1,18	0,22
CaO	0,24	4,96	1,48	1,33	2,19
NiO	ND	0,017	ND	0,12	0,0043
ZnO	0,09	2,31	0,92	0,024	0,81
PbO	0,012	0,22	0,077	ND	0,74
Fe ₂ O ₃	2,11	0,924	0,93	2,32	2,36
Cr ₂ O ₃	0,026	0,22	0,013	0,47	1,85
BaO	ND	ND	ND	ND	ND
MnO	ND	0,10.	ND	ND	0,073
SrO	0,006	0,017	0,01	0,007	0,02
B ₂ O ₃	ND	ND	ND	ND	8,41
P.F.	8,0	5,40	14,9	4,0	9,0

Análise semi-quantitativa, realizada pela técnica analítica fluorescência de raio x (WDXRF) – método dos parâmetros fundamentais, dos resíduos sólidos decantados dos respectivos efluentes líquidos. Resultados em porcentagem de óxidos. Coleta 15.01.98

ND – não determinado (<0,001%)

NDI – não determinado por interferência espectral

P.F. – perda ao fogo a 900oC

Óxidos	Massa de decoração de monoqueima (%)	Resíduo do tanque de decantação da etapa de preparação de tintas e vidrados monoqueima (%)	Massa de decoração biqueima(%)
Na2O	ND	2,85	ND
MgO	0,26	1,08	ND
Al2O3	9,17	15,4	0,78
SiO2	58,0	56,2	4,8
P2O5	0,06	ND	ND
SO3	0,06	ND	ND
Cl	0,10	ND	ND
K2O	4,34	2,18	ND
CaO	10,6	6,29	0,36
TiO2	1,46	0,36	0,07
Cr2O3	0,35	0,13	0,83
Fe2O3	0,61	0,95	0,87
CoO	ND	0,03	14,0
ZnO	9,83	2,55	16,9
Rb2O	0,02	ND	ND
SrO	0,07	ND	ND
ZrO2	1,58	9,44	0,19
BaO	3,11	0,39	ND
Pr2O3	0,11	ND	ND
HfO2	0,08	ND	ND
CdO	ND	ND	0,21
PbO	0,13	0,60	40,6

Análise semi-quantitativa, realizada pela técnica analítica fluorescência de raio x (WDXRF) – método dos parâmetros fundamentais, em alguns insumos de decoração da monoqueima e da biqueima e do resíduo sólido do tanque de decantação da etapa de preparação de tintas e vidrados da monoqueima. Resultados em porcentagem de óxidos. Coleta 24.08.99

ND – não determinado (<0,01%)

Do exposto, verifica-se que a massa da decoração da monoqueima analisada é principalmente composta de óxido de silício, óxido de cálcio, óxido de zinco, óxido de alumínio, óxido de potássio e óxido de bário, ficando evidente a elevada probabilidade de se gerar resíduos tóxicos.



4. Medidas de Produção mais Limpa

4. MEDIDAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

A seguir são apresentadas as principais ações e medidas de P+L, específicas a cada etapa de processo ou de caráter geral, sendo que algumas medidas aplicam-se à fabricação da cerâmica branca, algumas à fabricação da cerâmica de revestimento e outras aos dois segmentos.

4.1 EXTRAÇÃO DE ARGILA

- Mapeamento de extensão da jazida de argila para evitar degradação ambiental da região;
- Realização de estudos de caracterização da geologia regional e planejamento da extração da argila das lavras, com o objetivo de evitar a degradação de nascentes e recursos hídricos, bem como áreas de proteção permanente e de proteção ambiental;
- Melhoria nos sistemas de destorroamento de argila e contenção de seu arraste hídrico e eólico;
- Melhoria nas condições de armazenamento de argila seca, definição de sistema para sua alimentação e utilização de estoque, a fim de evitar perda de matéria-prima;
- Melhoria do sistema de cobertura da argila transportada em caminhões, durante o transporte da jazida para o local de beneficiamento para evitar perdas de matéria-prima e poluição atmosférica por material particulado;
- Remoção da terra acumulada sobre as jazidas, juntamente com a vegetação e reservá-la para um futuro trabalho de recomposição do terreno, após a extração do minério.

