

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
GESTÃO AMBIENTAL**

**EMISSÕES DE FLÚOR NAS INDÚSTRIAS DE PISOS CERÂMICOS
DOS MUNICÍPIOS DE CORDEIRÓPOLIS E SANTA GERTRUDES
SITUAÇÃO E RECOMENDAÇÕES**

**Autor: Maria Cristina Poli
Orientador: Adilson José Rossini**



Novembro, 2002
Campinas - SP

RESUMO

As primeiras reclamações relativas às perdas agrícolas em plantações vizinhas a uma indústria cerâmica da região de Cordeirópolis e Santa Gertrudes recebidas pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) ocorreram há aproximadamente, dez anos.

As investigações mostraram que, o agente causador destes danos, seria o poluente flúor.

O pólo cerâmico desenvolveu-se e hoje é um importante setor econômico da região, ao lado da agricultura.

Ao longo destes dez anos foram realizados inúmeros diagnósticos, estudos e monitoramentos, comprovando os danos causados pela emissão de fluoretos.

O objetivo deste trabalho é mostrar de forma detalhada os vários aspectos do problema ambiental ocasionado pelas emissões de fluoretos, a importância do setor industrial envolvido, as características regionais e a necessidade de implementação de um programa de gestão ambiental amplo para a região uma vez que a contribuição do flúor é proveniente do solo (argila), principal matéria-prima da cerâmica e motivo da existência do polo industrial neste local.

INDÍCE

Lista de Figuras	i
Lista de Mapas	ii
Lista de Gráficos	iii
Lista de Tabelas	iv
Objetivo	v
1 - Introdução	1
2 – Aspectos ligados ao composto Flúor	2
2.1 – Origem	2
2.2 – Água	3
2.3 – Ar	3
2.4 – Solo	4
2.5 – Efeitos à saúde humana e animal	6
2.6 – Efeitos à vegetação	7
2.7 – Características físicas e químicas	9
2.8 – Aspectos econômicos	11
2.9 - Determinação do flúor	11
3 – Aspectos ligados ao Setor Cerâmico	13
3.1 – Características dos mat. cerâmicos	13
3.2 – Tipos de produtos cerâmicos	14
3.3 – Perfil econômico	16
3.4 – Descrição do processo de produção de pisos cerâmicos	20
3.5 – Poluição das indústrias de pisos cerâmicos	27
3.5.1 – Poluição das águas	27
3.5.2 – Resíduos sólidos	27
3.5.3 – Poluição sonora e vibração	28
3.5.4 – Poluição do ar	28
4 – Caracterização da Região	31
4.1 – Caract. Geológica e Hidrogeológica	32
4.2 – Caracterização dos municípios	36
4.2.1 – Município de Cordeirópolis	36
4.2.2 – Município de Santa Gertrudes	38
5 – Histórico	40
6 – Caracterização das Emissões Gasosas	43
6.1 – Campanha de 1993	44
6.2 – Campanha de 1994	45
6.3 – Campanha de 1995	46
6.4 – Campanha de Santa Gertrudes – 1996	46

6.5 – Campanha de 1997	47
6.6 – Campanha de 2000	47
6.6.1 – Campanha de junho e julho de 2000	48
6.6.2 – Campanha de agosto de 2000	50
6.7 – Campanha de 2001	52
6.8 – Diferença de emissão entre as chaminés	52
6.9 – Diferença entre as emissões de fluoretos gasosos e sólidos	53
6.10 – Relação entre a produção e a emissão	54
6.11 – Padrão de Emissão	54
7 – Qualidade do Ar da Região	58
7.1 – Campanha de 1993.....	59
7.2 – Campanha de 1998	59
7.3 – Campanha de 1999	59
7.4 – Campanha de 2000	60
7.5 – Campanha de 2001	62
8 – Efeitos à Vegetação	68
8.1 – Laudos do Instituto Biológico de Campinas	68
8.2 – Análise da vegetação ao redor da indústria cerâmica	68
8.3 – Avaliação realizada em maio de 1993 pela CETESB	69
8.4 – Avaliações realizadas pela ESALQ/USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.....	71
9 – Prevenção à Poluição	74
10 – Conclusão e Recomendações	76
11 – Glossário	78
Bibliografia	81

Anexo I	Características do Efluente Gasoso
Anexo II	Decisão da Comunidade Européia de 25 de março de 2002 (ref: 2002/272/CE)

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Ciclo Biogeoquímico do Flúor	2
Fig. 3.1 – Fluxograma do Processo Produtivo	21
Fig. 3.2 – Aplicação de engobe de fundo e cobertura	23
Fig. 3.3 – Vista do Forno de Monoqueima	25
Fig. 3.4 – Detalhe do Sistema de Ventilação na entrada do forno (zona de queima)	26
Fig. 4.1 – Localização dos municípios de Santa Gertrudes e Cordeirópolis	31
Fig. 4.2 – Brasão do Município de Cordeirópolis	36
Fig. 8.1 – Croqui de Localização das amostras de vegetação	72

LISTA DE MAPAS

Mapa 4.1 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (1999)	32
Mapa 4.2 - Ocorrências de Bens Minerais Destinados à indústria da Construção Civil e demais Matérias-Primas Industriais no Estado de São Paulo (1997)	34

LISTA DE GRÁFICOS

Graf. 3.1 – Principais Produtores Mundiais – 2001 (milhões de m ² de pisos)	16
Graf. 3.2 – Principais Exportadores – 1999 (milhões de m ² de pisos)	17
Graf. 3.3 – Exportações de Revestimentos Cerâmicos (milhões de m ² de pisos)	17
Graf. 3.4 – Destino das Exportações Brasileiras	18
Graf. 3.5 – Distribuição Regional do Mercado Brasileiro	18
Graf. 3.6 – Vendas de Revestimento Cerâmico no Mercado Internacional (milhões de m ² de pisos)	19
Graf. 3.7 – Perfil de Temperaturas do Forno A durante as amostragens em chaminé	29
Graf. 3.8 – Perfil de Temperaturas do Forno B durante as amostragens em chaminé	29
Graf. 6.1 – Relação entre a produção e a emissão de fluoretos totais	54
Graf. 7.1 – Taxa de emissão de fluoretos (µg/100 cm ² /30 dias) obtidos em vários municípios do Estado de São Paulo	64
Graf. 7.2 – Concentração de fluoretos gasosos (µg/m ³) no Ponto 7	66
Graf. 7.3 – Concentração de fluoretos gasosos (µg/m ³) no Ponto 9	67
Graf. 8.1 – Teores de fluoretos nas Dracenas alba	70

LISTA DE TABELAS

Tab. 2.1 – Teor de flúor no solo	5
Tab. 2.2 – Teor de flúor (mg/Kg) nas matérias-primas	6
Tab. 2.3 – Características do flúor	9
Tab. 2.4 – Características do ácido fluorídrico	10
Tab. 3.1 – Consumo per capita de cerâmica de revestimento	16
Tab. 3.2 – Dimensões e pesos dos pisos cerâmicos	20
Tab. 3.3 – Teor máximo de metais presentes na matéria-prima de revestimentos cerâmicos na Comunidade Européia	24
Tab. 3.4 – Temperaturas durante o Processo de Queima	24
Tab. 3.5 – Consumo de energia por setor produtivo	25
Tab. 4.1 – Ocorrências de bens minerais, segundo Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo	35
Tab. 4.2 – Culturas agrícolas existentes no Município de Cordeirópolis	37
Tab. 4.3 – Fontes de economia do Município de Cordeirópolis	38
Tab. 4.4 – Culturas agrícolas existentes no Município de Santa Gertrudes	39
Tab. 4.5 – Fontes de economia do Município de Santa Gertrudes	39
Tab. 6.1 – Média dos Resultados de amostragem em chaminé da indústria A	45
Tab. 6.2 – Média dos Resultados de amostragem em chaminé da indústria B	45
Tab. 6.3 – Resultado de amostragem em chaminé após o ECP da indústria A	46
Tab. 6.4 – Média dos resultados obtidos na Campanha de amostragem de 1996 em Santa Gertrudes	46
Tab. 6.5 – Resultado das amostragens em chaminé e a eficiência do ECP	47
Tab. 6.6 – Teor de fluoretos na matéria-prima	48
Tab. 6.7 – Quantidade de fluoretos na matéria-prima – Indústria A	49
Tab. 6.8 – Quantidade de fluoretos na matéria-prima – Indústria G.....	49
Tab. 6.9 – Resultados obtidos na Campanha de amostragem de junho de 2000 – Indústria G	49
Tab. 6.10 – Resultados obtidos na Campanha de amostragem de julho de 2000 – Indústria A	50
Tab. 6.11 – Resultados obtidos na Campanha de amostragem de agosto de 2000	51
Tab. 6.12 – Análise de flúor nos pisos cerâmicos	51

Tab. 6.13 – Resultados obtidos na Campanha de Amostragem de 2001	52
Tab. 6.14 – Emissões da chaminé da zona de resfriamento do forno	52
Tab. 6.15 – Concentração de fluoretos gasosos e sólidos na chaminé 1	53
Tab. 6.16 – Concentração de fluoretos gasosos e sólidos na chaminé 2	54
Tab. 6.17 – Eficiência necessária dos ECPs das indústrias Cerâmicas	55
Tab. 6.18 – Padrão de Emissão Holandês	56
Tab. 6.19 – Emissão do Forno de Monoqueima verificados na Itália	56
Tab. 6.20 – Valores limites de emissão de flúor em diversos países da União Européia	57
Tab. 7.1 – Taxa de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/30 \text{ dias}$)	59
Tab. 7.2 – Taxa Média de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/30 \text{ dias}$)	59
Tab. 7.3 – Taxa de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/30 \text{ dias}$)	60
Tab. 7.4 – Taxa de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/30 \text{ dias}$)	61
Tab. 7.5 – Resumo dos Resultados do Modelo de Dispersão Atmosférica	61
Tab. 7.6 - Taxa de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/30 \text{ dias}$)	62
Tab. 7.7 – Monitoramento da Taxa de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/30 \text{ dias}$) no período de julho de 1999 a outubro de 2001	63
Tab. 7.8 – Concentração de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g F}/\text{m}^3$) no ponto 9*	64
Tab. 7.9 – Concentração de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g F}/\text{m}^3$) no ponto 1*	65
Tab. 7.10 – Concentração de Fluoretos na Ar Ambiente ($\mu\text{g F}/\text{m}^3$) no ponto 7*	65
Tab. 7.11 – Valores de referência de HF ($\mu\text{g F}/\text{m}^3$) para proteção à vegetação	66
Tab. 8.1 – Concentração de fluoretos na vegetação em torno da indústria cerâmica	69
Tab. 8.2 – Resultados das análises de flúoretos em folhas de Dracena Alba	70
Tab. 8.3 – Análise realizada em fevereiro de 1996	71
Tab. 8.4 – Análise realizada em março de 2000	72
Tab. 8.5 – Análise realizada em fevereiro de 2001	73

OBJETIVO

Dentro do panorama ambiental atual da poluição do ar, o composto flúor muitas vezes não tem sido priorizado, visto que problemas como chuva ácida, material particulado e mais recentemente o ozônio acabam absorvendo todas as ações de controle e medidas preventivas por parte dos órgãos ambientais.

O objetivo deste trabalho é mostrar, através de compilação dos vários diagnósticos realizados nas indústrias produtoras de pisos cerâmicos da região de Cordeirópolis e Santa Gertrudes, a necessidade premente de uma Gestão Ambiental para a região, visto os danos à vegetação advindos das emissões atmosféricas de fluoretos provenientes destas indústrias e a região estar se mostrando o principal polo de desenvolvimento da indústria cerâmica do Estado de São Paulo.

1- INTRODUÇÃO

Os municípios de Santa Gertrudes e Cordeirópolis, historicamente uma região agrícola típica do interior paulista, nos últimos anos viram o setor cerâmico tomar um vulto importante na economia local.

De produtores locais, com estrutura familiar, as indústrias cerâmicas tornaram-se de simples fabricantes artesanais de tijolos cerâmicos em principal polo de produção de pisos cerâmicos, responsáveis por aproximadamente 50% da produção nacional.

Estas mudanças levaram a conflitos com o setor agrícola. Dentre estes conflitos, um deles é decorrente de mudanças ambientais ocasionadas pelas emissões atmosféricas provenientes dos fornos de produção de pisos cerâmicos, mais especificamente as emissões de fluoretos, agentes fitotóxicos, isto é, tóxicos às plantas.

As indústrias cerâmicas e a agricultura convivem vizinhas ao longo destes municípios disputando, não só o uso e ocupação do solo, mas o próprio solo, matéria-prima para os dois setores econômicos e a razão pela existência do polo cerâmico na região.

É neste solo também onde se encontram o flúor, que após ser lançado na atmosfera através das chaminés das indústrias cerâmicas, causa injúrias nas plantas, levando a perdas na agricultura.

Os primeiros conflitos datam do início da década de 90 e vem se desenrolando até a presente data. Vários estudos e trabalhos técnicos vem sendo desenvolvidos desde esta época, no sentido de diagnosticar o problema e buscar soluções para os conflitos.

Este documento mostrará alguns destes trabalhos e estudos, enfocando sempre os problemas provenientes das emissões de fluoretos dos fornos. Demais problemas ambientais decorrentes das indústrias cerâmicas não serão abordados neste documento.

2 - ASPECTOS LIGADOS AO COMPOSTO FLÚOR

2.1 - Origem

O flúor, também chamado de fluoreto, é um elemento que pode ser encontrado em qualquer parte. Considerado como o décimo terceiro composto mais abundante na crosta terrestre, corresponde entre 0,6 a 0,9% em peso das camadas superiores da litosfera, sendo mais abundante que o chumbo, cobre e até mesmo do cloro.

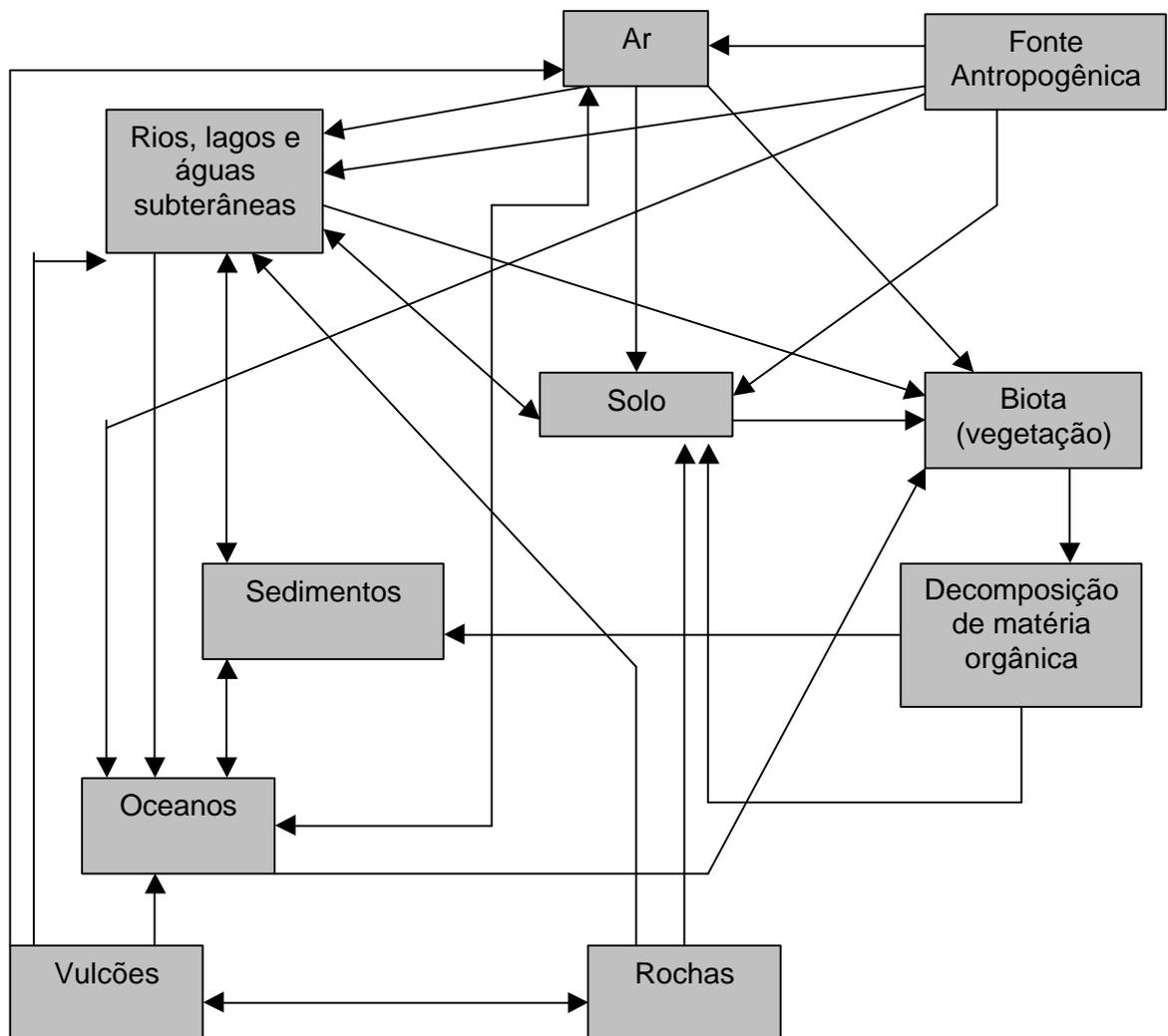


Figura 2.1 – Ciclo Biogeoquímico do Flúor

Devido a sua reatividade, na maior parte ocorre na sua forma iônica (F^-) ou em compostos orgânicos e inorgânicos. As rochas, o solo, a água, o ar, as plantas e todos os animais, incluindo o homem possuem em sua composição fluoretos em concentrações variadas.

2.2 - Água

Na água sua presença é em função das características geológicas, químicas e físicas das regiões que abastecem os cursos de águas superficiais e das águas subterrâneas, sendo nesta última onde são encontradas as mais altas concentrações, na ordem de 10 mg/L. Nas águas do mar são encontradas concentrações de 1,3 mg/L.

O transporte e transformação de fluoretos na água são influenciados pelo pH, pela dureza da água e pela presença de materiais que permitem a troca iônica, como a argila.

A água de abastecimento público no Brasil, em algumas cidades, é fluoretada a uma taxa de 0,6 a 1,1 mg/L, sendo o valor máximo permissível de 1,5 mg/L, segundo a Portaria 1469 do Ministério da Saúde e referendado pela Organização Mundial da Saúde.

2.3 - Ar

Na atmosfera o flúor pode ser encontrada na forma de partículas, na forma gasosa ou na forma gasosa adsorvida como aerossol. As formas gasosas incluem o ácido fluorídrico (HF), tetrafluoreto de silício (SiF_4), ácido fluorsilício e hexafluoreto de enxofre.

Na forma de partícula estão incluídas a criolita, fluoreto de alumínio, fluoreto de cálcio, hexafluossilicato de sódio, fluoreto de chumbo (PbF_2) e fluorepatita (fluorofosfato de cálcio).

Globalmente, ácido fluorídrico corresponde a 75% dos compostos inorgânicos de flúor presentes na atmosfera, os outros 25% são na sua maioria fluoretos de cálcio e fluoretos de sódio.

Fluoretos inorgânicos não voláteis na forma de partícula são removidos na atmosfera via condensação ou processos de nucleação.

Fluoretos são hidrolizados na atmosfera na forma de ácido fluorídrico, que por sua vez pode combinar com vapor d'água para produzir aerossóis ou névoas de ácido fluorídrico.

Fluoretos adsorvidos no material particulado na atmosfera são geralmente estáveis e não é facilmente hidrolizado, embora eles possam ser degradados pela radiação se persistem na atmosfera.

Estudos mostram que compostos inorgânicos de flúor, com exceção de hexafluoreto de enxofre, não permanecem por um longo período na troposfera, migrando para a estratosfera.

A distância percorrida por emissões de fluoretos dependem das condições meteorológicas e a forma da partícula.

As emissões atmosféricas de fluoretos muitas vezes são provenientes de fontes naturais como vulcões, resuspensão e transporte aéreo do solo e liberação de aerossóis do mar. Estudos realizados pela EPA (Estados Unidos - 1980), mostram que as atividades vulcânicas contribuem com uma taxa entre 1 a 7×10^6 toneladas por ano de flúor na atmosfera.

Além destas, existem as emissões provenientes de atividades industriais como:

- destruição térmica de resíduos;
- fundição de alumínio e outros metais não ferrosos;
- produção de superfosfato e outros adubos minerais, e
- fabricação de vidro e cerâmica.

O flúor na forma iônica é liberado na atmosfera em virtude de algumas atividades de refino de petróleo, fundição de magnésio, operações de solda de metais, instalações atômica ou lançamento de foguetes espaciais.

Na atmosfera, principalmente na forma de ácido fluorídrico, ele se comporta de maneira diferente no que se refere a transporte e dispersão quando comparado a outros poluentes atmosféricos. Estudos realizados mostram que não são comuns transporte a longas distâncias, porém próximas a fonte geradora podem apresentar concentrações de risco a vegetação.

Estudos mostram que os níveis basais de fluoretos na atmosfera giram em torno de 0,5 a 3,0 ng/m^3 , sendo que avaliações realizadas na Holanda obtiveram níveis entre 30 a 40 ng/m^3 em áreas sem fontes industriais, elevando-se para 70 ng/m^3 em áreas com atividades industriais.

2.4 - Solo

No solo pode ser encontrado, entre 0,1 a 1,0 g/kg, na maioria das vezes na forma de fluorita (CaF_2), criolita (Na_3AlF_6) e apatita [$\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$].

Na maior parte das vezes o flúor está associado a micas e outros solos minerais como argila. Fluoreto de sódio e fluoreto de magnésio são também encontrados em solos minerais.

A concentração de fluoretos no solo muitas vezes está associado com o uso do fertilizantes fosforados, águas de irrigação ou com o depósito de compostos de flúor emitidos pelos efluentes gasosos das indústrias.

O transporte e transformação de fluoretos no solo são influenciados pelo pH e formação de complexos predominantemente de alumínio e cálcio. Solos com pH entre 5,5 e 6,5 são propícios a adsorção de fluoretos.

Nos solos, os fluoretos em média, dependendo do tipo de solo, representam até 0,1% em peso (1,0 g/kg), sendo que esta concentração aumenta de acordo com a profundidade. Estudos mostram que em função das características do solo o fluoreto representa até 38 % em peso.

O flúor presente nas cerâmicas são provenientes em sua maioria dos íons fluoretos presentes na argila. Teores típicos de flúor nos minerais é de 200 a 1600 mg/kg. Esta variação é em função dos diversos depósitos argilosos, sua posição estratigráfica, composição mineral e textura. Na Tabela 2.1 se encontram os teores de flúor encontrados em solos de outros países.

Tabela 2.1 – Teor de Flúor no solo

Países	Descrição do Solo	Teor de Fluoretos
Itália	Solo argiloso	0,05 a 0,17 (%)
Canadá	Solos de superfícies	63 a 1003 (mg/kg)
	Solos de floresta (húmus)	6 a 11(mg/kg)
	0,7 Km de uma planta de extração de fósforo	1138 a 1915(mg/kg)
Estados Unidos (Pennsylvania)	Solo argiloso e silte	136 a 990(mg/kg)

Fonte: Organização Mundial de Saúde e Centro Cerâmico de Bologna

A tabela 2.2, a seguir mostra o teor de flúor analisado em algumas matérias-primas nas pastas cerâmicas utilizadas em Portugal e seu enquadramento geocronológico.

Tabela 2.2 – Teor de Flúor (mg/kg) nas matérias-primas

Idade Geológica	Matéria-prima	Teor de Flúor
Plio-pleistocénico	Terraços fluviais	1310
Pliocénico	Formação de Aguada	780
Pliocénico	Formações vermelhas de Gamita e Vale do Grou	920
Miocénico	Bacias terciárias do interior da Meseta Ibérica	850
Miocénico	Argila de Tomar	800
Cretácico superior	Argilas de Taveiro	660
Cretácico superior	Argilas de Aveiro	850
Jurássico superior	Sinclinal Alpedriz – Porto Carro	650 a 800
Jurássico superior	Bacia de Torres Vedras	730

Fonte: Centro de Tecnologia Cerâmica e do Vidro, Coimbra, Portugal

Amostras de argila utilizadas como matéria-prima no pólo cerâmico de Estado de Santa Catarina, Brasil, mostram um teor de flúor na faixa entre 0,01 a 0,18 %.

2.5 - Efeitos à saúde humana e animal

As vias de ingresso e absorção no organismo humano são as digestivas e respiratórias e alguns casos pela dérmica.

Os fluoretos são normalmente depositado nos ossos, o que pode levar a fluorose óssea, que em algumas regiões do mundo é considerada como uma doença endêmica. Nestas regiões, normalmente tropicais e subtropicais as fontes de fluoretos são normalmente naturais. Em áreas não endêmicas, a fluorose é ocasionada em sua grande parte por exposição ocupacional.

O flúor é eliminado do organismo humano através da urina, suor e saliva, podendo estar presente também nas lágrimas, leite materno, pele e unhas.

Além da fluorose, que apresenta alterações nos dentes, a inalação de altas concentrações de fluoretos e/ou seus compostos, podem levar a graves irritações respiratórias. O contato com a pele pode levar a queimaduras e necroses profundas.

Com exceção da exposição ocupacional a inalação de flúor normalmente é insignificante.

Ao longo da cadeia alimentar, o flúor absorvido nas gramíneas podem levar a graves problemas relacionados a alterações nos dentes e esqueletos de

rebanhos de bovinos e ovinos. Pode-se observar danos a ovinos quando a concentração de flúor nas pastagens ultrapassam 10 ppm, e para bovinos na faixa entre 30 a 40 ppm.

Efeitos nos ossos são considerados como os mais importantes efeitos a exposições de fluoretos a longo prazo.

2.6 - Efeitos a Vegetação

O efeito fitotóxico do flúor é há muito tempo conhecido e indiscutível, inúmeros estudos internacionais comprovam que alterações no metabolismo das plantas ocorrem antes mesmo de se verificar alterações visíveis como necrose dos tecidos.

A quantidade de flúor depositada nas plantas ocorre em função de agentes externos como a quantidade de emissões destes compostos, a proximidade da fonte, a velocidade e direção do vento.

A maior parte do flúor presente na atmosfera é absorvido pelas plantas através das folhas. Absorção através do solo é observada em solos muito ácidos ou arenosos, ou então, quando o solo é enriquecido com grandes quantidades de flúor.

O flúor gasoso penetra no tecido foliar, na maioria das vezes, através dos estômatos, ou então através da cutícula e lenticelas de ramificações. Por meio das correntes de transpiração, se concentra nas margens e extremidades das folhas, isto é nas zonas foliares.

Uma parte deste flúor se encontra na forma móvel e solúvel, e portanto, chuvas repetidas levam a uma diminuição da concentração deste poluente.

Em áreas não poluídas, a quantidade média encontrada nas folhas é de 10 mg F⁻/kg, base seca. Em áreas com solos alcalinos ou enriquecido por minerais fluoretados as concentrações podem ser mais altas.

A forma mais comum de fluoreto como poluente fitotóxico é o ácido fluorídrico (HF) ou o tetrafluoreto de silício. Uma vez suspensa a emissão atmosférica da fonte, a concentração do flúor tende a diminuir através dos seguintes mecanismos:

- remoção pela chuva;
- diluição da concentração nas plantas em crescimento;
- evaporação do flúor na forma de compostos voláteis, e
- deslocamento do flúor da folha para outras partes da planta.

Sendo que o último mecanismo possuem mais caráter científico do que um processo de desintoxicação da planta.

Os sintomas de necrose não se limitam somente as folhas, podendo ocorrer também em flores, frutos e gramíneas.

Dependendo da espécie ou até mesmo da variedade desta, a tolerância ao flúor pode variar significativamente, dependendo das diferenças genéticas e da forma de exposição, aguda ou crônica.

Em plantações de cana-de-açúcar e milho, muito comum nos municípios de Cordeirópolis e Santa Gertrudes, os primeiros sintomas são o aparecimento de cloroses nas pontas das folhas e nas margens das folhas em desenvolvimento.

As cloroses tendem a se estender pela folha, em áreas intercostais, levando a necroses. Estes sintomas ocorrem de forma mais acentuada próximas a áreas onde as folhas se dobram para baixo.

Os efeitos desta exposição, inicialmente ocorrem a nível metabólico e subcelular, podendo levar à modificações na composição e diversidade das espécies. Espécies mais sensíveis tem seu crescimento reduzido, e devido a competitividade natural em um ecossistema estas espécies tendem a desaparecer.

O resultado é em empobrecimento do sistema como um todo, levando em casos extremo, a uma completa degradação do ecossistema.

Cloroses, necroses periféricas, distorção de folhas e mau formação dos frutos não são sintomas ocasionados somente pelo flúor. Outros compostos podem ocasionar sintomas similares o que acaba dificultando o diagnóstico.

Portanto para um diagnóstico de injúrias ocasionadas por fluoretos envolvem análises visuais e químicas, a comparação do número de espécies envolvidas que possuem tolerância a estes compostos e o período a que estas plantas foram expostas.

A suscetibilidade de diferentes espécies de plantas a emissões atmosféricas de flúor variam consideravelmente e dependem do composto de flúor a que estão expostas. Em algumas espécies a suscetibilidade varia entre as folhas e o fruto, um exemplo deste tipo é o pêssego.

Evidências mostram que injúrias visíveis e efeitos no crescimento são independentes. Porém mais significativos são as perdas econômicas de culturas agrícolas verificadas em áreas próximos a uma fonte de emissão de flúor.

Geralmente, pequenas injúrias começam a aparecer nas espécies mais sensíveis a um nível de exposição superior a $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A maioria das espécies toleram concentrações acima deste valor.

2.7 - Características Físicas e Químicas

As tabelas a seguir mostram de maneira resumida as características químicas e físicas dos fluoretos, na forma de F_2 , e do ácido fluorídrico.

Tabela 2.3 – Características do Flúor:

Identificação do Produto	Fórmula Molecular	F_2
	Código da ABNT – ONU	1046
	Aparência Geral	Gás liquefeito, claro a amarelo com odor irritante. Afunda e ferve na água Produce névoa de vapor visível venenoso
Propriedades Físico-Químicas e Ambientais	Peso Molecular	37,99
	Ponto de Ebulição	- 180 °C
	Ponto de Fusão	- 223 °C
	Temperatura Crítica	- 128,6 °C
	Pressão Crítica	55,08 atm
	Densidade	1,5 a 188 °C (líquido)
	Densidade de vapor	Não pertinente
	Pressão de vapor	Não pertinente
	Calor latente de vaporização	39,8 cal/g
	Calor de combustão	Não pertinente
	Solubilidade na água	Reage
Reatividade química	com água	Reage com água para formar fluoreto de hidrogênio, oxigênio e difluoreto de oxigênio
	química	Reage violentamente com todos os materiais combustíveis, exceto os cilíndricos de metal nos quais ele é despachado Incompatível com água, ácido nítrico e a maioria dos materiais oxidáveis
Informações Ecotóxicas	Limite de Percepção de Odor	< 1 ppm
	P.P.	1,4 mg/l
	TWA	1 ppm
	STEL	0,5 ppm/ 5 min

Tabela 2.4 – Características do Ácido Fluorídrico:

Identificação do Produto	Fórmula Molecular	HF
	Código da ABNT – ONU	1052
	Numero de risco	886 – substância altamente corrosiva e tóxica
	Família Química	Ácido inorgânico
	Aparência Geral	Líquido, sem coloração e odor irritante Afunda e mistura na água Produz vapor venenoso e sobe lentamente
Propriedades Físicos-Químicas e Ambientais	Peso Molecular	20,01
	Ponto de Ebulição	19,5 °C
	Ponto de Fusão	- 83 °C
	Temperatura Crítica	- 230,6 °C
	Pressão Crítica	74,8 atm
	Densidade	0,992 a 19 °C (líquido)
	Densidade de vapor	0,7
	Pressão de vapor	Dado não disponível
	Calor latente de vaporização	80,5 cal/g
	Calor de combustão	- 734,6 cal/g
	Solubilidade na água	Miscível
	Reatividade química com água	Dissolve com liberação de calor
	Reatividade química	Ataca o vidro, o concreto e certos metais, especialmente os que contém sílica, bem como os que fundem ferro. Ataca borracha natural, couro e muitos materiais orgânicos. Pode gerar gás hidrogênio inflamável em contato com alguns metais.
Informações Ecotóxicas	Limite de Percepção de Odor	0,03 mg/m ³
	P.P.	Dado não disponível
	TWA	3 ppm
	STEL	3 ppm/ 15 min

2.8 - Aspectos econômicos

Danos ou lesões podem ser definidos como qualquer efeito mensurável a nível da resposta da planta, portanto é importante distinguirmos estes conceitos do conceito prejuízo que está ligado a perdas econômicas referente a diminuição do valor de aproveitamento de uma plantação ou até mesmo quebra de safra.

Estas perdas ocorrem reconhecidamente em áreas próximas a grandes fontes de emissão de flúor, normalmente indústrias, e muitas vezes associadas a outros fatores como espécie ou variedade da planta, sua idade ou estágio de desenvolvimento, sua condição nutricional, a concentração e tempo de exposição do flúor na atmosfera e a outros fatores climáticos, descritos anteriormente, como direção e velocidade do vento.

Além das perdas econômicas como baixo rendimento da agricultura, danos às estruturas como corrosão de materiais e perda de brilho de vidros são também associadas a emissão atmosférica de fluoretos.

2.9 - Determinação do Flúor

A determinação do flúor, devido a sua reatividade é muitas vezes difícil e complicado. Muitos métodos tem sido propostos para a liberação do fluoretos de vários tipos de amostras.

As amostras ambientais devem ser cuidadosamente coletadas e manuseadas para se garantir a representatividade das concentrações existentes e evitar a perda de flúor através de compostos voláteis. Perdas através de problemas com a amostragem tendem a ser maiores do que as devido as técnicas analíticas.

Devido a baixas concentrações, amostras de ar ambiente são extremamente complicadas. Amostras de efluentes gasosos em chaminé não mostram grandes dificuldades uma vez que na maior parte se encontram em quantidades muito maiores do que as encontradas no ar ambiente.

Mistura de diferentes solos e horizontes em uma amostra simples pode mascarar importantes informações sobre a presença do flúor neste solo. A determinação de fluoreto no solo é precedida pela operação para converter os fluoretos em compostos solúveis. Normalmente nestes a fusão é necessária pois alguns solos podem frequentemente apresentar características refratárias devida a combinação com o ferro, alumínio e silício.

Para avaliar despejos industriais em cursos d'água é necessário a amostragem em várias profundidades. Estas amostras podem ser reservadas em potes de polietileno sem perdas significativas.

Embora os fluoretos usualmente ocorrem na água na forma iônica, a leitura de íons de flúor só pode ser feita em águas naturais com baixo teor de minérios.

Amostras representativas de vegetação requerem um planejamento como o conteúdo de flúor varia de acordo com o tempo, o tipo de solo, condições meteorológicas, condições fisiológicas e idade das plantas e principalmente a natureza de exposição ao flúor.

A maior parte dos métodos analíticos empregados para análise de fluoretos em amostras ambientais são baseadas na detecção do íon de flúor (F^-), em sua maioria envolvem a potenciometria empregando o uso de eletrodo seletivo. Dependendo da variação e eficácia dos procedimentos de preparação da amostra os limites de detecção deste método varia entre 0,1 a 300 ng/m^3 em amostras de ar ambiente, de 1 a 1000 $\mu g/litro$ em amostras de água e 0,05 a 20 mg/kg em tecidos.

Outras possibilidades para quantificar fluoretos incluem espectrometria, cromatografia gasosa, cromatografia iônica, eletroforesis capilar, absorção atômica.

A preparação da amostra é o passo mais crítico para uma quantificação precisa do fluoreto, especialmente onde somente o íon livre de flúor é medido. Em análises envolvendo amostras biológicas o método mais preciso e o técnica de microdifusão, a qual é acidificada com hexametildisiloxane (HDMS).

Métodos que envolvem digestão ácidas ou alcalinas podem não converter todos os compostos de flúor inorgânicos ou orgânicos para a forma iônica que pode ser conveniente medidas.

Métodos de cinzas “open ashing” podem resultar em perda de compostos voláteis de flúor quando operam a uma temperatura acima de 550 °C, ou até mesmo, contaminar a amostra com fluoretos externos.

3 - ASPECTOS LIGADOS AO SETOR CERÂMICO

3.1 - Características dos materiais cerâmicos

Cerâmicas são compostas por materiais inorgânicos, não metálicos e que na sua maioria sofrem tratamento térmico em temperaturas elevadas. As principais matérias-primas utilizadas são:

- argila;
- caulim;
- quartzo;
- feldspato;
- filito;
- talco;
- calcita;
- dolomita;
- magnesita;
- cromita;
- bauxita;
- grafita, e
- ziconita.

E matérias sintéticas como: alumina (óxidos de alumínio) sob diferentes formas (calcinada, eletrofundida e tabular), carbetos de silício e outros vários produtos inorgânicos.

Dentre as matérias-primas citadas anteriormente as mais usadas em produtos cerâmicos são a argila, o feldspato e a areia.

Argilas são silicatos de alumínio hidratados, que são plásticas e moldáveis quando úmidas, rígidas quando secas e vidradas quando queimadas às altas temperaturas. Os minerais básicos mais importantes na argila são:

- Caulínita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- Montmorilomita: $[(\text{Mg}, \text{Ca})\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$;
- Illita: $(\text{K}_2\text{O}, \text{MgO}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{H}_2\text{O})$

Feldspato é a designação comum aos silicatos de alumínio e de um ou mais metais alcalinos ou alcalino-ferrosos, mais comumente potássicos ($\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), sódicos ($\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) e cálcicos ($\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$). Sua principal importância nas fórmulas cerâmicas são as suas propriedades fundentes. A areia é composta basicamente por dióxido de silício (SiO_2).

3.2 - Tipos de produtos cerâmicos

A escolha da matéria-prima, bem como o tratamento térmico utilizado, define o produto e suas propriedades e aplicações. Estas diferenças são as responsáveis pela divisão do Setor Cerâmico em subsetores, listados abaixo:

- Cerâmica Vermelha;
- Cerâmica de Revestimento
- Cerâmica Branca
- Materiais Refratários
- Isolantes Térmicos
- Fritas e Corantes
- Abrasivos
- Vidro, Cimento e Cal
- Cerâmica de Alta Tecnologia (Cerâmica Avançada)

- **Cerâmica Vermelha:** peças de coloração avermelhada empregadas na construção civil (tijolos, blocos, telhas e tubos cerâmicos/manilhas) e também argila expandida (agregado leve), utensílios domésticos e adorno.

As lajotas muitas vezes são enquadradas neste grupo e outras em cerâmicas de revestimento

- **Cerâmicas de Revestimento:** peças utilizadas na construção civil para revestimento de paredes, pisos e bancadas tais como azulejos, placas ou ladrilhos para piso e pastilhas.

- **Cerâmica Branca:** grupo bastante diversificado, compreende materiais constituídos por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e que eram assim agrupados pela cor dos produtos enquadrados nesse grupo. Fazem parte deste grupo os seguintes:

- louça sanitária;
- louça de mesa;
- isoladores elétricos para linhas de transmissão e de distribuição;
- utensílios domésticos e adorno, e
- cerâmica técnica para fins diversos, tais como: químico, elétrico, térmico e mecânico.

- **Materiais Refratários:** compreende uma gama grande de produtos que têm a finalidade de suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais. Estes são normalmente classificados quanto à matéria-prima ou componentes químicos principais em:

- sílica-aluminoso;
- mulita;
- magnésiano-cromítico;
- cromítico-magnésiano;
- carbeto de silício;
- grafita;
- carbono;
- zircônia;
- zirconita;
- espinélio e outros.

- **Isolantes térmicos:** como o nome propriamente dito estes materiais tem a finalidade de isolar termicamente e se dividem em:

- refratários isolantes: que se enquadram no segmento refratários;
- isolantes térmicos não refratários: vermiculita expandida, sílica diatomácea, diatomito, silicato de cálcio, lã de vidro, lã de escória e lã cerâmica e que podem ser utilizados até 1100 °C.
- Fibras ou lãs cerâmicas: possuem características físicas semelhantes aos isolantes térmicos porém as suas composições tais como sílica, sílica-alumina, alumina e zircônia e podem ser utilizados até 2000 °C.

- **Fritas:** também conhecida como vidrado fritado, trata-se de um vidro em forma de pó, fabricado a partir da fusão da mistura de diferentes matérias-primas. São aplicados nas superfícies das peças cerâmicas produzindo, após a queima, o aspecto vítreo, tornando a peça impermeável, aumentando a resistência mecânica e outras características.

- **Corantes:** óxidos puros ou pigmentos inorgânicos sintéticos, que aplicados a peças cerâmicas dão cor as peças.

- **Abrasivos:** fazem parte do segmento cerâmico por utilizarem matérias-primas e processos semelhantes ao da cerâmica. Os produtos mais conhecidos são o óxido de alumínio eletrofundido e o carbeto de silício.

- **Cerâmica de Alta Tecnologia/ Cerâmica Avançada:** materiais voltados para as áreas aeroespacial, eletrônica, nuclear e outras áreas de precisão que utilizam matérias-primas sintéticas de altíssima pureza e alta tecnologia de produção.

- **Vidro, Cimento e Cal:** embora possuam base no segmento cerâmico, devido às particularidades, são considerados como segmentos à parte.