4.2 ESTOCAGEM DA ARGILA A CÉU ABERTO

- Instalação de equipamentos para secagem de argila;
- Implantação de uma barreira vegetal ("cerca viva") para a contenção de dispersão de material particulado

4.3 ESTOCAGEM DAS MATÉRIAS-PRIMAS E TRANSPORTE PARA PROCESSO

- Instalação de sistemas de exaustão para evitar emissão de material particulado para a atmosfera;
- Sistema de canaletas de contenção e drenagem nos pisos;
- Instalação de silos ou boxes para armazenamento das matérias-primas;
- Instalação de coletores de poeiras ao longo das esteiras transportadoras para evitar emissão de material particulado para a atmosfera;
- Umidificação das áreas de acesso e trânsito de empilhadeiras para evitar emissão de material particulado para a atmosfera;

4.4 PREPARAÇÃO DA MASSA

- Implantação de sistemas de ventilação local exaustora nas áreas de preparação e moagem de argila para evitar emissão de material particulado para a atmosfera, bem como retorno do material coletado para o processo;



Figura 39- Lavador de pós

- Isolamento/encapsulamento da área de moagem, para evitar dispersão de pó e emissão de ruído;
- Implantação de operação contínua para o processo de moagem em via úmida;
- Utilização de esferas de alta alumina ou rearranjo na configuração interna das bolas, para permitir a redução do tempo de moagem e a economia de energia;
- Adequação da relação carga/corpos moedores no moinho para otimização do processo, redução do tempo de moagem e economia de energia;
- Descarga dos moinhos, utilizando como critério a análise do grau e não do tempo de moagem;
- Implantação de sistemas de variadores de frequência ou inversores, que permitam o ajuste da velocidade de rotação do motor, em função da curva de moagem, para reduzir o consumo de energia;

4.5 ATOMIZAÇÃO

- Isolamento térmico dos dutos e corpo do atomizador para redução do consumo de energia;
- Controle da depressão e temperatura no corpo do atomizador;
- Controle da pulverização da barbotina, pelo controle da pressão e manutenção dos bicos do atomizador;
- Instalação de ciclones interligados ao atomizador para captação de material particulado e recuperação deste para o processo;

4.6 PRENSAGEM E FUNDIÇÃO

- Uso de prensas de alta eficiência, para menor consumo de energia;
 - Controle da granulometria, da pressão e da compactação durante a prensagem para reduzir perdas no processo;
 - Implantação ou redimensionamento do sistema de ventilação local exaustora e de captação de pó no local de saída das peças na prensa para evitar dispersão de material particulado;
 - Instalação de sistema para coleta de rejeitos das prensas, para evitar perdas e reincorporá-los ao processo produtivo;
- Redução do uso de vapor, pelo aproveitamento de fontes secundárias, nas salas de fundição;

- Controle adequado da agitação, assim como da viscosidade, densidade e de outras propriedades da barbotina utilizada na fundição de peças por colagem para evitar perdas de material;
- Substituição do processo de fundição por molde de gesso por fundição sob pressão em moldes de resina porosa, para evitar geração de resíduos de moldes de gesso;

4.7 SECAGEM

- Controle da circulação do ar de secagem para otimização do processo e economia de energia/combustível;
- No caso de secagem fora de fornos de secagem, projetar adequadamente o espaço físico, a posição das peças e a localização de dutos de saída de ar quente e dos ventiladores, para promover secagem uniforme e rápida das peças;

4.8 ESMALTAÇÃO

- Implantação de sistema de canaletas de coleta e de canaletas de proteção nas linhas de esmaltação para obstruir a passagem de fragmentos de peças;
- Implantação de um programa de redução/substituição do uso de substâncias tóxicas na formulação dos esmaltes, para redução das emissões de poluentes tóxicos durante o processo de queima;
- Otimização do sistema de decoração de peças, considerando o tipo de produto e a seqüência de cores utilizadas, de modo a reduzir o número de lavagens dos equipamentos;
- Uso de sistemas de aspiração para cabines de esmaltação a disco, para coleta e reutilização do esmalte;
- Uso de aplicador de esmaltes do tipo cascata, através do qual uma cortina retilínea de esmalte é injetada com ou sem pressão, reduzindo o consumo de esmalte utilizado;
- Uso de aplicadores (esmaltação ou decoração), providos de cilindros de elastômero para transferência de fluidos para a superfície da peça, que permite uma aplicação mais rápida e econômica do esmalte;
- Implantação de sistema de exaustão e de lavador de gases na linha de esmaltação para evitar dispersão de material particulado e liberação de substâncias tóxicas para a atmosfera;
- Uso de esmaltação à seco que reduz o consumo de água e a perda de materiais.
- Substituição de cabines de aplicação a disco por campanas (sistema de aplicação de grandes volumes a baixas pressões – HVPL);
- Implantação de sistema de interrupção automática da aplicação de esmalte, quando ocorrerem falhas na seqüência de apresentação das peças na esteira;
- Aprimoramento do sistema de aplicação do engobe de muratura, de modo que este seja aplicado de forma homogênea e somente no topo da muratura, para evitar a adesão de argila semi-fundente nos roletes de alumina do forno.