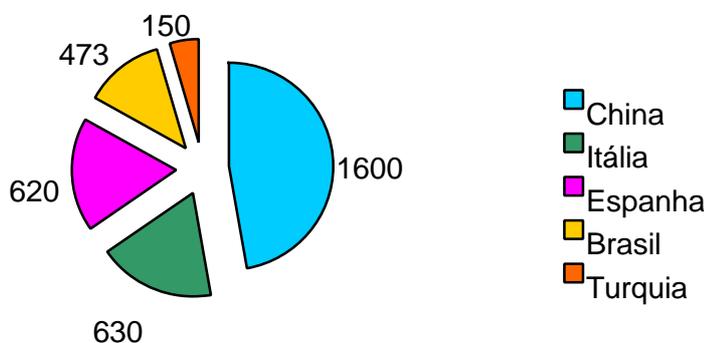
3.3 - Perfil Econômico

A abundância de matéria-prima naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, fizeram com que as indústrias brasileiras evoluíssem rapidamente e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem nível de qualidade mundial com apreciável quantidade exportada.

Atualmente o setor cerâmico responde por 1% no PIB (Produto Interno Bruto) o que corresponde a aproximadamente 6 bilhões de dólares, dos quais 750 milhões referem-se às matérias-primas naturais. Exclui-se destes números os setores de vidro e cimento.

O segmento de materiais de revestimento, principal objeto deste trabalho, é um dos mais importantes e apresenta crescente desempenho tecnológico. Atualmente existem no Brasil 127 unidades produtoras, com capacidade instalada de 492 milhões de m², o que configura o Brasil em quarto posto de produção mundial atrás da China, Itália e Espanha.

Gráfico 3.1 – Principais Produtores Mundiais – 2001 (milhões de m² de pisos)



Fonte: ANFACER – Associação Nacional dos Fabricante de Cerâmica para revestimento

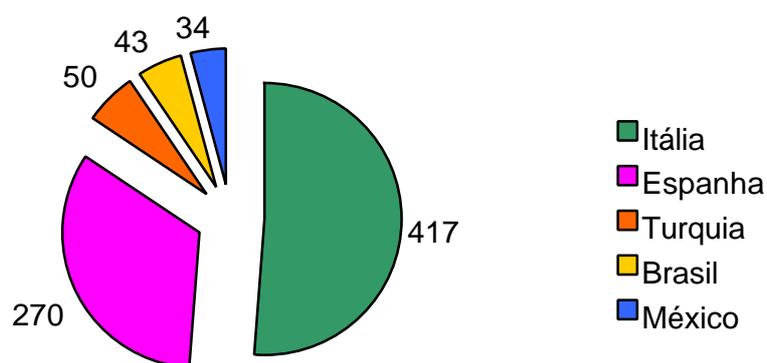
Tabela 3.1 - Consumo per capita de cerâmica de revestimento

País	Consumo (m ² / hab)
Brasil	2,2
Itália	3,1
Portugal	4,9
Espanha	5,5
Taiwan	5,5

Fonte: ANFACER – Associação Nacional dos Fabricante de Cerâmica para revestimento

A tabela 3.1 apresenta o consumo per capita de cerâmica de revestimento nos principais produtores. Em 1999 a produção brasileira atingiu o valor de US\$ 1,3 bilhões, onde US\$ 170 milhões são provenientes dos 42,6 milhões de m² de pisos exportados. Este cenário tendem a melhorar, países como Itália e Espanha exportam aproximadamente 78% do mercado mundial, o Brasil responde por apenas 5%.

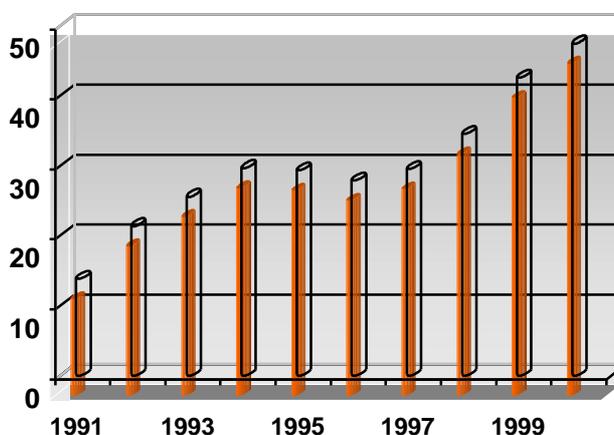
Gráfico 3.2 – Principais Exportadores – 1999 (milhões de m² de pisos)



Fonte: ANFACER – Associação Nacional dos Fabricante de Cerâmica para revestimento

Conforme Gráfico 3.2, as exportações brasileiras de revestimentos cerâmicos cresceram no última década. Embora a taxa de crescimento da indústria brasileira esteja em valores abaixo de 3% ao ano, existem perspectivas que as indústrias de revestimento cerâmicos tenham um crescimento superior a este patamar nesta década.

Gráfico 3.3 - Exportações de Revestimentos Cerâmicos (milhões de m²)

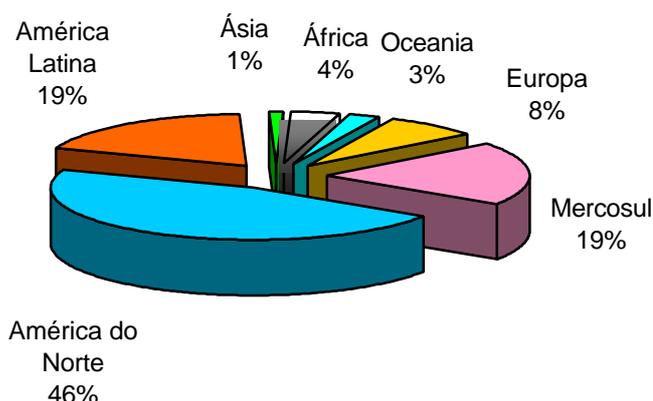


Fonte: ANFACER – Associação Nacional dos Fabricante de Cerâmica para revestimento

As exportações brasileiras representam apenas 10% do total produzido no Brasil, enquanto na Itália e na Espanha as exportações chegam, respectivamente, a 70 e 55% do total produzido.

Os principais compradores de cerâmica de revestimento do Brasil são os países da América do Norte com 46 %, já o Mercosul, Europa e América Latina juntos respondem com outros 46%.

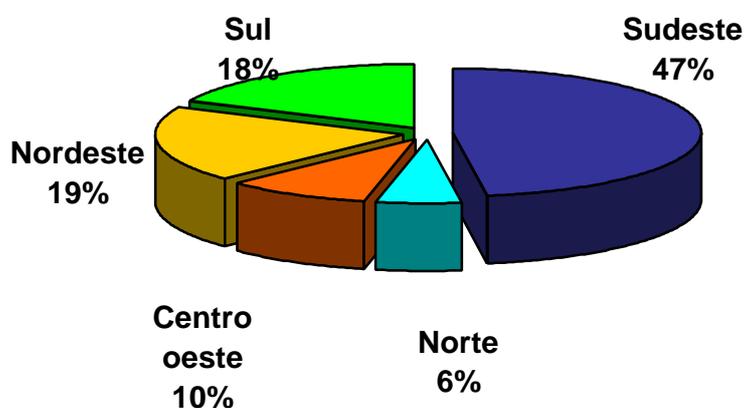
Gráfico 3.4 – Destino das Exportações Brasileiras



Fonte: ANFACER – Associação Nacional dos Fabricante de Cerâmica para revestimento

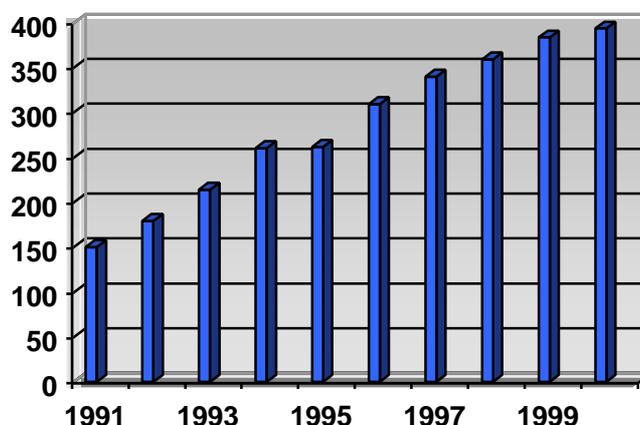
A maioria das indústrias cerâmicas estão localizadas na Região Sul e Sudeste, onde se encontram importantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmicos. Outras regiões do país tem apresentado certo grau de desenvolvimento, principalmente no Nordeste, onde o crescente pólo turístico tem aumentado a demanda de material cerâmico ligada à construção civil.

Gráfico 3.5 – Distribuição Regional do Mercado Brasileiro (2001)



Fonte: ANFACER – Associação Nacional dos Fabricante de Cerâmica para revestimento

Gráfico 3.6 - Vendas de Revestimentos Cerâmicos no Mercado Interno (milhões de m²)



Fonte: ANFACER – Associação Nacional dos Fabricante de Cerâmica para revestimento

A produção de revestimento cerâmico no Estado de São Paulo se concentra na região dos municípios de Santa Gertrudes e Cordeirópolis. Este pólo industrial atualmente é responsável por aproximadamente 63% da produção nacional gerando 10.000 empregos diretos e 25.000 indiretos. A maior empresa de cerâmica de revestimento do Brasil, hoje se encontra neste município.

Além das cerâmicas de revestimento, o Brasil produz cerâmica artística, cerâmica técnica, cerâmica vermelha, filtros de água para uso doméstico, louça de mesa e louças sanitárias.

No Brasil, estima-se a existência de 200 empresas de cerâmica artística (decorativa e utilitária), em sua maioria micro ou pequenas empresas, concentradas principalmente nas cidades de Porto Ferreira e Pedreira no Estado de São Paulo, e na cidade de Campo Largo, no Estado do Paraná.

A cerâmica técnica, excluindo os isoladores elétricos, faturam no Brasil anualmente aproximadamente US\$ 300 milhões. Este grupo compreende produtos de alumina para diferentes aplicações, ferritas, capacitadores, resistores e outros.

As cerâmicas vermelhas compreendem aproximadamente 11.000 empresas espalhadas pelo Brasil, em função da disponibilidade de matéria-prima e mercado consumidor. Estas empresas são em maioria pequenas empresas de estrutura simples e familiar.

O segmento que compreende filtros de pressão para água, talhas, meringas e velas filtrantes estão resumidos em dois fabricantes localizados no Estado de São Paulo que chegam a exportar 5% da produção de velas filtrantes e 20% da produção de talhas.

Um dos segmentos mais tradicionais do país e de melhor aceitação no mercado internacional são as louças de mesa. Atualmente o Brasil produz peças de faiança e porcelana onde respectivamente 50% e 5% da produção atende o mercado externo. Embora as peças brasileiras possuam boa qualidade e têm grande aceitação no mercado externo a produção nacional ainda é pequena, 360.000 peças/ano, correspondendo a um faturamento anual de US\$ 3,8 milhões.

A produção de louças sanitárias brasileiras estão concentradas em nove empresas, com 16 fábricas localizadas em diversas regiões do país. Qualificada como de boa qualidade, as louças sanitárias brasileiras, além de abastecer todo o mercado nacional, exportam principalmente para os Estados Unidos, América do Sul e Central.

3.4 - Descrição do processo de produção de pisos cerâmicos

Os pisos cerâmicos, também conhecidos como ladrilhos de cerâmicas, são placas finas de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas, conhecidos como “biscoito” e podem ser vidrados ou não, são incombustíveis e, geralmente, a luz não os afeta. O fluxograma simplificado do processo produtivo se encontra a seguir na Figura 3.1.

A argila utilizada na produção de pisos cerâmicos é extraída das áreas próximas a produção. A argila é extraída da jazida utilizando-se de retroescavadeiras, tratores de esteira, pá-carregadeira e até mesmo, com o auxílio de explosivos, no caso de jazidas com argilas mais duras e profundas.

A argila fica então estocada em depósitos fechados, embora existam situações onde ficam depositadas ao ar livre ⁽¹⁾. Em seguida é feito o destorroamento ⁽²⁾ em um moinho de pedra, depois é prensada em peças de espessura variada e de forma quadrada ou retangular. A Tabela 3.2 a seguir mostra as dimensões de pisos mais comumente fabricadas na região de Santa Gertrudes e Cordeirópolis.

Tabela 3.2 – Dimensões e pesos dos pisos cerâmicos

Tipo	Largura (m)	Comprimento (m)	Espessura (m)	Peso (kg)
1	0,208	0,322	0,0070	0,920
2	0,265	0,360	0,0075	1,422
3	0,322	0,322	0,0072	1,392
4	0,410	0,410	0,0088	2,736
5	0,340	0,340	0,0070	1,800
6	0,200	0,310	0,0077	0,940
7	0,33	0,330	0,0074	1,660

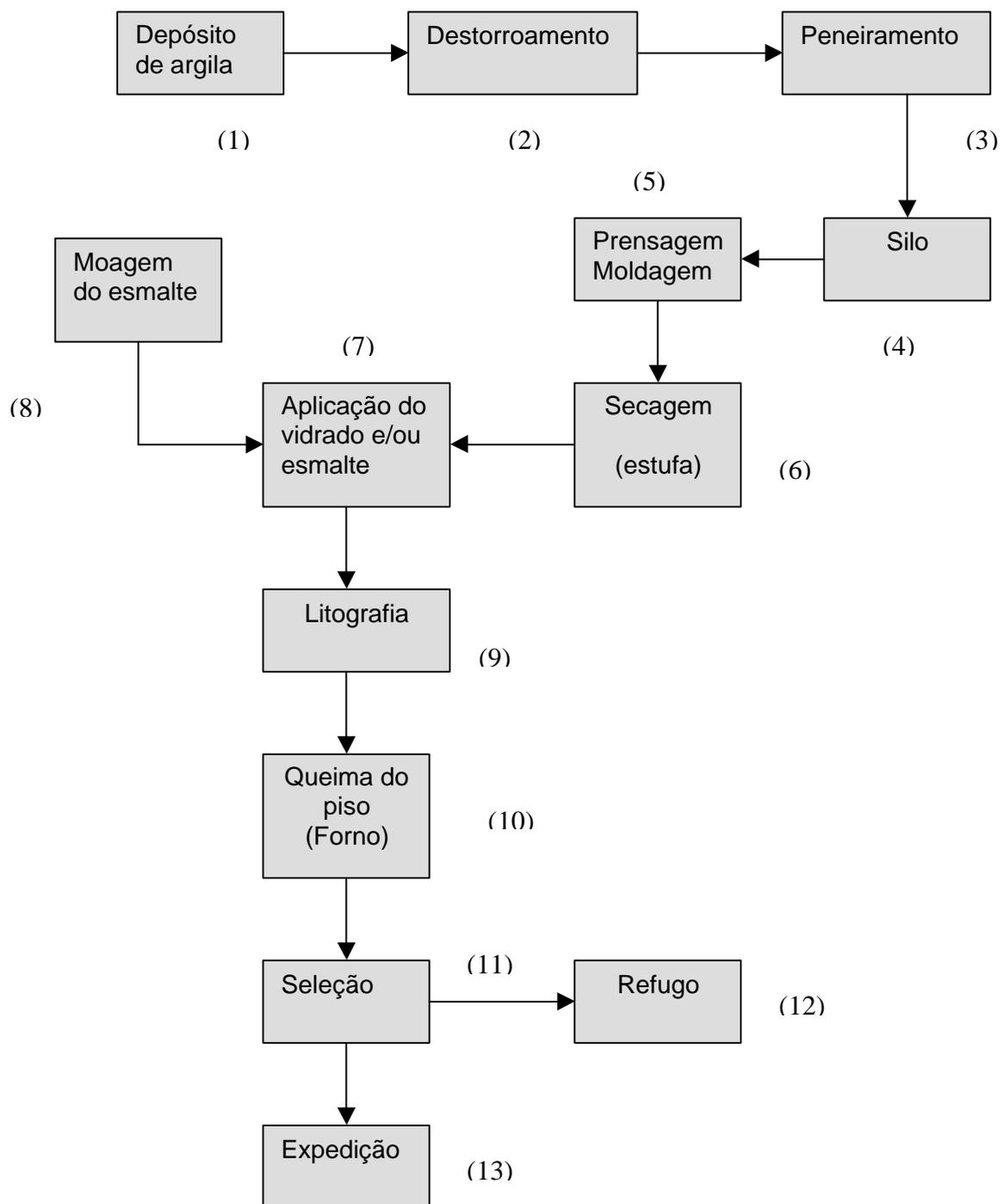


Figura 3.1 - Fluxograma do Processo Produtivo

O processo de preparação da argila para produção de pisos e revestimentos cerâmicos pode ser realizado por via seca ou úmida.

No processo de via seca, os torrões de argila são reduzidos, através de destorroamento, que consiste na passagem de roletes metálicos, puxados por tratores, sobre a argila. Este procedimento pode ser realizado, tanto no local da extração, quanto nos pátios das indústrias onde a argila é armazenada ao ar livre. A argila é desidratada em condições naturais e, em seguida, é encaminhada para a moagem, onde se utilizam equipamentos como moinhos de martelo, pendulares, etc. Em cada fase de moagem é realizada a classificação granulométrica da argila ⁽³⁾.

O material classificado é encaminhado para um umidificador/granulador que, por meio de um ciclone e pulverização com água, faz que com as partículas colidam entre si, aderindo umas às outras e formando grânulos arredondados que são, então, estocados em um silo ⁽⁴⁾, para as etapas posteriores do processo produtivo.

O processo de via úmida consiste na moagem da argila com água. Inicialmente, uma composição de diferentes tipos de argila é introduzida em um moinho rotativo (de bolas ou roletes), a fim de se obter uma mistura com características pré-determinadas. Em seguida, adiciona-se uma determinada quantidade de água à mistura, para a realização da moagem, gerando um fluido viscoso, conhecido como *barbotina*. Este processo pode ser realizado em batelada ou de forma contínua.

A barbotina é estocada em um tanque subterrâneo e mantida com agitação constante, até ser bombeada para a parte superior do atomizador, onde é pulverizada para seu interior. Um fluxo de ar quente é injetado na parte inferior do atomizador sobre a barbotina aspergida, promovendo a colisão e a desidratação das gotículas de barbotina, até a formação de pequenos grânulos de argila que são recolhidos na parte inferior do equipamento e transportadas para o silo de armazenagem, onde permanecem por um determinado período de tempo para homogeneização.

Vale ressaltar que o processo utilizado pelas indústrias localizadas no pólo cerâmico de Santa Gertrudes utilizam o método via seca para a preparação da argila que depois é moldada na forma de piso através de prensas.

A etapa da prensagem ⁽⁵⁾ é responsável pela conformação da peça, efetuada com auxílio de prensas mecânicas ou hidráulicas. Modelados por extrusão ou pressão à temperatura ambiente, é o mais utilizado pelas cerâmicas, podendo ser feita através de uma prensa hidráulica, extrusão ou enchimento de moldes, entretanto existem processos em que a operação é realizada a altas temperaturas.

Uma vez prensada e moldada a peça, também conhecida como “biscoito” é seco. A secagem ⁽⁶⁾ é necessária para que a peça atinja a umidade e resistência adequadas para as etapas subseqüentes de esmaltação e queima. Em geral, as peças apresentam 8% de umidade ao entrar no secador e saem com aproximadamente 1%. Podem ser utilizados secadores verticais, com tempo de permanência de aproximadamente 60 min ou secadores horizontais, cuja tecnologia mais avançada permite uma permanência de apenas 5 min.

Em seguida recebe um revestimento fino de vidro conhecido como base e engobe, aplicado nas peças por aspersão com pistolas a ar, por imersão ou por pincéis e encaminhados a secagem ⁽⁷⁾. Estas camadas formadas basicamente de metais como Al, Ba, Pb, Cu, Fe, Mn, Ni, Cd, K, Na e Zn, conferem aos pisos cerâmicos o aspecto vidrado ⁽⁸⁾.



Figura 3.2 – Aplicação de engobe de fundo e cobertura

Também são aplicados as peças, através de litografia ⁽⁹⁾, o esmalte que fornecerá os desenhos decorativos dos pisos. Como a base e o engobe, o esmalte é constituído em sua maioria por compostos químicos contendo chumbo, cromo, níquel, etc.

As indústrias cerâmicas junto com os fabricantes de fritas, utilizado na base e engobe, e esmaltes tem procurado diminuir os teores de metais pesados nestes produtos com o intuito de diminuir os impactos destes no meio ambiente e principalmente na saúde ocupacional dos trabalhadores.

A Comunidade Européia atribuí um rótulo ecológico para revestimentos cerâmicos, de acordo com a Decisão da Comissão de 25 de março de 2002, não podem ser utilizadas matérias-primas ou preparações destas que possam causar câncer, alterações genéticas hereditárias, serem tóxicos ou nocivos para os organismos aquáticos e/ou comprometer a fertilidade e apresentar riscos a gravidez.

Segundo esta mesma decisão, compostos como chumbo, cádmio ou antimônio (ou qualquer dos seus componentes) presentes em aditivos ou matérias-prima não podem exceder os limites listados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Teor máximo de metais presentes na matéria-prima de revestimentos cerâmicos na Comunidade Européia.

Parâmetro	Limite (% em peso da composição)
Chumbo	0,5
Cádmio	0,1
Antimônio	0,25

Após a moldagem e a aplicação do vidrado/esmalte , as peças passam por uma queima ⁽¹⁰⁾ com temperaturas lhes conferem as propriedades requeridas. Durante este processo observam-se basicamente as seguintes transformações:

Tabela 3.4 – Temperaturas durante o Processo de Queima

Faixa de Temperatura (°C)	Etapa do Processo
150 a 650	Desidratação
600 a 900	Calcinação
350 a 900	Oxidação do ferro divalente e da matéria orgânica
> 900	Formação de silicato

As etapas citadas acima são realizadas em fornos contínuos (tipo túnel) ou descontínuos, utilizando como combustível o gás (GLP ou natural), o carvão ou o óleo. O consumo médio de energia deste tipo de forno é ao redor de 2 a 2,5 GJ/tonelada de piso.

A Tabela 3.5 apresenta os consumo de energia para uma indústria cerâmica na Itália, utilizando um forno tipo monoqueima e preparação da massa via seca.

Tabela 3.5 – Consumo de energia por setor produtivo

Setor produtivos	Consumo de energia elétrica (Kwh/Kg de produto)
Preparação da massa	0,002 a 0,006
Prensagem	0,003 a 0,004
Queima	0,015 a 0,020

Fonte: Universidade de Bologna, Itália

Na região de Santa Gertrudes as indústrias possuem fornos contínuos, tipo túnel. Neste tipo de forno as peças entram em contato com os gases de combustão e a energia térmica é transferida de uma câmara a outra em contra corrente com as peças.

Normalmente estes fornos possuem aproximadamente 100 m de comprimento e ao longo deste ocorrem várias zonas de queima, isto é, vários gradientes de temperaturas.

Possuem dois sistemas de ventilação local exaustora, um na entrada do forno, zona de queima, e o outro na saída do forno, zona de resfriamento.

Chaminé da zona de queima

Chaminé da zona de resfriamento



Figura 3.3 – Vista do Forno de Monoqueima

Estes fornos possuem rolos de cerâmicas refratárias onde as peças são deslocadas ao longo do forno.

A capacidade do forno é em função da largura deste, sendo que alguns possibilitam a entrada simultânea de até 10 peças.



Figura 3.4 – Detalhe do Sistema de Ventilação na entrada do forno (zona de queima)

Fornos mais modernos possuem um sistema de alimentação com espera que possibilita uma alimentação contínua quando ocorre interrupção no moinho e/ou na linha de aplicação da base, engobe e/ou esmalte.

Estas interrupções são freqüentes e tem sua origem no sistema de produção arcaico e pouco automatizado, perdas de peças nas esteiras, etc.

Depois que os pisos saem do forno passam por uma Seção de Classificação e embalagem ⁽¹¹⁾. A classificação ⁽¹²⁾ é realizada para a separação dos pisos de acordo com a sua qualidade.

Tanto a classificação como o acondicionamento das peças, podem ser feitos de forma manual ou automática. Após o seu acondicionamento em caixas de papelão, de acordo com normas específicas, são empilhadas em paletes, estando assim prontas para serem comercializadas ⁽¹³⁾.

3.5 - Poluição das indústrias de pisos cerâmicos

As indústrias que produzem pisos cerâmicos possuem várias formas de poluição como efluentes líquidos, resíduos sólidos, ruído, vibração e poluição do ar.

Ressaltamos que o foco principal deste trabalho é sobre as emissões atmosféricas de fluoretos provenientes das indústrias cerâmicas da região de Santa Gertrudes e Cordeirópolis e seus efeitos a vegetação, portanto não será dada ênfase as demais formas de poluição.

3.5.1 - Poluição das águas

A água é utilizada em diversas fases do processo cerâmico, seja ele via úmido ou via seca. Os efluentes líquidos consistem essencialmente de lavagem de piso e equipamentos dos setores de preparação e aplicação de esmalte, base e engobe.

Entre os componentes presentes nestes efluentes estão os metais pesados, principalmente chumbo e zinco, sólidos em suspensão (argilas, areias, resíduos de fritas e silicatos insolúveis), ânions em solução (fluoretos, cloretos e boratos) e traços de compostos orgânicos presentes nas serigrafias e colas.

Indústrias que possuem equipamentos de controle de poluição do ar via úmida, como lavadores de gases, possuem como efluentes líquidos a purga destes equipamentos.

3.5.2 - Resíduos sólidos

A quantidade de resíduos sólidos produzidos nas indústrias de pisos cerâmicos oscila entre 0,20 a 0,40 kg/m². Estes resíduos possuem em sua composição metais pesados que uma vez dispostos de forma inadequada no solo podem contaminar o solo.

Estes resíduos são compostos basicamente de raspas de esmaltes, engobe e bases, retiradas dos equipamentos quando das manutenções, pisos quebrado, lodo da estação de tratamento de efluentes líquidos, etc.

Estes resíduos podem ser reutilizados na própria cerâmica como matéria-prima para esmaltes e aditivos na massa de argila, e reutilizados como matéria-prima em olarias para produção de tijolos, produção de argila expandida e outros materiais isolantes para construção civil.

Decisão da Comissão Europeia de 25 de março de 2002, estabelece que pelo menos 70% (em peso) do total de resíduos gerados pelo processo de produção de pisos cerâmicos devem ser recuperados.

3.5.3 - Poluição Sonora e Vibração

As principais fontes potenciais de ruído nas indústrias cerâmicas são o moinho, sistema de ventilação local exaustora do forno e estufa e as atividades de moldagem dos pisos.

No que se refere a vibração as principais fontes são a prensa utilizada na moldagem dos piso e a extração da argila.

Grande parte das indústrias cerâmicas dos municípios de Santa Gertrudes e Cordeirópolis estão localizados muito próximos a residências, e até mesmo vizinho a hospitais, o que leva a um incômodo a população.

3.5.4 - Poluição do Ar

A principal fonte de poluição do ar é o forno de queima, onde verificamos as emissões de material particulado, óxidos de nitrogênio, metais, cloro e os fluoretos, alvo deste documento, e em menor proporção óxido de enxofre e hidrocarbonetos totais.

Além do forno, poderão ocorrer emissões no manuseio e moagem das matérias-primas e poeiras fugitivas das áreas de armazenagem e prensagem das peças. Estas emissões vem sendo tratadas por filtros mangas. O processo de moagem via úmida aparece como menos poluente.

Os poluentes exauridos do forno são normalmente provenientes da composição da matéria-prima e do combustível utilizado, sendo no caso do fluoretos a presença deste poluente na argila, conforme detalhado no item ? do presente documento.

Durante o processo da queima os retículos da argila são quebrados e ocorre a liberação do flúor, normalmente na forma de ácido fluorídrico (HF), ácido fluosilícico, tetrafluoreto de silício ou na forma de fluoretos gasosos e particulados.

A maior emissão do flúor, aproximadamente 70%, ocorre em temperaturas superiores a 900 °C. A presença de calcita ou dolomita diminui estas emissões em função das ligações que ocorrem entre o flúor e os óxidos de cálcio em magnésio a partir de 800 °C.

Outro fator importante nas emissões do forno estão relacionados as condições operacionais deste. Os gráficos 3.7 e 3.8 mostram o perfil de temperatura de alguns fornos existentes na região de Cordeirópolis e Santa Gertrudes.

Gráfico 3.7 – Perfil de Temperaturas do Forno A durante as amostragens em chaminé (três coletas).

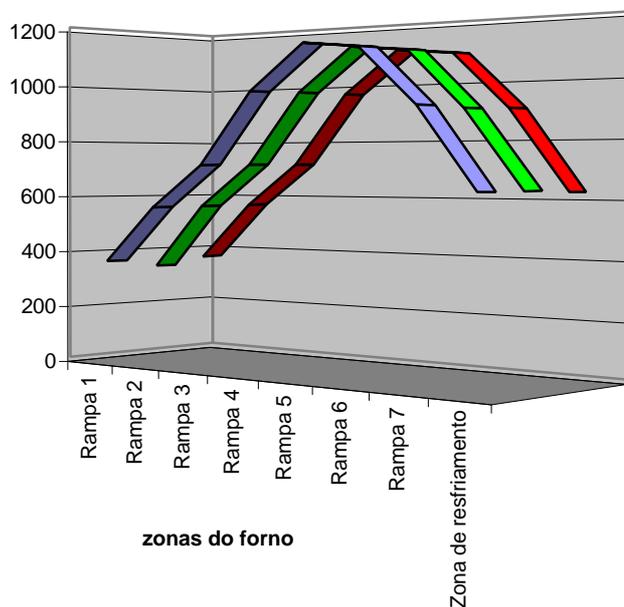
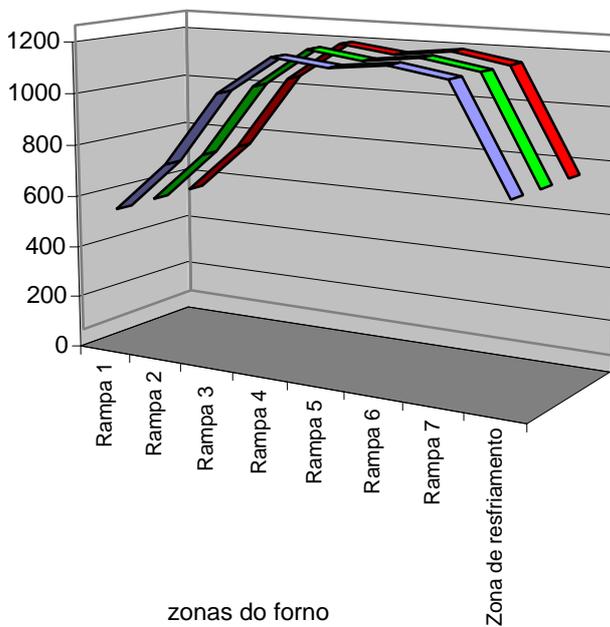


Gráfico 3.8 – Perfil de Temperaturas do Forno B durante as amostragens em chaminé (três coletas).



Além do perfil de temperatura os forno existentes nas empresas da região, possuem a rotação dos roletes que é um indicativo do tempo de residência das peças no interior do forno.

Atualmente o principal problema relacionado as emissões atmosféricas de fluoretos estão relacionados a danos a vegetação e a perda econômica advinda destes.

Internacionalmente, este tipo de processo produtivo são encontrados na Itália, Espanha, Holanda e Portugal.

Em março de 2002, a Comunidade Européia, através de uma Decisão da Comissão estabelece o padrão de emissão de 200 mg de Flúor por m² de piso para este tipo de atividade. Devido a ausência desta tipo de processo nos Estados Unidos pouquíssima literatura ou referencia são encontrados no site do EPA.

Até o momento o Brasil, mais particularmente o Estado de São Paulo, não possui um padrão de emissão estabelecido para este tipo de fonte.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

Localizado no interior do Estado de São Paulo, possuem acesso pela Rodovia Anhanguera e pela Rodovia Washington Luiz, fazem limite com os municípios de Limeira, Araras e Piracicaba.

Rod. Washington Luis

Rod. Anhanguera

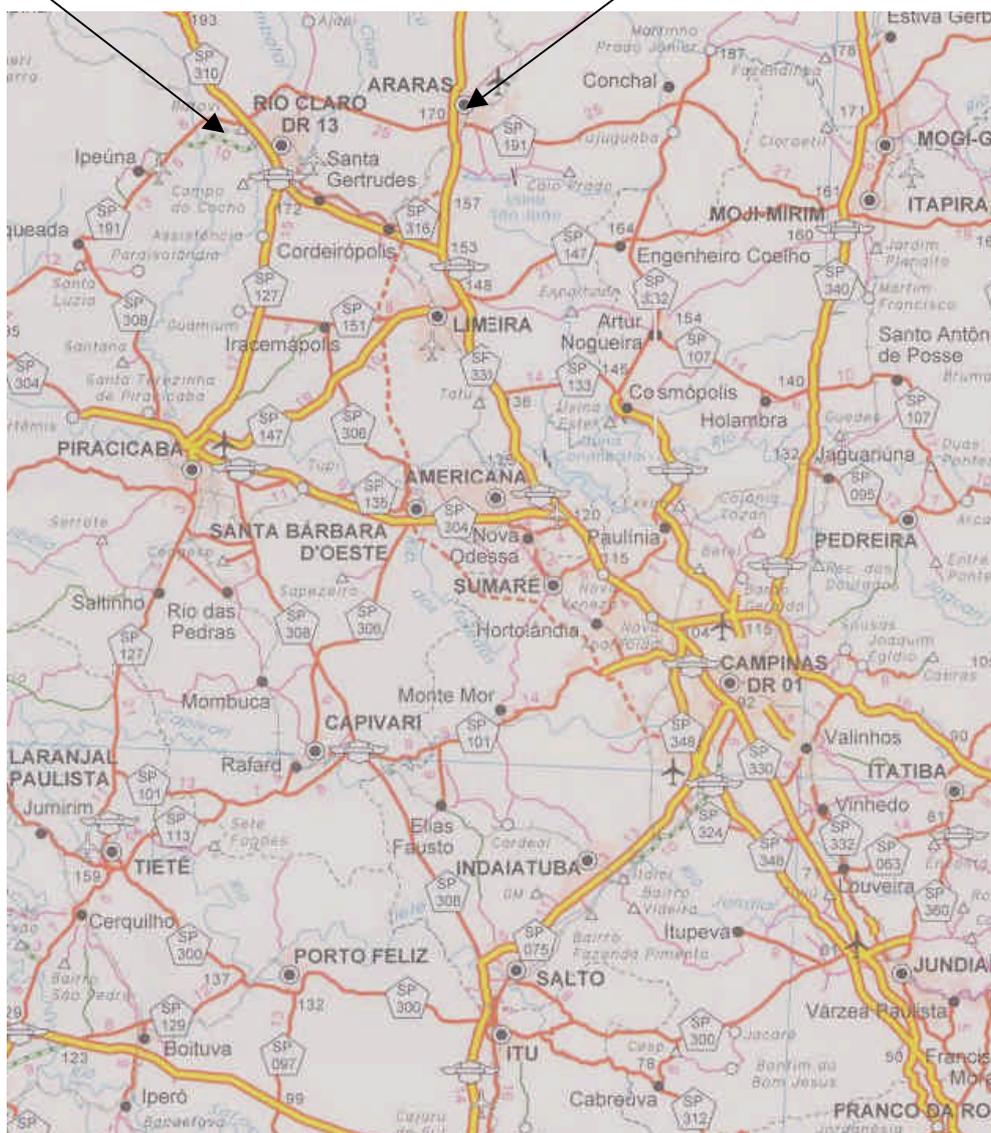


Figura 4.1 – Localização dos Municípios de Santa Gertrudes e Cordeirópolis

5 - HISTÓRICO DO PROBLEMA

O início dos trabalhos referentes ao diagnóstico das emissões de flúor na região de Cordeirópolis e Santa Gertrudes e seus efeitos, teve origem em uma reclamação de um agricultor vizinho a uma indústria cerâmica que alegava que seu pomar de abacates vinha apresentando problemas de diminuição de produção em função das atividades desta empresa.

A empresa produzia pisos cerâmicos esmaltados, possuindo dois fornos de monoqueima a GLP, localizada em zona rural de Cordeirópolis, com plantações de abacate, milho, cana-de-açúcar, laranja, mixirica, etc.

Dados de literatura apresentavam que nas emissões atmosféricas provenientes deste tipo de fonte verificava-se a presença do composto fluoretos.

Os vegetais são suscetíveis a este composto quando este se encontra na atmosfera o que tornava o flúor o agente mais provável de causar os danos às plantações vizinhas.

Analisando a matéria-prima utilizada, foi constatada a presença de fluoretos nas fritas cerâmicas, um dos componentes do esmalte, porém eram necessárias as confirmações quanto à presença deste composto no efluente gasoso da empresa e se as injúrias apresentadas nas plantações eram ocasionadas por fluoretos.

Os trabalhos tiveram início em maio de 1993 com uma avaliação preliminar da vegetação. Este trabalho teve continuidade nos meses de junho, julho do mesmo ano.

Em outubro do mesmo ano foram realizadas amostragens em chaminé nos dois fornos, onde se confirmou a emissão de fluoretos na forma sólida e gasosa. Paralelamente foram instalados pela CETESB, amostradores passivos em 6 locais ao redor da indústria.

Os resultados obtidos nestes estudos, indicaram um nível alto de contaminação por fluoreto na vegetação e na qualidade do ar nas imediações da indústria, indicando que o problema levantado pelo agricultor procedia. Como não havia contribuição de outras fontes nas imediações, a Agência Ambiental de Limeira da CETESB exigiu a instalação de equipamento de controle de poluição do ar nos fornos de monoqueima da empresa em questão.

O equipamento de controle de poluição do ar deveria atender o critério de melhor tecnologia prática disponível uma vez que não havia um padrão de emissão para fluoretos estabelecido para este tipo de fonte.

Em julho de 1994 a empresa instala uma torre de enchimento com lavagem alcalina e realiza amostragem em chaminé para comprovação do abatimento das emissões. Porém devido às falhas de projeto e inúmeros problemas de operação e manutenção este equipamento de controle não consegue atingir a redução esperada nas emissões de fluoretos.

Na seqüência a Agência Ambiental de Limeira, informa a Diretoria da CETESB, sobre os resultados obtidos e sugere que este problema seja levado a outras agências da CETESB.

Considerando a existência de outras empresas com a mesma atividade e a extensa área agrícola na região e questionamentos sobre o assunto pelo GECOR – Grupo Ecológico de Cordeirópolis, as Agências Ambientais de Limeira e Piracicaba solicitam à Diretoria e às áreas de apoio técnico orientações sobre o controle ambiental para as demais indústrias do Setor, localizadas nos Municípios de Santa Gertrudes e Cordeirópolis.

Em 1997 a Promotoria Pública de Cordeirópolis passa a fazer uma série de questionamentos a CETESB sobre os problemas ambientais decorrentes das indústrias cerâmicas da região. Esta ação do Ministério Público, leva, em agosto de 1998, ao estudo de padrão de emissão de flúor para os fornos de monoqueima pela CETESB.

Além disso, neste mesmo período, são estabelecidas pela CETESB as seguintes ações de controle a serem realizadas pela CETESB e pelas indústrias:

- Instalação de amostradores passivos de fluoretos em Cordeirópolis;
- Aplicação de modelo de dispersão com as emissões reais das indústrias e dados meteorológicos da região;
- Medição de fluoretos na atmosfera;
- Definição do critério de melhor tecnologia prática disponível para controle das emissões, e
- Possibilidade de aplicação de um projeto de prevenção à poluição.

A partir de julho de 1999 entram em operação três amostradores passivos de fluoretos no Município de Cordeirópolis.

No período de agosto a setembro de 2000, foram realizadas amostragem em chaminé em todas as indústrias existentes na época no Município de Cordeirópolis. Os resultados obtidos nestas amostragens serviram de base para o estudo de dispersão atmosférica apresentado em dezembro de 2000 e revisado em abril de 2001.

Este estudo de dispersão atmosférica serviu de base para a seleção dos pontos de amostragem da qualidade do ar quanto à concentração de fluoretos, que se estendeu de setembro a dezembro de 2001.

Paralelamente, foram elaborados estudos toxicológicos dos fluoretos e a definição do critério de “melhor tecnologia prática disponível”.

Além das ações desenvolvidas pela CETESB, a Universidade de São Paulo, através do Grupo de Experimentação Agrícola da ESALQ/ Piracicaba vem desenvolvendo estudos sobre a presença de flúor nas culturas agrícolas existentes em algumas áreas circunvizinhas de indústrias vizinhas da região.