4.9 QUEIMA

- Controle da pressão na câmara de queima (excesso de ar) para redução do consumo de energia/combustível;
- Instalação de detector de vazamento de gás;
- Instalação de medidores contínuos do fluxo de ar primário, que possibilitam controlar o processo de combustão e reduzir o consumo de energia;
- Implantação de filtros adsorventes nas chaminés para o controle de gases poluentes;
- Redução da massa refratária de carros, caixas e suportes, utilizando elementos ocós e lâ refratária (fibra cerâmica), visando o aumento da relação carga/mobília;
- Redução/eliminação de pontos de infiltrações de ar para melhorar o processo de queima e reduzir o consumo de energia;
- Vedação conveniente nas cabeceiras dos carros em fornos do tipo túnel;
- Pré - aquecimento de carga de um forno com gases de resfriamento de outro forno;
- Instalação de sistema de exaustão dos fornos em circuito fechado interligado a sistema de lavador de gases;

4.10 EMBALAGEM

- Segregação de embalagens para reciclagem;
- Utilização de embalagens retornáveis;
- Recuperação e reúso de palletes no armazenamento.

4.11 MEDIDAS DE CARÁTER GERAL:

Uso racional de água:

- Instalação de hidrômetros na entrada/captação de água e nos principais pontos de consumo;
- Instalação de válvulas automáticas no circuito de água, de modo a prevenir vazamentos;
- Utilização de sistema de pressurização (ar/água) com válvulas tipo gatilho nas mangueiras empregadas para a lavagem de pisos e equipamentos;
- Utilização de piso que permita a limpeza a seco;
- Reaproveitamento da água em lavadores de gases e pós;
- Reaproveitamento da água tratada para lavagem dos moinhos e linhas de esmaltação;
- Reaproveitamento da água tratada para umidificação da argila;
- Segregação da água pluvial do efluente bruto.

Uso racional de energia:

- Redução do espaço entre o secador e o forno para evitar resfriamento da peça crua antes do processo de queima;

- Reaproveitamento do ar quente liberado dos fornos para aquecimento de água e em processos de secagem;
- Utilização de queimadores de alta velocidade, que melhoram a eficiência da combustão e a transferência de calor;
- Otimização do aproveitamento da iluminação natural nas áreas de produção, com adoção de telhados tipo “shed” europeu ou telhados com telhas translúcidas;



Figura 40- Aproveitamento de iluminação natural

- Avaliação do balanço de energia da empresa;
- Otimização do uso de empilhadeiras e redução do consumo de combustíveis das mesmas, por meio do planejamento dos estoques de produtos, de modo a dispor aqueles de maior saída em locais de fácil e rápido acesso,

Tratamento de Efluentes (ETE):

- Instalação de filtro prensa para a desidratação do lodo;
- Implantação de sistema de automonitoramento do efluente recirculado da ETE, de modo a verificar a possibilidade de ampliar e diversificar o uso dessa água;
- Realização de teste de tratabilidade (jar-test) para determinação da dosagem correta de coagulante aplicado ao efluente bruto para melhorar a eficiência do sistema e a qualidade do efluente final e evitar gastos desnecessários;
- Implantação de sistema mecânico de desidratação das raspas, de modo a facilitar sua reincorporação ao processo produtivo;

Resíduos:

- Reutilização do lodo, proveniente da ETE, como matéria-prima constituinte do biscoito

na fabricação de pisos e revestimentos por via úmida;



.Figura 41- Lodo de Estação de Tratamento de Efluentes

- Incorporação do lodo em processos de fabricação de tijolos ou de agregados de argila expandida;
- Incorporação das raspas e fragmentos de peças cruas, geradas no processo, à massa de argila, como matéria-prima no processo;
- Reutilização de moldes de plástico na indústria de cimento;
- Reutilização de peças quebradas já queimadas, como cascalho ou decoração na pavimentação de pátios da empresa;

Redução de ruído e vibração:

- Encapsulamento de equipamentos ou construção de paredes de proteção;
- Instalação de paredes duplas;
- Instalação de chapas suspensas de metal, utilização de conexões de borracha-metal e componentes feitos de borracha, feltro ou cortiça;
- Substituição de ventiladores de alta rotação por ventiladores maiores de baixa rotação;
- Transferência de equipamentos, portas ou janelas de instalações ruidosas para um local distante da vizinhança mais próxima;
- Realização de manutenção de equipamentos, observando a necessidade de lubrificação ou troca de peças;
- Estabelecimento de limites de horários para realização de determinadas atividades, como o a movimentação de caminhões e o transporte de materiais.

Outros:

- Estabelecer programa de aprimoramento e documentação dos procedimentos produtivos, para reduzir a perda de insumos, garantir a melhoria contínua e a transferência de conhecimento entre os funcionários;
- Estabelecer um programa de manutenção preditiva e preventiva, de forma sistematizada para toda a linha de produção;
- Reavaliar a disposição física dos equipamentos dentro da linha de produção, para minimizar distâncias, evitar cruzamentos indesejados de diferentes fluxos, aumentar a segurança contra acidentes e reduzir os riscos de poluição ambiental;



5. Referências

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EIPPCB – European Integrated Pollution Prevention and Control – Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry – disponível em <http://eippbc.jrc.es>
2. ABC – Associação Brasileira de Cerâmica – disponível em <http://www.abceram.org.br/asp/abc>. Consulta feita em 12.07.2005
3. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Relatório Final do Projeto Piloto de prevenção à Poluição nas Indústrias Cerâmicas da Região de Santa Gertrudes, julho/2004
4. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Conservação de Energia na Indústria Cerâmica – Manual de Recomendações, 1980
5. Ferrari, Kátia Regina – Aspectos Ambientais do Processo de Fabricação de Placas de Revestimentos Cerâmicos (via úmida), com Ênfase nos Efluentes Líquidos. São Paulo (BR), IPEN, 2000 Tese para obtenção do grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais

ANEXO I. NORMAS E LEGISLAÇÃO

A seguir são apresentadas algumas das principais normas e marcos legais relativos ao setor, sem no entanto esgotar o assunto:

• Pisos e revestimentos:

NBR 13816: Placas Cerâmicas para Revestimento - Terminologia - (Abril/1997)
NBR 13817: Placas Cerâmicas para Revestimento - Classificação - (Abril/1997)
NBR 13818: Placas Cerâmicas para Revestimento - Especificação e Métodos de Ensaio (Abril/1997):

• Louça de mesa

NBR-10258: Superfície de peças cerâmicas vidradas - Determinação do teor de chumbo e de cádmio liberado (1988)

• Louça Sanitária:

NBR-6463: Material cerâmico sanitário - Determinação da absorção de água (1985)
NBR-6498: Bacia sanitária de material cerâmico de entrada horizontal e saída embutida vertical - Dimensões (1997)

NBR-6499: Material cerâmico - Lavatório de fixar na parede - Dimensões (1998)
NBR-6500: Mictórios de material cerâmico - Dimensões (2000)
NBR-9059: Material cerâmico sanitário - Verificação da resistência ao gretamento (1985)
NBR-9060: Bacia sanitária - Verificação do funcionamento (1997)
NBR-9065: Material cerâmico - Bidê - Dimensões (1998)
NBR-9338: Bacia sanitária de material cerâmico com caixa acoplada e saída embutida vertical - Dimensões (1997)
NBR-10353 Material cerâmico – Mini-lavatório de fixar na parede - Dimensões (1998)
NBR-12096: Caixa de descarga - Verificação de desempenho (1992)
NBR-12488: Material cerâmico - Lavatório de embutir - Dimensões (1998)
NBR-12489: Material cerâmico - Lavatório de sobrepor - Dimensões (1998)
NBR-12490: Bacia sanitária de material cerâmico com caixa integrada e saída embutida vertical - Dimensões (1997)

• Caráter Geral:

Decreto Estadual no 8.468 de 08/09/76

- Anexo 6: Dispõe sobre os padrões de emissão para material particulado – Padrão de Emissão (PE) a que se refere o Art. 33-A, acrescentado pelo Art. 6o do Decreto no 15.425 de 23/07/80;

- Anexo 8: Dispõe sobre os padrões de emissão para material particulado a que se refere o Art. 33-B, acrescentado pelo Art. 3o do Decreto no 18.386 de 22/01/82;

- Seção II (Art. 18): Dispõe sobre os padrões de emissão de efluentes líquidos de qualquer fonte poluidora;

- Título IV (Art. 51; 52; 53; 55; 56): Dispõem sobre a poluição do solo, disposição final, acumulação temporária e tratamento de resíduos de qualquer natureza;

Resolução CONAMA no 08 de 06/12/90

Estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão externa em fontes novas fixas como: caldeiras, geradores de vapor, centrais para a geração de energia elétrica, fornos, fornalhas, estufas e secadores para geração e uso de energia térmica, incineradores e gaseificadores.

Lei Estadual no 12.183 de 29/12/2005

Dispõe sobre a cobrança pela utilização de recursos hídricos no Estado de São Paulo.

Decreto Estadual no 50.667 de 30/03/2006

Regulamenta a cobrança pela utilização de recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo dos usuários urbanos e industriais, conforme estabelecido pelo artigo 1o das Disposições Transitórias da Lei 12.183, de 29 de dezembro de 2005.



SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE