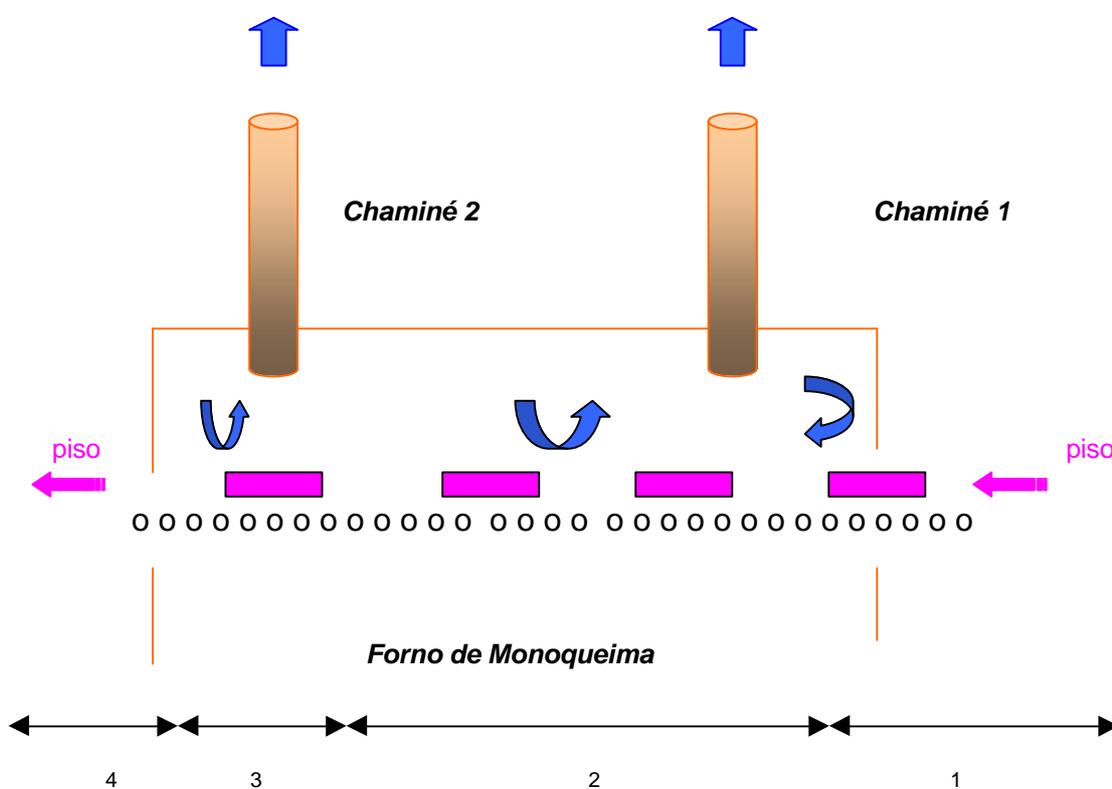
Em abril de 2001, foi assinado o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) entre a Promotoria Pública de Cordeirópolis e as Indústrias de Pisos Cerâmicos Esmaltados do Município de Cordeirópolis, para a instalação, por parte das indústrias, de equipamentos de controle de poluição nos fornos de monoqueima com eficiência superior a 95% de abatimento de fluoretos.

Em julho de 2001 as indústrias propõem, baseado no critério de prevenção a poluição, o controle de fluoretos através de mudanças do processo e na matéria-prima ao invés da implantação de equipamentos de controle de poluição, o qual vem sendo estudado pela CETESB.

Em continuidade aos trabalhos efetuados, a CETESB/EQQA continua realizando o acompanhamento da qualidade do ar quanto a fluoretos em Cordeirópolis e região.

6 - CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES GASOSAS

Os Fornos de monoqueima, utilizado nas indústrias cerâmicas da região, possuem duas chaminés, uma no início do forno (zona de queima) e a outra no fim do forno (zona de resfriamento).



- 1- piso a ser queimado
- 2- zona de queima
- 3- zona de resfriamento
- 4- piso pronto

Amostragem em chaminé consiste na coleta de uma fração do gás exaurido, através de uma sonda inserida no interior da chaminé. Os gases são coletados de forma a representar as condições físicas e químicas semelhantes ao gás na saída da chaminé.

As amostragens em chaminé são realizadas sempre em triplicata, isto é, três coletas em cada chaminé. Podem ser realizadas um número maior de coletas, mas nunca menos de duas coletas (duplicata).

A amostragem em chaminé realizada para análise de fluoretos, compreende a coleta de amostra gasoso no interior da chaminé, com um tempo médio de 1 hora e permite a análise de fluoreto gasoso e particulado.

As primeiras amostragens em chaminé realizadas na região para análise de fluoretos emitidos pelo forno de monoqueima foram em 1993 na indústria próxima à cultura de abacate (indústria A), alvo da primeira reclamação. Ao longo dos anos foram realizadas várias campanhas de amostragem, a seguir serão apresentados os resultados obtidos em cada campanha e seus objetivos.

As amostragens realizadas nas indústrias cerâmicas da região utilizaram a metodologia CETESB, listada a seguir:

- L9.213 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação de Fluoretos pelo método de íons específico;
- L9.221 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação dos Pontos de Amostragem – Procedimento;
- L9.222 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da Velocidade e Vazão dos Gases – Método de Ensaio;
- L9.223 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da Massa Molecular Seca e do Excesso de Ar do Fluxo Gasoso – Método de Ensaio;
- L9.224 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação da Umidade dos Efluentes - Método de Ensaio;
- L9.225 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação de Material Particulado, e
- E16.030 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Calibração dos Equipamentos Utilizados na Amostragem de Efluentes – Método de Ensaio.

As características do efluente gasoso como vazão e teor de oxigênio de cada campanha encontram-se no Anexo I.

6.1 - Campanha de 1993

As emissões atmosféricas são em função do material processado e nas condições operacionais do forno, como temperatura, consumo de combustível, etc.

Esta campanha foi realizada pela indústria, mas não teve o acompanhamento das condições operacionais nem pela empresa nem pela CETESB, prejudicou um parecer conclusivo dos resultados, apresentados na Tabela 6.1, a seguir.

A indústria A possui dois fornos de monoqueima, porém não existe informações na fonte de referência em qual das duas chaminés se referem os resultados a seguir.

Além dos problemas já citados, conforme o relatório de amostragem, durante a segunda coleta do Forno A, este somente queimava gás combustível não sendo queimado pisos no momento da coleta. Portanto não consta na Tabela 6.1 esta segunda coleta por considerarmos que não representa as emissões alvo deste trabalho

Tabela 6.1 – Média dos Resultados de amostragem em chaminé da Indústria A

	Forno A	Forno B
Concentração de Fluoreto Gasoso (mg/Nm ³)	80,01	19,64
Concentração de Fluoreto Sólido (mg/Nm ³)	31,82	53,79
Concentração de Fluoreto Total (mg/Nm ³)	111,83	73,43
Taxa de Emissão de Fluoretos Totais (kg/h)	0,44	0,35

Fonte: CETESB, Parecer Técnico n° 027/94/IAC

6.2 - Campanha 1994

Em 1994 foram realizadas amostragens na indústria B em Santa Gertrudes. Infelizmente como a campanha anterior, as informações obtidas estão de forma incompleta, não constando dados sobre matéria-prima, produção, consumo de combustível, etc. Porém, uma informação importante é o fato que, como a indústria A, na época da amostragem, a indústria B também não possuía equipamento de controle de poluição atmosférica.

A Tabela 6.2 apresenta a média dos resultados para fluoretos totais obtidos em duas coletas realizadas em cada chaminé da indústria B.

Tabela 6.2 – Média dos Resultados de amostragem em chaminé da Indústria B

	Chaminé 1	Chaminé 2
Concentração de Fluoreto Total (mg/Nm ³)	72,95	8,82
Taxa de Emissão de Fluoretos Totais (kg/h)	0,403	0,062

Fonte: CETESB, Parecer Técnico n° 025/94/MATA

6.3 - Campanha 1995

Após a instalação de um lavador de gases como equipamento de controle de poluição do ar nas chaminés de entrada dos dois fornos (chaminé 1), a indústria A realizou nova amostragem em chaminé. A Tabela 6.3 mostra os resultados obtidos após o ECP.

Tabela 6.3—Resultados de amostragem em chaminé após o ECP da Indústria A

	1 ^a Coleta	2 ^a Coleta	3 ^a Coleta
Concentração de Fluoreto Gasoso (mg/Nm ³)	0,29	0,42	0,35
Concentração de Fluoreto Sólido (mg/Nm ³)	0,73	0,39	0,52
Concentração de Fluoreto Total (mg/Nm ³)	1,02	0,81	0,87
Taxa de Emissão de Fluoretos Totais (kg/h)	0,01	0,01	0,01

Fonte: Relatório de Amostragem e Análise para Determinação de Emissão de Poluentes-ML KRUTMAN

Como na Campanha de 1993, esta campanha não dispõe dados de produção e das condições operacionais do forno. Portanto, não é possível fazer uma avaliação da redução das emissões ocorridas com a instalação do lavador de gases.

6.4 - Campanha de Santa Gertrudes - 1996

A CETESB realizou amostragem em chaminé de 04 indústrias cerâmicas localizadas no Município de Santa Gertrudes.

O objetivo destas amostragens era subsidiar o estabelecimento de um padrão de emissão para fluoretos para os fornos de monoqueima das indústrias cerâmicas, visto que nesta época o problema com a vegetação já estava identificado,

Tabela 6.4 – Média dos resultados obtidos na Campanha de Amostragem de 1996 em Santa Gertrudes

Indústria	Produção (m ² piso/h)	Emissão de Fluoretos Totais (*)		
		Concentração (mg/Nm ³)	Taxa de Emissão (kg/h)	Fator de Emissão (g/1000m ² de piso)
C	Chaminé 1	46,40	0,422	1,64
	Chaminé 2	9,11	0,041	0,16
D	Chaminé 1	56,96	0,544	1,81
	Chaminé 2	5,75	0,106	0,36
E	Chaminé 1	63,16	0,334	1,9
	Chaminé 2	4,99	0,078	0,05
F	Chaminé 1	74,27	0,700	2,3
	Chaminé 2	4,43	0,055	0,18

(*) emissão média de fluoreto total (gasoso e particulado)
Fonte:CETESB

Durante esta campanha foram coletadas amostras de matéria-prima, porém, devido a problema de metodologia de análise laboratorial não foi possível quantificar a presença de flúor nestas amostras.

6.5 - Campanha de 1997

Com a finalidade de estimar a eficiência do ECP instalado na Indústria A, a CETESB realizou 04 coletas simultaneamente no duto do sistema de ventilação local exaustora (após a junção dos efluentes gasosos provenientes de ambos os fornos e na chaminé após o lavador de gases nos dias 23 e 24/04/97).

Durante as coletas foram acompanhados as condições operacionais e a produção de cada forno, sendo 172,8 m²/h no Forno A e 212,4 m²/h no Forno B, o consumo de gás combustível durante as coletas foi 220 g/m² de piso. Os demais parâmetros se mantiveram estáveis durante as coletas e também entre elas.

Tabela 6.5 – Resultado das amostragens em chaminé e a eficiência do ECP

	Antes do ECP	Após o ECP
Concentração *(mg/Nm ³)	85,0	3,0
Taxa de Emissão * (kg/h)	0,655	0,0285
Eficiência (%)	95,6	

(*) média dos resultados obtidos nas coletas para fluoretos totais
Fonte: CETESB, Parecer Técnico n° 034/97/EETM

Verifica-se que a eficiência obtida é compatível com o equipamento de controle adotado, atendendo o critério de melhor tecnologia prática disponível.

Os Fatores de emissão obtidos através destas coletas foram de 1.700,4 g F⁻/1000 m² de piso para emissão dos dois fornos sem controle e 74 g F⁻/1000 m² de piso após o equipamento de controle de emissão.

6.6 - Campanha de 2000

O objetivo desta campanha de amostragem era a definição de diretrizes de controle para as emissões gasosas de fluoretos neste município. Esta campanha foi realizada em duas fases, na primeira realizada no município de Cordeirópolis nos meses de junho e julho, quando foram amostradas as duas indústrias do Município de Cordeirópolis que possuem equipamento de controle de poluição do ar (indústria A e G).

A segunda fase foi realizado durante os meses de agosto e setembro de 2000, quando foram realizadas amostragens em outras 07 indústrias do Município de Cordeirópolis. Vale observar que estas empresas não possuem ECP.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos durante estas campanhas.

6.6.1 - Campanha de junho e julho de 2000

Durante os meses de junho e julho foram realizadas amostragens nas duas indústrias cerâmicas do município de Cordeirópolis que possuem equipamentos de controle de poluição do ar.

As amostragens foram realizadas pela CETESB com a finalidade de avaliar a eficiência dos equipamentos de controle e a emissão sem controle de cada uma das chaminés do forno, isto é, chaminé da zona de queima (chaminé 1) e chaminé da zona de resfriamento (chaminé 2).

A indústria A possui duas linhas de produção de pisos, cada linha possui um forno de monoqueima, sendo que cada um deles possui dois sistemas de exaustão, um na entrada do forno e outro na zona de resfriamento. Os sistemas de exaustão da entrada dos dois fornos são encaminhados para um único lavador de gases, os sistemas de exaustão da zona de resfriamento possuem chaminés independentes para cada forno.

Com o intuito de avaliar as emissões potenciais do forno e a eficiência do equipamento de controle de poluição do ar (lavador de gases), foram realizadas três coletas simultaneamente antes e após o lavador de gases e três coletas simultâneas na chaminé após o ECP e nas chaminés da zona de resfriamento de ambos os fornos. Durante esta campanha foram realizadas cinco coletas em cada ponto na indústria G.

Durante a realização das coletas de efluente gasoso, foram recolhidas amostras de cada uma das matérias-primas e foi analisado o teor de fluoretos contida em cada uma delas, conforme mostra a Tabela 6.6. Devido à dificuldade de laboratório capacitado e método de análise não foi possível quantificar o teor de fluoreto presente na argila utilizado durante estas coletas.

Tabela 6.6 – Teor de fluoretos na matéria-prima.

Matéria-prima	Teor de Fluoretos (% F ⁻ em massa)	
	Indústria A	Indústria G
Argila	*	*
Engobe de fundo	0,0056	0,0055
Engobe	0,0056	0,0072
Esmalte	0,0037	0,0197
Cristalino	0,0032	0,0072

(*) não analisado

Fonte: CETESB, Parecer Técnico nº 017/EEAR/2001 e Parecer Técnico nº 018/EEAR/2001

As condições operacionais, produção e consumo de matéria-prima, com exceção da argila, foram acompanhados pelos técnicos da CETESB, e se mantiveram constantes durante todas as coletas.

Considerando o teor de fluoretos em cada matéria-prima e seu consumos, nas Tabelas 6.7 e 6.8, encontram-se a quantidade de fluoretos presente na matéria-prima em cada coleta. Vale lembrar que não está computado nesta tabela os valores de fluoreto presentes na argila.

Tabela 6.7 – Quantidade de fluoretos na matéria-prima.- Indústria A

Coleta	Quantidade de Fluoretos (gF ⁻ /h)			
	Linha 1	Linha 2	Total	
Avaliação da	1 ^a	6,767	5,206	11,973
Eficiência do	2 ^a	7,154	4,611	11,765
ECP	3 ^a	6,409	3,355	11,764
Avaliação	1 ^a	7,617	5,179	12,796
das	2 ^a	7,476	4,818	12,295
Emissões	3 ^a	7,797	5,195	12,992
Potenciais				

Fonte:CETESB, Parecer Técnico nº 017/EEAR/2001

Tabela 6.8 – Quantidade de fluoretos na matéria-prima.- Indústria G

Coleta	Quantidade de Fluoretos (gF ⁻ /h)
1 ^a	9,69
2 ^a	9,27
3 ^a	10,29
4 ^a	10,29
5 ^a	10,29

Fonte:CETESB, Parecer Técnico nº 018/EEAR/2001

Foi também acompanhado o pH dos equipamentos de controle de poluição do ar, no caso das indústrias A e B, lavadores de gases. Na indústria G o pH da solução de lavagem ficou na faixa de 8,0 a 9,0. Ao longo das coletas na indústria A o pH da solução de lavagem do ECP variou entre 6,0 a 8,0.

Tabela 6.9 – Resultados obtidos na Campanha de Amostragem de Junho de 2000 – Indústria G.

Indústria G	Produção (m ² piso/h)	Emissão de Fluoretos Totais (*)		
		Concentração (mg/Nm ³)	Taxa de Emissão (kg/h)	Fator de Emissão (g/1000m ² de piso)
antes do ECP		81,86	0,459	2.742,0
Depois do ECP	169,20	18,35	0,096	572,0
chaminé 2		0,61	0,001	0,006

(*) emissão média de fluoreto total (gasoso e particulado)
Fonte:CETESB, Parecer Técnico nº 018/EEAR/2001

Tabela 6.10 – Resultados obtidos na Campanha de Amostragem de Julho de 2000 - Indústria A.

Indústria	Produção (m ² piso/h)	Emissão de Fluoretos Totais (*)		
		Concentração (mg/Nm ³)	Taxa de Emissão (kg/h)	Fator de Emissão (g/1000m ² de piso)
antes do ECP		67,0	0,532	1.267,5
depois do ECP	421,178	2,59	0,025	58,19
depois do ECP	435,284	1,61	0,015	34,44
Linha 1 – Cham. 2	190,676	4,46	0,008	41,92
Linha 2 – Cham. 2	244,608	2,34	0,010	43,33

(*) emissão média de fluoreto total (gasoso e particulado)
 Fonte: CETESB, Parecer Técnico nº 017/EEAR/2001

Com base nos resultados obtidos a eficiência do lavador de gases instalado na indústria G variou entre 71,4 a 85,4 % e portanto abaixo da eficiência esperada para este tipo de equipamento de controle de produção. Quanto à indústria A, a eficiência média obtida 95,3%, se manteve no mesmo nível da verificada em 1997.

6.6.2 - Campanha de Agosto de 2000

Estas amostragens foram realizadas por uma empresa particular contratada pelas indústrias cerâmicas e acompanhadas pela CETESB. O objetivo destas amostragens era conhecer a taxa de emissão real de cada indústria instalada no Município de Cordeirópolis.

Muitas destas indústrias possuem mais de um forno de monoqueima, ampliando desta forma consideravelmente o escopo do trabalho, visto isto, a CETESB definiu então que as amostragens deveria ser realizadas no forno de maior produção de cada uma das indústrias, e as amostragens deveriam ser sempre em triplicata. Vale observar que todos os fornos amostrados nesta campanha não possuíam equipamentos de controle de poluição do ar.

Os resultados destas amostragens foram utilizados no modelo de dispersão realizado pelas indústrias e serviram de base para o estabelecimento do Termo de Ajuste de Conduta (TAC) entre o Sindicato das indústrias e o Ministério Público.

A Tabela 6.11, a seguir mostra de forma resumida as emissões médias obtidas através desta campanha de amostragem.

Tabela 6.11 – Resultados obtidos na Campanha de Amostragem de Agosto de 2000.

Indústria	Produção (m ² piso/h)	Emissão de Fluoretos Totais (*)		
		Concentração (mg/Nm ³)	Taxa de Emissão (kg/h)	Fator de Emissão (g/1000m ² de piso)
H	375,8	49,6	0,88	2.335,5
I	482,3	64,1	1,15	2.384,4
J	356,5	64,6	0,90	2.537,4
L	392,0	25,6	0,40	1.031,5
M	392,0	50,6	0,63	1.599,4
N	305,0	55,4	0,31	1.016,5
O	268,0	67,3	0,53	1.960,2

(*) emissão média de fluoreto total (gasoso e particulado)
 Fonte: CETESB, Parecer Técnico n° 023/01/EEAR

Durante a realização das coletas de efluentes gasosos nas indústrias acima, foram coletadas amostras de pisos antes e após o forno. As amostras antes do forno foram coletadas antes de serem aplicados o engobe, a base, a serigrafia e portanto, computam somente o flúor presente na argila.

Como não foi possível quantificar a contribuição de fluoretos no material fundente, os dados da Tabela 6.12 representam somente a massa de fluoreto presente na argila e que se perdem através das emissões gasosas do forno pelas duas chaminés.

Tabela 6.12 – Análise de flúor nos pisos cerâmicos (mg/kg – base seca)

Indústria	Antes do Forno	Após o Forno	Porcentagem de Perda (%)
H	466,2	250,0	46,37
I	477,5	261,6	45,21
J	477,0	375,0	21,38
L	448,9	367,7	18,09
M	525,0	390,0	25,71
N	460,0	350,0	23,91
O	471,4	350,0	25,75

Fonte: CETESB, Parecer Técnico n° 023/01/EEAR

Os resultados anteriores mostram que a presença do flúor na matéria-prima como engobe, base e esmaltes é insignificante e mesmo se todos os fluoretos se desprendessem para a atmosfera não equivaleriam aos resultados obtidos na chaminé.

Os resultados obtidos nas amostras de piso antes e após o forno, aliado a estudos internacionais, levaram a crer que a maioria do flúor emitido para a atmosfera é proveniente da argila utilizada.

Devido a problemas de metodologia de análise laboratorial não foi possível obter um dado conclusivo da composição da argila da região. Entretanto pelo balanço de massa de flúor envolvidos na operação, considerando que em média são utilizados 15 kg de argila /m² de piso e as emissões médias de fluoretos obtidos através de amostragem em chaminé chega-se a uma composição de aproximadamente 163 mg F⁻ /kg de argila da região.

Isto leva a crer que a principal contribuição de flúor vem da matéria-prima básica utilizada na indústria cerâmica, a argila.

6.7 - Campanha de 2001

Em 2001 foram realizadas amostragens em uma nova empresa que se instalou na região. A tabela 6.13, a seguir, mostra os resultados obtidos através das amostragens em chaminé

Tabela 6.13 – Resultados obtidos na Campanha de Amostragem de 2001.

Indústria	Produção (m ² piso/h)	Emissão de Fluoretos Totais (*)		
		Concentração (mg/Nm ³)	Taxa de Emissão (kg/h)	Fator de Emissão (g/1000m ² de piso)
P	498	64,11	1,47	2.305,7

(*) emissão média de fluoreto total (gasoso e particulado)
Fonte: CETESB, Parecer Técnico nº 174/02/EEAR

6.8 - Diferenças de emissão entre as chaminés.

Os dados obtidos em várias campanhas de amostragem em chaminé, realizadas simultaneamente na chaminé 1, localizada na zona quente do forno, e na chaminé 2, na zona de resfriamento, mostraram que as emissões mais significativas de fluoretos ocorrem na chaminé 1.

As emissões da chaminé 2 são em média 7% da emissão da chaminé 1 e em sua maioria os resultados apresentados estão abaixo do padrão de emissão de referência de 100 g F⁻/1000 m² de piso produzido.

Tabela 6.14 – Emissões da chaminé da zona de resfriamento do forno.

Indústria	Fator de Emissão (g F ⁻ /1000 m ² de piso produzido)	Porcentagem em relação a chaminé da zona quente (%)
A	42	3,4
G	0,07	0,22
C	160	9,8
D	360	19,6
E	45	2,3
F	180	7,8

Esta diferença está relacionada à temperatura do forno na zona quente, chaminé 1, na faixa entre 1200 a 900 °C, nesta faixa é quando ocorre a maior liberação do flúor presente na argila, podendo atingir até 70% do teor total de flúor. Vale observar que nas demais indústrias não foi amostrada a chaminé 2.

6.9 - Diferença entre as emissões de os fluoretos gasosos e sólidos

Os resultados anteriormente apresentados se referiam a fluoretos totais, isto é, a somatória das emissões de fluoretos sólidos, na forma de partículas, com aqueles que estão presentes na forma gasosa, ambos os presentes nos gases exauridos na chaminé.

Em razão da temperatura dos gases exauridos para a chaminé, em torno de 200 °C, a maioria dos fluoretos presentes nestes gases encontram-se na forma gasosa, conforme pode ser observado na Tabela 6.15.

Tabela 6.15 – Concentração de fluoretos gasosos e sólidos na chaminé 1

Indústria	Concentração (mg/Nm ³)	
	Fluoretos gasosos	Fluoretos sólidos
A	50,47	16,51
G	57,98	23,89
H	37,79	11,79
I	60,52	3,58
J	44,39	9,76
L	25,58	4,26
M	41,65	8,96
N	52,07	9,58
O	62,04	5,32
P	53,37	4,22
Média	49,24	9,83

Vale lembrar que a maior parte dos efeitos fitotóxicos são ocasionados pelo flúor gasoso, que penetra no tecido foliar das plantas. São também os fluoretos gasosos que podem percorrer grandes distâncias na atmosfera.

A relação entre o flúor gasoso e o sólido presente na chaminé de resfriamento não se mantém na mesma faixa verificada na chaminé da zona de queima, sendo que na empresa G, ocorreu uma inversão nesta relação, sendo que a emissão de flúor sólido um pouco acima da emissão de flúor gasoso.

Tabela 6.16 – Concentração de fluoretos gasosos e sólidos na chaminé 2

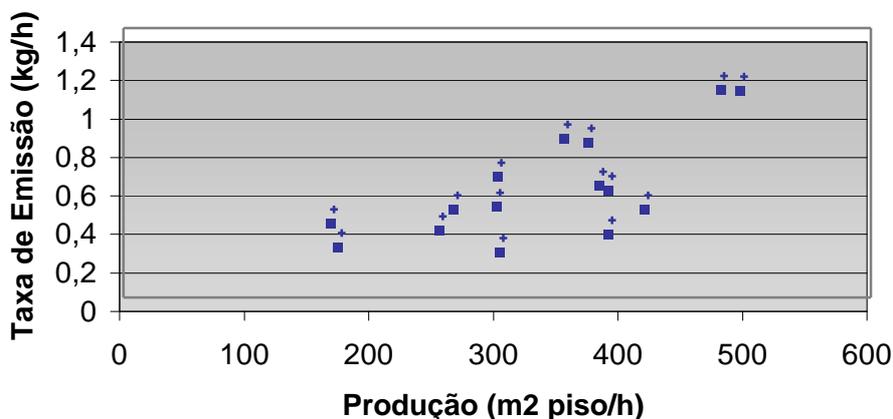
Indústria	Concentração (mg/Nm ³)	
	Fluoretos gasosos	Fluoretos sólidos
A	4,26	0,47
G	0,23	0,37

6.10 - Relação entre a produção e a emissão

A emissão de fluoretos totais provenientes do forno está relacionada, entre outros, a quantidade de pisos produzidos, uma vez que a presença do flúor está no próprio piso.

O gráfico, a seguir, mostra a relação entre a produção e a emissão observada nas amostragens em chaminé, realizadas na chaminé da zona quente.

Gráfico 6.1 – Relação entre a produção e a emissão de fluoretos totais



Observando-se o gráfico acima podemos verificar que a relação entre a emissão de flúor e a produção de pisos possuem uma relação quase linear, com uma média de 2 gF⁻/m² de piso produzido.

6.11 - Padrão de Emissão

A Universidade de Bologna, Itália, um dos grandes centros produtores de cerâmicas de revestimento propõem um padrão de emissão entre 200 a 300 g F⁻/1000 m² de piso produzido, utilizando como equipamento de controle de poluição um lavador seco com eficiência mínima de 90%. Em 1998, a CETESB, propôs um Padrão de Emissão de 100 g F⁻/1000 m² de piso produzido.

Com base nas várias campanhas de amostragem em chaminé realizadas, as indústrias cerâmicas da região deverão instalar ECPs com uma eficiência média de 94,34 %, conforme mostra a Tabela 6.17, para atingir o padrão de emissão proposto pela CETESB.

Tabela 6.17 – Eficiência necessária dos ECPs das indústrias cerâmicas.

Indústria	Fator de Emissão sem controle (g F ⁻ / 1000 m ² de piso)	Eficiência necessária para atingir 100 g F ⁻ / 1000 m ² de piso (%)
A	1.267,4	92,11
G	2.742,0	96,35
C	1.804,0	94,46
D	2.147,0	95,34
E	1.955,0	94,88
F	2.943,0	96,60
H	2.335,5	95,72
I	2.384,4	95,80
J	2.537,4	96,06
L	1.031,5	90,31
M	1.599,4	93,75
N	1.016,5	90,16
O	1.960,2	94,90
<i>média</i>	<i>1.987,7</i>	<i>94,34</i>

Existem várias tecnologias para controle de fluoretos que consistem fundamentalmente em medidas de fim de linha, entre elas:

- lavadores de gases tradicionais;
- lavadores a seco que possuem um leito filtrante, normalmente carbonato de cálcio;
- filtros de tecido, e
- condensação, onde os gases após a condensação são neutralizados por soda caustica.

Os mais utilizados atualmente no Brasil são os lavadores de gases tradicionais, que utilizam como solução de lavagem desde soda até água. A eficiência normalmente obtida para este tipo de equipamento pode chegar até 99%. A desvantagem deste tipo de equipamento é a manutenção freqüente, uma vez que devido à formação de ácidos que diminuem a vida útil do equipamento é bastante reduzida

Na Europa os equipamentos de controle mais utilizados são os lavadores a seco, que além do carbonato de cálcio, utilizam hidróxido de cálcio, bicarbonato de sódio, carbonato de sódio, hidróxido de sódio e o óxido de cálcio.

Estes sistemas de controle requerem altos investimentos iniciais, de manutenção e operação (reagente, recursos humanos e energéticos), além disso, estes equipamentos ainda geram resíduos sólidos e efluentes líquidos.

No Município de Cordeirópolis existe duas indústrias com equipamento de controle de poluição (lavador de gases), um com uma eficiência média de 96% e o outro na faixa de 72 a 85 %. A concepção destes lavadores é bastante similar mas as eficiências são bastante diferente, isto mostra que não basta a instalação de um ECP, é preciso operá-lo de forma adequada para atingir a eficiência desejada.

Vale observar que as melhores eficiências foram obtidas como o pH da solução de lavagem na faixa de 8,0 a 6,0.

O estabelecimento de um fator de emissão como padrão de emissão, isto é, correlacionar o limite de emissão a produção da empresa, respeita a diferenças entre as indústrias no que se refere a equipamentos, manutenção e matérias-primas, possibilitando que algumas cerâmicas possam instalar equipamentos com uma eficiência até menor que a média de 94 %.

Na Holanda, país com produção de pisos cerâmicos através de fornos de monoqueima e outros tipos de produtos cerâmicos, utiliza os seguintes fatores de emissão para fluoreto gasoso, listados na tabela 6.18, a seguir:

Tabela 6.18 – Padrão de Emissão Holandês

Fator de Emissão (kg/tonelada de produto)	Classe A*	Classe B**	Classe C***
F gasoso	0,170	0,060	0,250

(*) produtos de argila que após a queima ficam com a coloração vermelha

(**) produtos de argila que após a queima ficam com a coloração amarela

(***) produtos de argila que após a queima ficam com a coloração branca

A diferença entre os fatores de emissão e a cor da cerâmica está ligado ao teor de flúor na argila utilizada.

As emissões obtidas no Forno de Monoqueima nas indústrias cerâmicas na Itália constam da Tabela 6.19. Atualmente os limites de emissão praticados na Itália são 5,0 mg/Nm³ a 18 % de O₂ para fluoretos totais e material particulado e 0,5 mg/Nm³ para chumbo

Tabela 6.19 – Emissão do Forno de Monoqueima verificados na Itália.

Fonte	Unidade	Flúor
chaminé 1	Concentração (mg/Nm ³)	10 a 50
chaminé 2	Concentração (mg/Nm ³)	0 a 80
sem controle (massa vermelha)	Fator de Emissão (g/m ²)	3,2
com controle (massa vermelha)	Fator de Emissão (g/m ²)	0,4

Fonte: Universidade de Bologna, Itália

Em Portugal, a legislação em vigor impõe um limite de 50 mg/Nm³ a 8% de oxigênio, para a exaustão de fontes fixas como fornos de cerâmica.

A Decisão da Comunidade Europeia de 25 de março de 2002 que estabelece os critérios ecológicos para a atribuição do rótulo ecológico comunitário a revestimentos duros para pavimentos (ref: 2002/272/CE) estabelece o padrão de emissão para flúor em fornos de queima para ladrilhos cerâmicos de 200 mg/m². Esta decisão vem da necessidade de uniformizar os padrões de emissão para um mesmo tipo de indústria dentro da Comunidade Europeia, uma vez que como já citado anteriormente, existem diferenças entres os valores limites para o poluente flúor, em diversos países, como apresentado na Tabela 6.20.

Tabela 6.20 – Valores limites de emissão de flúor em diversos países da União Europeia.

País	Valor limite (mg/Nm ³)	a % O ₂
Alemanha	5	18
Bélgica	5	18
Espanha	80	-
França	5	18
Grécia	80	-
Holanda	5	18
Itália	5	18
Reino Unido	10	18
Portugal	50	8

Até o presente momento não existe um padrão de emissão para fluoretos para este tipo de fonte estipulado no Estado de São Paulo. Os padrões de emissão de fontes fixas estipuladas para flúor existentes até o momento são:

- Incineradores de Resíduos de Serviços de Saúde – 7,0 mg/Nm³ a 7 % O₂ para Somatória de substâncias Inorgânicas Classe III (Sb, Pb, Cr, CN, F⁻, Cu, Mn, Pt, Pd, Rh, V e Sn) e 5,0 mg/Nm³ a 7 % O₂ para HF;
- Incineradores de Resíduos Perigoso – 7,0 mg/Nm³ a 7 % O₂ para Somatória de substâncias Inorgânicas Classe III (Sb, Pb, Cr, CN, F⁻, Cu, Mn, Pt, Pd, Rh, V e Sn) e 5,0 mg/Nm³ a 7 % O₂ para HF;
- Coprocessamento de resíduos em fornos de produção de clínquer - 5,0 mg/Nm³ a 7 % O₂ para HF;
- Produção de Fertilizantes – 0,1 kg F⁻/ t de P₂O₅ alimentado.

7 - QUALIDADE DO AR DA REGIÃO

Para avaliação da qualidade do ar na região das indústrias cerâmicas foi utilizado o método de amostragem passivo, não requerendo energia elétrica, o que permite avaliar a qualidade do ar em locais de difícil acesso e sem infraestrutura adequada para instalação de outros tipos de monitores. O resultado obtido é expresso em a taxa de fluoretos e correspondem à massa de fluoreto gasoso por unidade de área em um período de tempo determinado ($\mu\text{g}/100\text{ cm}^2/30$ dias).

O sistema de coleta é composto por uma placa de petri com papel filtro (47mm de diâmetro) impregnado com trietanolamina, que fica exposta ao ambiente. Após o período de exposição o papel filtro é retirado e o flúor fixado no reagente é extraído em solução aquosa contendo TISAB e analisado potenciométricamente através de eletrodo de íons específico.

Esta metodologia fornece uma média de concentração no período, não apresentando os picos de emissão.

Para a determinação de concentração de fluoretos na atmosfera, exige-se um sistema de coleta mais detalhado com fornecimento de energia, pois o ar deve ser aspirado passando por um filtro impregnado com solução ácida, onde ficam retidos os fluoretos sólidos e depois por um filtro tratado com álcali para a retenção dos fluoretos gasosos. Os fluoretos são extraídos em solução aquosa e analisados potencialmente, empregando-se eletrodo de íon específico.

A Cetesb vem realizando ações de monitoramento de qualidade do ar no Município de Cordeirópolis desde 1993 para os parâmetros fluoretos e partículas inaláveis, porém, no Município de Santa Gertrudes somente são monitorados partículas inaláveis.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos em várias campanhas de amostragem de ar ambiente realizadas no Município de Cordeirópolis para fluoreto, nota-se que somente na campanha realizada em 2001 foram realizadas amostragens que possibilitaram a quantificação de fluoretos em concentração, as demais são reportadas em taxas.

7.1 - Campanha de 1993

O intuito desta campanha é avaliar a procedência das primeiras reclamações sobre injúrias nas culturas de abacate. Devido a isto foram instalados 06 pontos de coleta de amostras próximos à empresa A.

As coletas foram realizadas em dois períodos de 30 dias, consecutivos e os resultados são listados na tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Taxa de Fluoretos no Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/ 30$ dias)

Pontos de Coleta	Local	Período de Coleta	
		24/06/93 a 27/07/93	27/07/93 a 13/09/93
1	Poste	1.725	754
2	Pomar de Abacate	292	220
3	Plantação de Cana	50	169
4	Tanque de Gás	386	Perda de amostra
5	Plantação de Milho	220	98
6	Talhão de Cana	96	Perda de amostra

Fonte: CETESB, Avaliação dos níveis de fluoretos no Município de Cordeirópolis, dezembro de 1993.

7.2 - Campanha de 1998

As coletas foram realizadas em dois períodos de 30 dias, consecutivos e os resultados são listados na tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Taxa Média de Fluoretos no Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/ 30$ dias)

Local	Período fevereiro a março
Regiões Agrícolas (vários locais)	151
Área Industrial	1500

Fonte: CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 006/00/EQQA.

7.3 - Campanha de 1999

Durante a realização dos diagnósticos da qualidade do ar na região, visando avaliar os impactos das emissões de fluoretos, provenientes das indústrias cerâmicas da região, foram coletadas amostras, a cada 15 dias consecutivos e integrados, no período de julho a dezembro de 1999 em três pontos, listados a seguir:

Estação Módolo:

Rua Visconde do Rio Branco, esquina com a Rua Dino Boldrini, Bairro Módolo (bairro próximo à área industrial).

O amostrador passivo foi instalado no parapeito da estrutura metálica montada para amostragem de Poeira Total em Suspensão.

Estação Meteorológica:

Localizado dentro do Centro de Citricultura Sylvio Moreira – Instituto Agrônomo, próximo à área da estação meteorológica.

Estação Centro Administrativo

Também localizado no Centro de Citricultura Sylvio Moreira, mas próximo ao centro administrativo, às margens da Rodovia Anhanguera, distante do centro populacional, porém próximo a uma série de empresas cerâmicas.

Tabela 7.3 – Taxa de Fluoretos no Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/ 30 \text{ dias}$)

Período de exposição	Estação Módolo	Centro de Citricultura – Inst. Agrônomo.	
		Est. Meteorológica	Centro Administrativo
13/07 a 30/07/99	103	36	19
30/07 a 16/08/99	132	57	89
16/08 a 01/09/99	152	71	100
01/09 a 16/09/99	231	78	113
16/09 a 01/10/99	131	124	170
01/10 a 18/10/99	196	96	97
18/10 a 03/11/99	119	70	71
03/11 a 18/11/99	240	76	63
18/11 a 03/12/99	305	78	82
03/12 a 20/12/99	273	64	50
20/12 a 06/01/00	79	43	23

Fonte:

- CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 001/00/EQQA;
- CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 006/00/EQQA.

7.4 - Campanha de 2000

Durante o ano de 2000 foram coletadas amostras nos três pontos já descritos na Campanha de 1999, em períodos de 15 dias consecutivos e integrados, dando continuidade à campanha iniciada em 1999. Os resultados estão listados a seguir:

Tabela 7.4 – Taxa de Fluoretos no Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/ 30 \text{ dias}$)

Período de exposição	Estação Módolo	Centro de Citricultura – Inst. Agrônômico.	
		Est. Meteorológica	Centro Administrativo
06/01 a 26/01/00	120	35	29
26/01 a 07/02/00	221	74	54
07/02 a 22/02/00	171	82	33
22/02 a 08/03/00	168	61	76
08/03 a 28/03/00	136	55	65
28/03 a 13/04/00	101	50	62
13/04 a 02/05/00	156	44	52
02/05 a 18/05/00	199	52	35
18/05 a 02/06/00	249	56	57
02/06 a 19/06/00	121	30	30
19/06 a 03/07/00	439	55	57
03/07 a 17/07/00	688	57	65
17/07 a 03/08/00	425	80	55
03/08 a 18/08/00	405	45	49
18/08 a 01/09/00	339	59	63
01/09 a 27/09/00	325	56	94
27/09 a 16/10/00	258	48	66
16/10 a 30/10/00	270	48	80
30/10 a 14/11/00	218	40	82
14/11 a 13/12/00	255	38	60
13/12 a 11/01/01	154	24	38

Fonte: CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/01/EQQA.

Em dezembro de 2000, as indústrias cerâmicas do Município de Cordeirópolis, a pedido da CETESB, apresentou um Modelo de Dispersão Atmosférica utilizando as taxas de fluoretos amostradas (resultados constantes do item 6.6.2 deste documento) e os melhores dados meteorológicos disponíveis para a região. Porém este estudo levava em conta as contribuições individual das fontes de emissão de cada empresa, e, portanto impossibilita uma comparação com os resultados obtidos através de amostragens de qualidade do ar.

Tabela 7.5 – Resumo dos resultados do Modelo de Dispersão Atmosférica.

Indústria	Concentrações máximas de fluoretos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *		
	Diária	Mensal	Anual
	169,10	29,89	12,98
	122,56	47,84	35,18
	97,35	25,80	15,75
	22,20	4,79	2,82
	114,17	51,67	39,62
	38,66	15,22	11,14
	58,81	8,71	4,08
<i>Média</i>	<i>88,9</i>	<i>26,2</i>	<i>17,3</i>

(*) as concentrações obtidas são resultados das simulações realizadas considerando apenas a contribuição individual das fontes de emissão de cada empresa.

7.5 - Campanha de 2001

Com o objetivo de avaliar os ganhos ambientais decorrentes da exigência do Termo de Compromisso firmado entre o Sindicato das indústrias cerâmicas e o Ministério Público de instalação de equipamentos de controle de poluição atmosférica, foram monitorados vários pontos incluindo a quantificação de concentração de fluoretos em alguns pontos.

A escolha dos pontos foi baseado no modelo de dispersão realizado pelo Sindicato e nas condições de segurança, disponibilidade de energia elétrica, etc. Os resultados encontram-se na tabela 7.6.

Tabela 7.6 – Taxa de Fluoretos no Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/ 30 \text{ dias}$)

Ponto	Período				
	09 a 22/08/01	22/8 a 05/09/01	05/09 a 18/09/01	21/11 a 03/12/01	03/12 a 14/12/01
1	*	*	208	2033	3011
2	648	732	6259	2070	1440
3	261	206	112	213	226
4	75	100	124	69	79
5	85	105	100	131	154
6	288	240	1263	497	261
7	*	*	*	*	319
8	199	230	206	161	104
9	238	320	255	221	401

(*) não amostrado

Fonte: CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/02/EQQA.

Identificação dos pontos:

- 1- Estrada Municipal Carmelo Fior, Km 4 – pátio de estacionamento da Cerâmica Carmelo Fior Ltda.
- 2- Estrada Municipal Carmelo Fior, Km 4 – fundos da empresa Cerâmica Carmelo Fior Ltda
- 3- Estrada do Boiadero, Km 1,5 – próximo à empresa Unicer – União Cerâmicas Ltda.
- 4- Rodovia SP 316, praça em frente à Igreja Católica do Bairro Cascalho
- 5- Estrada Municipal do Bairro das Perobas, próximo à Chacara do Abacateiro
- 6- Estrada Municipal do Barro Preto, Chácara Santa Teresinha, próximo à Olaria Sgobin Ltda.
- 7- Estrada Municipal do Barro Preto, terreno da antiga Olaria Ozello
- 8- Rua das Hortênsias, próximo aos fundos da empresa Cerâmica Rocha
- 9- Estação Módolo, Rua Visconde do Rio Branco, esquina com Rua Dino Boldrini, Jardim Módolo.

A variação verificada entre os valores amostrados em cada ponto pode ser explicada devido às alterações meteorológicas entre os dias de amostragem e pela variação de produção das indústrias cerâmicas, decorrentes de demanda do mercado consumidor.

Outra questão a ser considerada na análise dos dados é a proximidade deles com as indústrias, topografia local e direção do vento durante os períodos de coleta. Vale ressaltar que os valores mais altos, pontos 1 e 2, encontram-se dentro da área de uma das empresas cerâmicas e portanto muito próxima à fonte geradora.

O monitoramento nos pontos anteriores, campanha de 1999 e 2000, continuaram e os valores médios observados nestes anos encontram-se na tabela 7.7.

Tabela 7.7 – Monitoramento de Rotina da Taxa de Fluoretos no Ar Ambiente ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/ 30$ dias) no período de julho de 1999 a outubro de 2001

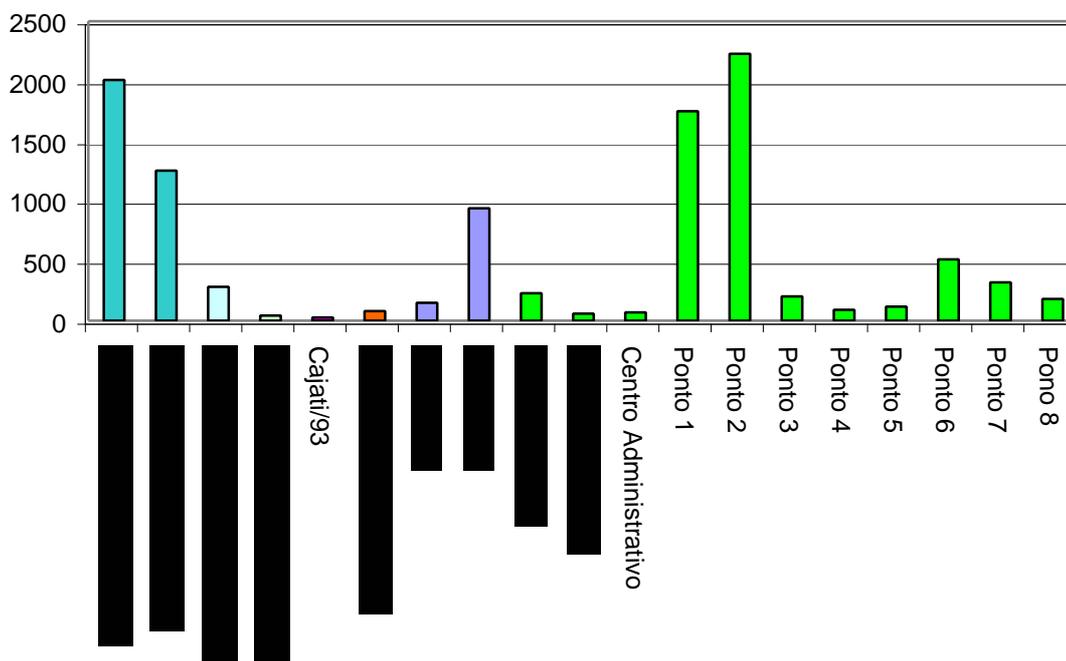
Ponto	Média	Máxima
Estação Módolo	227	688
Est. Meteorológica	57	124
Centro Administrativo	68	170

Fonte: CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/02/EQQA.

O gráfico 7.1 a seguir mostra as taxas de emissão de fluoretos obtidas em vários municípios do Estado de São Paulo onde se concentram grandes indústrias de produção de alumínio primário e fertilizantes e os danos a vegetação ocasionados pelo fluoretos já foram comprovados.

Observa-se que com exceção dos pontos 1 e 2, que se encontram em condições muito próximas a fonte geradora e portanto com valores extremamente altos, os demais pontos estão na mesma faixa dos demais municípios

Gráfico 7.1 – Taxa de emissão de fluoretos ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/ 30 \text{ dias}$) obtidos em vários municípios do Estado de São Paulo.



Fonte: CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informe Técnico 04/02/EQQA.

Foram realizadas avaliações de concentração em três pontos no Município de Cordeirópolis, a identificação dos pontos são as listadas anteriormente e os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas 7.8, 7.9 e 7.10.

Tabela 7.8 – Concentração de Fluoretos ($\mu\text{g F}^-/\text{m}^3$) no ponto 9*

Data	Concentração de Fluoretos ($\mu\text{g F}^-/\text{m}^3$)	
	Gasoso	Sólido
10/08/01	0,23	0,18
11/08/01	0,65	**
12/08/01	0,07	**
13/08/01	0,08	**
14/08/01	0,16	**
15/08/01	0,08	**
16/08/01	0,09	**
17/08/01	-	-
18/08/01	0,19	**
19/08/01	0,19	**
20/08/01	0,19	**
21/08/01	0,26	0,12

(*) Estação Módolo, Rua Visconde do Rio Branco, esquina com Rua Dino Boldrini, Jardim Módolo. (**) abaixo do limite de detecção

Fonte: CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/02/EQQA.

Tabela 7.9 – Concentração de Fluoretos ($\mu\text{g F}^-/\text{m}^3$) no ponto 1*

Data	Concentração de Fluoretos ($\mu\text{g F}^-/\text{m}^3$)	
	Gasoso	Sólido
23/08/01	0,89	**
24/08/01	3,21	**
25/08/01	3,0	0,22
26/08/01	0,44	**
27/08/01	0,33	0,18
06/09/01	0,34	0,11
07/09/01	0,44	0,16
08/09/01	1,03	0,21
10/09/01	1,20	**
22/11/01	1,57	0,35
23/11/01	3,32	0,39
24/11/01	2,26	0,26
25/11/01	4,07	0,32
26/11/01	1,17	0,08
27/11/01	1,32	0,12
28/11/01	2,59	0,78
29/11/01	0,92	0,24
30/11/01	1,72	0,08
01/12/01	3,10	0,34
02/12/01	8,54	0,33
03/12/01	0,30	**

(*)Estrada Municipal Carmelo Fior, Km 4 – pátio de estacionamento da Cerâmica Carmelo Fior Ltda., (**) abaixo do limite de detecção

Fonte:CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/02/EQQA.

Tabela 7.10 – Concentração de Fluoretos ($\mu\text{g F}^-/\text{m}^3$) no ponto 7*

Data	Concentração de Fluoretos ($\mu\text{g F}^-/\text{m}^3$)	
	Gasoso	Sólido
04/12/01	2,90	**
05/12/01	1,92	0,14
06/12/01	0,36	**
07/12/01	0,16	**
08/12/01	0,22	**
09/12/01	0,18	**
10/12/01	0,65	**
11/12/01	0,57	**
12/12/01	0,47	**
13/12/01	0,37	**
14/12/01	0,19	**

(*)Estrada Municipal do Barro Preto, terreno da antiga Olaria Ozello

(**) abaixo do limite de detecção

Fonte:CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/02/EQQA.

Devido a diferença de sensibilidade entre as espécies e o tempo de exposição destas a flúor é difícil estabelecer um valor de concentração de fluoretos na ar atmosférico que seja o limite máximo. Os fluoretos gasosos são normalmente mais agressivos à vegetação do que na forma de fluoretos sólidos, e verifica-se que em concentrações menores que $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nenhum ou pequenos danos são verificados na vegetação.

A Organização Mundial de Saúde estabelece alguns valores de referência para espécies vegetais de clima temperado para exposição de fluoretos gasosos, na forma de HF, que se encontram listados na tabela 7.11.

Tabela 7.11 – Valores de referências de HF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para proteção à vegetação

Vegetação (nível de resistência)	Duração da exposição		
	1 dia	1 mês	7 meses
Sensível	1,0	0,3	0,2
Intermediário	2,0	0,6	0,4
Menos sensível	7,5	2,5	1,2

Os gráficos abaixo mostram os valores obtidos nas amostras coletadas na região comparadas com um valor de referência de $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, isto é, considerando que a vegetação na região teria um nível de resistência intermediário a fluoretos e estão expostas a mais de 7 meses a estes níveis de concentração de fluoretos na atmosfera.

Gráfico 7.2 – Concentração de Fluoretos gasoso ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no Ponto 7

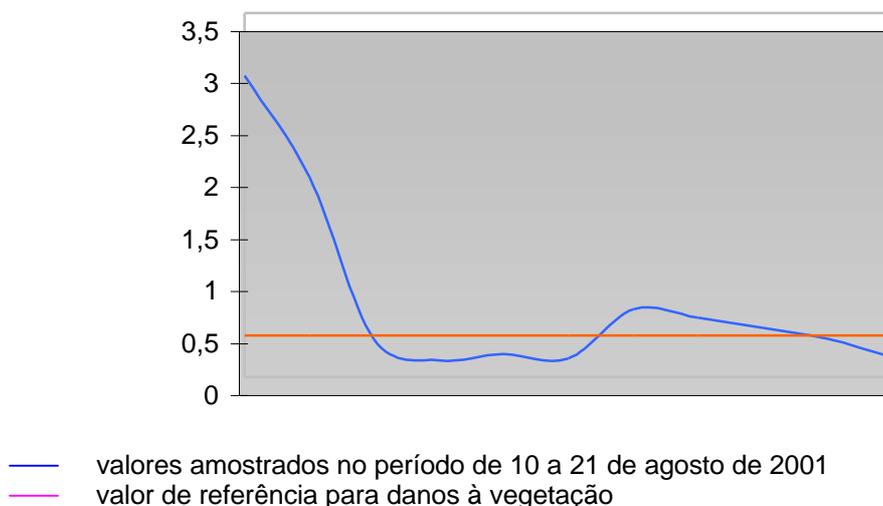
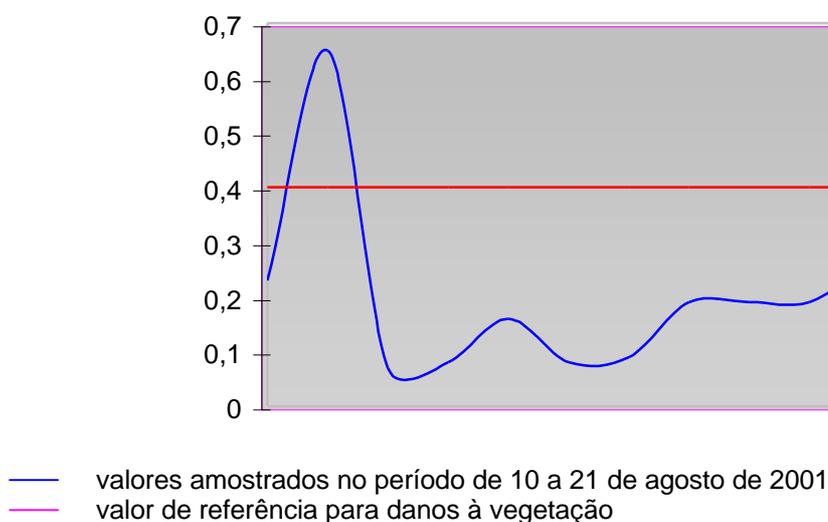


Gráfico 7.3 – Concentração de Fluoretos gasoso ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no Ponto 9



Verifica-se que somente no ponto 9 os valores monitorados encontram-se abaixo do valor de referência adotado, portanto mostra um indicativo que os níveis ambientais de fluoretos na atmosfera são agressivos a vegetação.

Esta afirmação é comprovada através das análises realizadas a várias amostras de vegetação realizadas pela CETESB e pela USP/ESALQ.

Quanto a saúde humana há relatos de efeitos nos pulmões de crianças em concentrações no ar ambiente na ordem de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e portanto, bem acima dos valores observados na região. Porém, podemos esquecer a questão da ingestão oral, ocasionada pela cadeia alimentar, isto é, ingestão de carne animal que se alimentou da gramínea com alto teor de fluoretos.

O LAA (Limits in Ambient Air), do Word Wide Limits for Toxics Hazardous Chemicals in Air, Waste and Soil, recomenda à Saúde Humana o padrão de $6 \mu\text{g}/\text{m}^2$ para media de 24 horas.

Outro parâmetro importante na qualidade do ar importante à saúde humana proveniente das indústrias cerâmicas é o material particulado. Embora não seja o foco principal deste trabalho, a seguir serão mostrados os valores obtidos para partículas totais em suspensão na atmosfera obtidos através do monitoramento que a CETESB tem realizado nos municípios de Cordeirópolis e Santa Gertrudes.

8 - VEGETAÇÃO

Desde 1993 vem sendo realizadas coletas e análises da vegetação na região. Inicialmente com o intuito de comprovar que as injúrias existentes eram ocasionadas pelo fluoreto e mais tarde com o objetivo de estudo e monitoramento dos efeitos. A seguir serão apresentados os resultados obtidos em cada uma das avaliações realizadas.

8.1- *Laudos do Instituto Biológico de Campinas (1993)*

Amostras de folhas de abacate coletadas no pomar do vizinho a indústria cerâmica foram enviadas ao Instituto Biológico de Campinas para análise, pelo reclamante.

Este instituto realizou várias tentativas de isolamento para verificar alguma doença frutífera, mas não foi verificado o crescimento de nenhum agente fitogênico.

Este laudo descartava a possibilidade dos problemas que vinham sendo verificados na plantação de abacate serem causados por alguma doença ou praga, levando a uma suspeita de problemas advindos de agentes externos como fluoretos.

8.2- *Análise da vegetação ao redor da indústria cerâmica.*

Com base em reclamações efetuadas por um agricultor a CETESB coletou amostras das vegetações próximas à indústria cerâmica alvo da reclamação.

Foram coletadas amostras vegetais de abacate, milho, gramíneas e cana de açúcar, em 06 seis pontos próximos a indústria (ver croqui de localização, Fig. 8.1).

Embora visualmente não existissem injúrias características de contaminação por fluoretos, os resultados obtidos em análise laboratorial mostravam valores acima dos usualmente encontrados nestas espécies.

Tabela 8.1 – Concentração de fluoretos na vegetação em torno da indústria cerâmica

Ponto	Tipo de Vegetação	Concentração de Fluoretos ($\mu\text{g/g}$ peso seco)
1	Abacate	1.977,6
2	Abacate	2.002,8
3	Abacate	204,8
4	Milho	284,4
5	Gramíneas	458,9
6	Cana de açúcar	52,3

Fonte: CETESB, Parecer Técnico nº 027/94/IAC.

8.3- Avaliação realizada em maio de 1993 pela CETESB

Para a avaliação dos impactos causados à vegetação pela emissão de fluoretos pelos fornos de monoqueima de cerâmica, optou-se por um bioindicador, a *Dracena Alba*.

Estes bioindicadores foram expostos durante um mês (24/06/93 a 27/07/93) ao redor de uma indústria no município de Cordeirópolis e junto a outras culturas agrícolas, conforme croqui de localização. A localização dos pontos foi baseada na dispersão atmosférica.

As exposições foram realizadas em triplicata em cada ponto, isto é, três indivíduos por ponto. Os indivíduos foram cultivados em laboratório, sendo que três destes permaneceram no laboratório como “amostras em branco”.

Após o período de exposição, para a quantificação de fluoretos nestes indivíduos foi utilizado o método de Van den Heede modificado (1975), isto é, as folhas foram destacadas, lavadas com água deionizada, seca em estufa a 60 °C, moídas, peneiradas (malha de 0,297 mm) e submetidas à análise do conteúdo foliar de fluoretos.

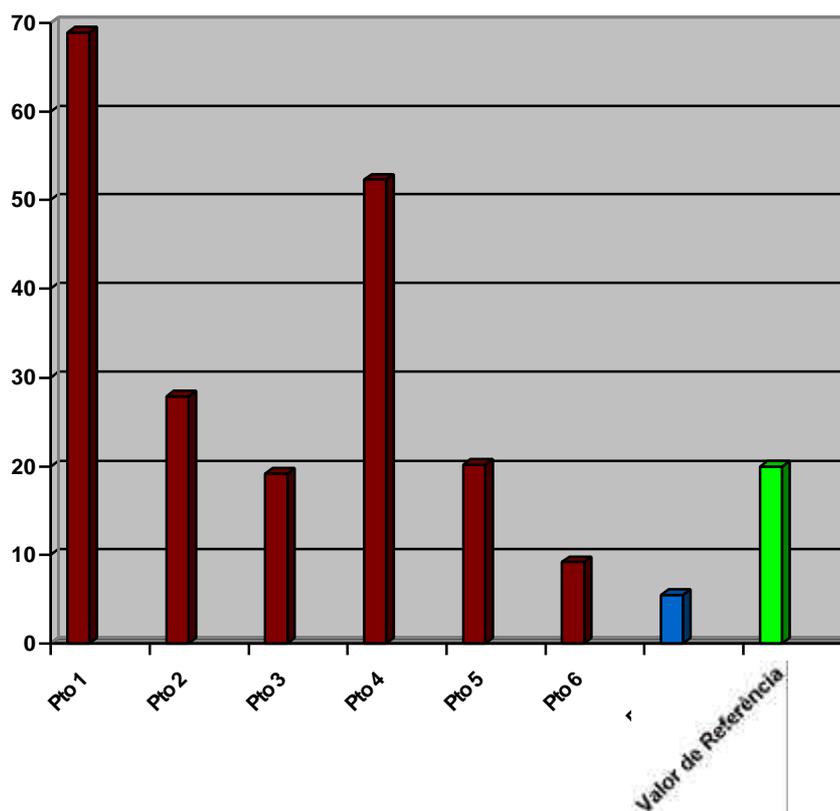
Para efeito de análise foi utilizado como padrão de referência, os teores de 0 a 20 ppm de fluoretos em folhas. Estes valores se referem a teores normais de fluoretos em folhas segundo Pushnik & Miller (1990). A tabela 8.2 e o gráfico 8.1, a seguir, mostram os resultados obtidos.

Tabela 8.2 – Resultados das análises de fluoretos em folhas de Dracena alba.

Pontos	Valores médios obtidos ($\mu\text{g/g}$)	Desvio padrão
1	68,9	17,9
2	27,9	6,4
3	19,2	2,4
4	52,3	9,6
5	20,2	3,8
6	9,2	0,9
Branco	5,5	3,2

Fonte: CETESB, Contaminação da Vegetação por Fluoretos em Cordeirópolis, Informação Técnica nº 007/93/DPTE.

Gráfico 8.1 – Teores de Fluoretos nas Dracenas alba



Em análise aos dados obtidos verifica-se que nos pontos 1, 2, 3 e 4 os valores obtidos nos bioindicadores (Dracena alba) durante um mês de exposição estavam acima dos padrões de referência, isto é, os níveis de

fluoretos nestas amostras estavam acima do teor normal de fluoreto em vegetações.

Observou-se também que em todas as amostras expostas a atmosfera da região, isto é, próximos a cerâmicas, os níveis de fluoretos estiveram acima da amostra da mesma planta guardada no laboratório em São Paulo (amostra em Branco).

Simultaneamente a esta avaliação da vegetação foram realizadas amostragens de qualidade do ar (item 7 deste documento) que nos pontos onde foram encontrados os níveis mais altos de fluoretos nos bioindicadores coincidiam com os pontos de maior concentração de fluoretos na atmosfera.

Comparando-se estas duas avaliações verificou-se que a área que maior influência recebia era justamente as áreas com plantação de abacate, o que comprovava as suspeitas do reclamante.

8.4- Avaliações realizadas pela ESALQ/USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

De 1996 a 2000 foram realizadas várias análises nos laboratórios da ESALQ em amostras de culturas agrícolas do município de Cordeirópolis com o objetivo de quantificar a presença de fluoretos, a seguir segue os resultados resumidos destas análises.

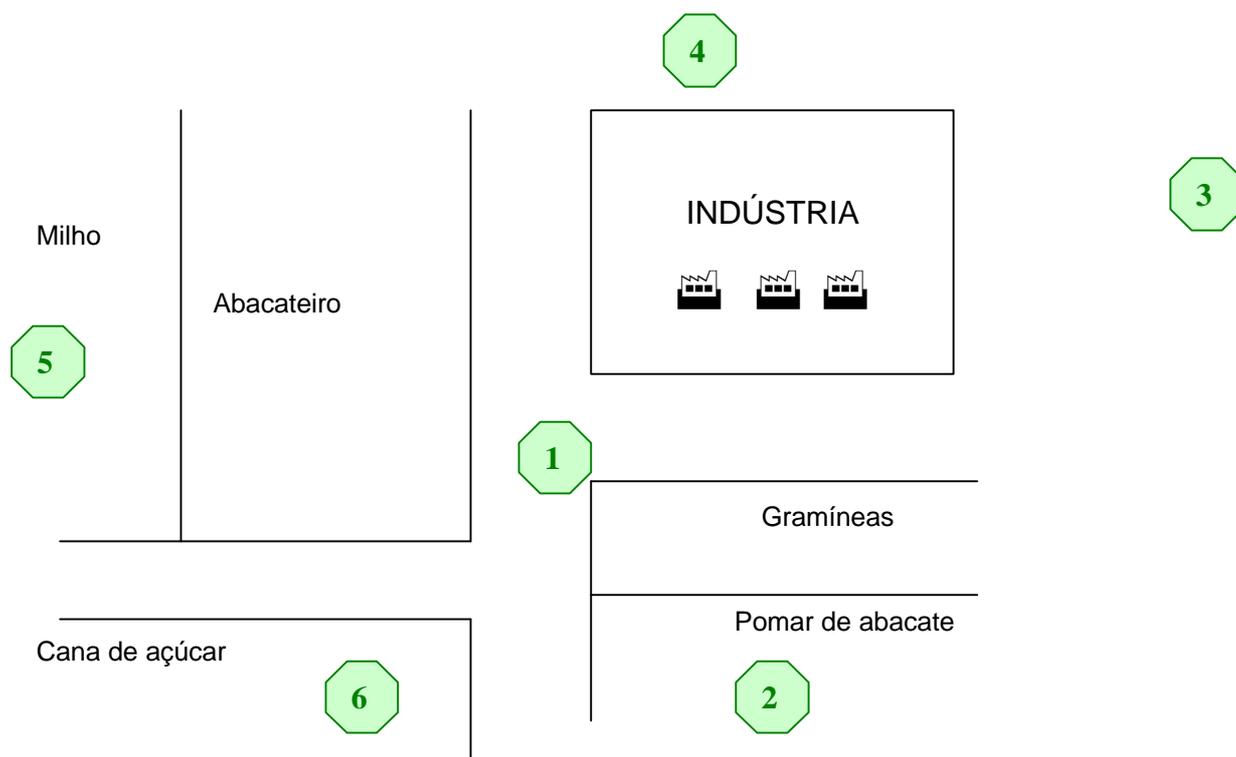
Tabela 8.3 – Análise realizada em fevereiro de 1996

Tipo de amostra	Concentração de Fluoretos (ppm, peso seco)
Abacate com sintoma	873,70
Abacate sem sintoma	389,89
Milho com sintoma (*)	45,99
Milho sem sintoma	16,91
Laranja	119,61

(*) folhas com sintomas iniciais de toxidez ocasionada por fluoretos

Fonte:ESALQ, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laudo de análise CIANI 002/96

Segundo Laudo Técnico do Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli de 19 de março de 1996, teores entre 20 a 150 ppm, peso seco de fluoretos afetam culturas como o milho, embora segundo BREWER (1960) valores entre 29 e 48 ppm já podem ser considerados elevados, vindo a interferir no crescimento e desenvolvimento. Valores acima de 48 podem ser considerados como tóxicos.



Legenda:



Figura 8.1 – Croqui de localização dos pontos de coleta da vegetação

Tabela 8.4 – Análise realizada em março de 2000

Tipo de amostra	Concentração de Fluoretos (mg/l)
Raiz do milho	181,37
Milho - grão + sabugo	182,52
Folha de milho	237,23
Palha de milho	215,35
Caule do milho	109,54
Folha de laranja	265,75
Folha de abacate	587,88

Fonte:ESALQ, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laudo de análise 09/03/00

Com base nos resultados acima o laudo técnico, assinado pelo Prof. Dr. José Laércio Favado do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, de 09 de junho de 2000, concluí que as plantas apresentam teores potencialmente tóxicos de flúor e que os sintomas observados em campo são devido aos altos níveis deste composto nas plantas.

Tabela 8.5 – Análise realizada em fevereiro de 2001

Tipo de amostra	Concentração de Fluoretos (ppm, peso seco)
Abacate ouro verde	264,80
Abacate ouro verde Severa	301,95
Abacate folha nova	190,10
Abacate fortuna	175,51
Abacate	205,82
Ponkan	99,85
Laranja pera natal folha nova	85,72
Laranja ponkan	72,75
Laranja lima verde	325,41
Laranja pera natal	171,14
Maranta zebrínea	68,61
Jaboticaba	62,27
Cana fistoly	58,71
Cana nova	325,59
Espiga de milho	121,10
Fruto pera natal	125,12

Fonte:ESALQ, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laudo de análise CIANI 002/96

Em janeiro de 2001, com o objetivo de avaliar a toxicidade das culturas de milho aos teores de flúor, o Grupo de Experimentação Agrícola (GEA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, realizou experimentos em Cordeirópolis e Piracicaba.

Foram realizadas 20 amostras (vasos), sendo 10 com terra de Piracicaba e 10 com terra de Cordeirópolis, com o intuito de avaliar se a contaminação era através do solo ou atmosférico.

No decorrer do experimento foi observado que somente a plantação situada em Cordeirópolis apresentava sintomas visuais de toxidez por flúor.

O objetivo deste experimento é produzir no final do estudo curvas de absorção do flúor pela planta que serão comparadas para a obtenção dos teores tóxicos de flúor para a cultura do milho.

9 - PREVENÇÃO À POLUIÇÃO

Prevenção à Poluição, comumente conhecido com P2, pode ser definido como uma série de procedimentos que evitem ou minimizem a geração de poluentes na fonte.

O Projeto Piloto de Prevenção à Poluição nas Indústrias Cerâmicas da Região de Santa Gertrudes, implantado pela CETESB em 1998, tinha como objetivo implantar um programa de prevenção à poluição junto às indústrias da região e capacitar os técnicos da CETESB para o trabalho de P2 e assim estabelecer uma nova forma de trabalho entre o órgão ambiental e o setor produtivo, além de fomentar a adoção de P2 por outras empresas do ramo. Incluía também a elaboração de manuais técnicos específicos para o setor e promover a melhoria da qualidade ambiental da região.

Inicialmente participaram do projeto 40 empresas, divididas em 07 grupos. Em agosto de 2000 uma nova empresa se instalou na região e passou a integrar um dos grupos.

A metodologia empregada baseou-se no desenvolvimento do projeto, inicialmente somente com os representantes de cada grupo, depois estes repassariam os conhecimentos e resultados as demais indústrias. O projeto foi dividido em 7 etapas:

- disseminação dos conceitos de P2;
- levantamento bibliográfico e da situação atual das empresas;
- levantamento das oportunidades de P2;
- priorização e implantação das oportunidades de P2 identificadas;
- avaliação dos resultados;
- aprimoramento contínuo, e
- resultados obtidos.

Atualmente o projeto encontra-se na fase de avaliação dos resultados e aprimoramento contínuo.

Este projeto teve seu foco maior na questão da geração excessiva de poeira no processo de moagem, no reaproveitamento das “raspas” e na questão de problemas relacionados a metais pesados, principalmente, o chumbo responsável por casos de saturnismos nos trabalhadores.

Ressaltamos que este projeto derivou dos resultados obtidos nas análises realizadas em lagoas criadas na região devido à extração da argila, e portanto, dentre as oportunidades de P2 identificadas nas indústrias cerâmicas,

não foi dada ênfase a questão das emissões de fluoretos provenientes do processo de queima da peça.

Uma das medidas propostas no P2 e atualmente está sendo implementado à alteração do processo via a seco pelo processo via úmida. Esta mudança minimizou a geração de poeiras fugitivas no sistema de moagem e possibilitou um reaproveitamento total do resíduo gerado no processo como as “raspas”, água de tratamento e águas de processo.

A eliminação de uso de esmaltes que possuem chumbo, também resolveu o problema do saturnismo. Estas medidas, além de outras relacionadas à aplicação do esmalte e do engobe, levaram a uma melhoria do produto final.

Grande parte destas indústrias são de estruturas familiares e com pouco desenvolvimento tecnológico na área de controle da produção, o que leva a uma dificuldade na quantificação dos ganhos ambientais obtidos com as medidas implementadas. Além disso as melhorias não foram aplicadas em todas as indústrias da região.

Dentre as oportunidades identificadas às metas para o futuro são um aproveitamento do calor (energia) proveniente dos secadores e fornos e uma melhoria no sistema de poeiras fugitivas na fábrica, incluindo um sistema de ventilação local exaustora com equipamento de controle de poluição atmosférica (filtros) nas cabines de esmaltação.

No que se refere a emissões de flúor, com a constatação que a principal fonte de fluoretos é a argila, principal matéria-prima dos pisos cerâmicos, dificulta a aplicação de P2 como medida de controle. Para a minimização das emissões de fluoretos estão sendo estudadas alterações nos perfis de temperaturas do forno.

A emissão de fluoretos pode ser reduzida, alterando o ciclo de queima, por diminuição da máxima temperatura de queima e/ou duração do patamar, mas até o momento não existem dados suficientes que comprovem a eficiência desta medida.

A adição de fundentes, poderá também contribuir para a eficácia desta medida, já que a vitrificação do material cerâmico ocorre a temperaturas mais baixas. A adição também de compostos como o carbonato de cálcio e dolomita, que reagem com o flúor para formar compostos estáveis às máximas temperaturas de queima.

Outra medida seria o aumento da turbulência na zona de pré-aquecimento, aumentando a absorção/adsorção do flúor nas peças dentro do forno, diminuindo-se desta maneira a emissão de fluoretos para a atmosfera.

A definição da medida a ser tomada e a aplicabilidade destas medidas é função das características da pasta, do forno e seu modo de operação e portanto não existe uma solução única, e devem ser estudados caso a caso.

10 . CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Ao longo deste trabalho foram mostrados alguns estudos e monitoramentos realizados nos municípios de Cordeirópolis e Santa Gertrudes. Estes estudos demonstram que os danos ambientais decorrentes das emissões de flúor provenientes das indústrias cerâmicas existem, mas é somente uma vertente de um problema ambiental mais amplo.

De forma diferenciada, os problemas ambientais estão entre os dois maiores setores econômicos da região, a agricultura e o setor cerâmico.

Os estudos realizados mostram, embora não seja de forma conclusiva devido a problemas de análise laboratorial, que a emissão dos fluoretos é devido ao uso da argila da região. Esta argila possui um teor de aproximadamente 163 mg F⁻/kg, valor próximo aos encontrados nos grandes pólos cerâmicos da Europa.

Com o crescente desenvolvimento da indústria cerâmica, o problema começou a tomar um vulto significativo, quando se verifica, através de monitoramento da qualidade do ar, que os valores monitorados estão em níveis comparativos a locais com história de poluição atmosférica por fluoretos.

Até o momento os níveis de qualidade do ar da região, no que se refere a fluoretos, não têm atingido valores de efeitos a saúde humana e animal, porém tem atingido a vegetação.

Vale ressaltar que se encontra nesta região o Centro de Citricultura Dr. Sylvio Moreira, um dos mais importantes centros de citricultura do mundo e com um papel importante no Projeto Genoma. Níveis altos de fluoretos no ar podem por em risco o acervo de dois mil tipos de espécies de citros.

A conclusão que se pode tirar de todos os diagnósticos realizados é a necessidade do desenvolvimento de um programa de Gestão Ambiental para a região, de forma a não só minimizar os atuais níveis de fluoretos, mas principalmente evitar níveis e danos maiores aos atuais.

Este programa deve abranger os dois setores econômicos, de forma que a convivência entre os duas atividades e a sociedade decorra de forma pacífica. Além disso deverá ser estendido para outros municípios da região que possuem as mesmas características geológicas e portanto possíveis áreas de expansão das indústrias cerâmicas, com histórico agrícola e sócio-econômicas muito parecidas.

Um aspecto importante para o caso em estudo é o desenvolvimento de métodos e equipamentos de análise laboratorial que permitam resultados mais concisos do teor de flúor na argila, permitindo aprimorar os diagnósticos ambientais.

Outro ponto é o treinamento de trabalhadores dos dois setores de forma a minimizar alguns danos ambientais existentes, porém, isto implica na existência de técnicos que conheçam o problema, muito particular e com poucos dados de literatura.

O único passo realizado para a diminuição das emissões foi à exigência por parte do Ministério Público e da CETESB para que as indústrias instalem equipamentos de controle de poluição do ar com uma eficiência mínima de 95% de abatimento de fluoretos.

Esta exigência trata as indústrias, cada uma com emissões diferentes, como se todas fossem iguais, isto é, embora o processo produtivo seja o mesmo em todas as indústrias citadas, a relação entre produção e emissão é diferente.

O programa de gestão ambiental, teria que passar pelo estabelecimento de um padrão de emissão, que como na Comunidade Européia, relaciona a emissão e a produção, isto é, um fator de emissão. Isto trataria as desigualdades de forma mais consensual.

O fato de ser da própria argila a maior contribuição do flúor dificulta o desenvolvimento de linhas de ação mais progressivas como a prevenção à poluição (P2). Por sua vez equipamentos conhecidos como “fim de tubo”, implicam, além do investimento inicial, em uma operação controlada e numa manutenção freqüente, envolvendo pessoal treinado, nem sempre presente na região, além de implicar na geração de resíduos sólidos.

Equipamentos de controle de poluição do ar, mal operados e/ou sem manutenção perdem significativamente a sua eficiência voltando a ocorrer emissões sem controle.

As novas propostas de minimização das emissões, através de alterações no processo industrial (alterações no gradiente de temperaturas dos fornos, adição de produtos na massa de argila para fixação do flúor) ainda continuam em estudo, sem nenhuma aplicação prática na região.

A recomendação final é que o Programa de Gestão Ambiental deverá ser amplo o suficiente para compreender a necessidade da existência e desenvolvimento dos dois setores econômicos para a região e até mesmo para o país, considerando principalmente aspectos relacionados à manutenção e geração de empregos, além da melhoria do nível de qualidade de vida da população. Deverá também buscar soluções de minimização das emissões de flúor, seja através de prevenção e/ou ações de controle, para que os índices atuais não atinjam níveis de risco à saúde humana.

11 . GLOSSÁRIO

- **Argila:** designação comum a silicatos de alumínio hidratados, que constituem os minerais ditos argilosos, sedimento clássico predominantemente constituído por fragmentos inferiores a dois micros de diâmetro, e que, conforme o mineral argiloso existente, pode ser plástico, barro.
- **Bauxita:** rocha com a aparência de argila, mas sem plasticidade, constituída essencialmente de hidróxidos de alumínio de mistura com argila, hidróxido de ferro, fosfatos de alumínio, etc. É o principal minério de alumínio, a matéria-prima para a fabricação de sulfato de alumínio, cimento aluminosos e refratários de aluminosos.
- **Calcita:** mineral trigonal, carbonato de cálcio, espato-de-islândia.
- **Caulim:** argila pura, de cor branca; caulino, barro branco, barro forte.
- **Clorose:** moléstia dos vegetais, que se revela por uma coloração amarelada das partes normalmente verdes.
- **Cromita:** mineral monométrico, cromato de ferro, minério de cromo.
- **Cutícula:** fina camada impermeável que recobre externamente a epiderme do caule primário e das folhas, protegendo a planta contra agentes do meio externo.
- **Dolomita:** mineral trigonal, carbonato duplo de cálcio e magnésio.
- **Espectrometria:** técnica de análise qualitativa e quantitativa baseada na obtenção e estudo do espectro de emissão de substâncias.
- **Estômato:** pequenas aberturas na epiderme foliar e caulinar, que se abre, internamente, em um sistema de canais aeríferos, que permitem às trocas gasosas necessárias à vida das plantas.
- **Estratigrafia:** estudo da seqüência, no tempo e no espaço, das rochas da litosfera, e bem assim, de suas relações genéticas, suas condições pretéritas da formação e sua paleogeografia.
- **Faiança:** louça de barro esmaltado ou vidrado, louça de pó-de-pedra.

- **Feldspato:** designação comum aos silicatos de alumínio e de um ou mais metais alcalinos ou alcalino-ferrosos, mais comumente potássio, sódio e cálcio, de cor clara, componentes das rochas eruptivas.
- **Filito:** rocha metamórfica formada essencialmente de minerais do grupo das micas, microscópicas e isorientados, o que determina o aspecto folheado e brilhante característico desta rocha.
- **Fitotóxicos:** tóxicos às plantas.
- **Grafita:** forma alotrópica do carbono, cristalina, com sistema hexagonal, negra, usada como mina de lápis e em diversos equipamentos e peças industriais.
- **Injúrias:** traumatismo produzido, em geral por forças externas.
- **Lentícula:** pequenas aberturas na periderme das plantas lenhosas, cercada de rebordo e bem visível, que permite as trocas gasosas e é constituída de células suberizadas e frouxamente agregadas.
- **Litologias:** parte da geologia que tem por objetivo o estudo das rochas.
- **Magnesita:** mineral trigonal, carbonato de magnésio, largamente empregado na manufatura de refratários especiais e na fabricação de vários sais de magnésio.
- **Padrão Primário de Qualidade do Ar:** concentrações de poluentes que ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.
- **Padrão Secundário de Qualidade do Ar:** concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.
- **Partículas Inaláveis (PM10):** partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.
- **Partículas Totais em Suspensão (PTS):** partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar; na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.

- **Potenciometria:** técnica de análise quantitativa baseada na medida de potenciais elétricos associados a sistemas eletroquímicos.
- **Quartzo:** mineral trigonal, óxido de silício, que se apresenta em numerosas variedades, e também denominado cristal de rocha, quando é duro e transparente.
- **Refratário:** que resiste a certas influências químicas ou físicas, que pode permanecer em contato como fogo, ou que suporta calor elevado, sem se alterar.
- **Sílica:** dióxido de silício, cristalino, abundante na crosta terrestre.
- **Silicato:** numeroso grupo de substâncias minerais constituídas pela combinação da sílica com um ou mais óxidos metálicos e água e que constituem fração importante das rochas da crosta terrestre.
- **Talco:** mineral ortorrômbico ou monoclinico, silicato ácido de magnésio, que se mostra em agregados lamelares.
- **Tilitos:** sedimento não estratificado, depositado diretamente pela geleira, e formado pela mistura de fragmentos rochosos de todos os tamanhos, desde seixos até material argiloso.
- **Ziconita:** mineral tetragonal, silicato de zircônio, o qual, quando transparente e límpido, é pedra preciosa.

BIBLIOGRAFIA

- 45º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, E.U.C. Franjdlich, M.J.L. Lemes, H.G. Riella, *Avaliação do Teor de Fluoreto em Argilas Utilizadas como Matéria-prima na Indústria Cerâmica.*
- ARNDT U., FLORES, F., WEINSTEIN L., *Efeitos do Flúor sobre as Plantas – Diagnose de Danos na Vegetação do Brasil.* Ed. da Universidade – UFRGS, Porto Alegre, RS, 1995.
- BELA G. LIPTAK, *Environmental Engineer's Handbook*, Vol II.
- CENTRO CERÂMICO DE BOLOGNA, Curso de Engenharia Cerâmica, Itália, 1990
- CENTRO DE TECNOLOGIA CERÂMICA E DO VIDRO (CTCV), Redução do teor de flúor nos efluentes gasosos da indústria cerâmica, Coimbra, Portugal, 2001
- CETESB, Avaliação das Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, junho de 2001.
- CETESB, Avaliação de alguns elementos na Poeira Total em Suspensão na atmosfera do Município de Santa Gertrudes, outubro/1996.
- CETESB, Avaliação dos Níveis de Fluoretos no Município de Cordeirópolis, dezembro de 1993.
- CETESB, Avaliação dos Níveis de Fluoretos no Município de Cordeirópolis, junho de 2001.
- CETESB, Avaliação dos teores de Partículas Inaláveis (MP10) no Município de Santa Gertrudes - 2001, julho de 2002.
- CETESB, Chumbo na atmosfera do Município de Santa Gertrudes, dezembro/93.
- CETESB, Contaminação por Fluoreto na Vegetação do Município de Cordeirópolis, dezembro de 1993.
- CETESB, Contaminação por Fluoreto na Vegetação do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 007/93/DPTE.

- CETESB, Determinação de Partículas Inaláveis (MP10) no Município de Santa Gertrudes, Informação Técnica 10/01/EQQA.
- CETESB, Medição de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera no Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 06/01/EQQA.
- CETESB, Medição de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera no Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 03/99/EQQA.
- CETESB, Medição de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera no Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 03/00/EQQA.
- CETESB, Medição de Partículas Totais em Suspensão na Atmosfera no Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 08/00/EQQA.
- CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/02/EQQA.
- CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 04/01/EQQA.
- CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 06/00/EQQA.
- CETESB, Medições de Fluoretos na Atmosfera do Município de Cordeirópolis, Informação Técnica 01/00/EQQA.
- CETESB, Parecer Técnico nº 017/01/EEAR, Resultado de amostragem em chaminé.
- CETESB, Parecer Técnico nº 018/01/EEAR, Resultado de amostragem em chaminé.
- CETESB, Parecer Técnico nº 023/01/EEAR, Indústria de pisos cerâmicos esmaltados do Município de Cordeirópolis, Resultado de amostragem em chaminé.
- CETESB, Parecer Técnico nº 025/94/MATA, Resultado de amostragem em chaminé.
- CETESB, Parecer Técnico nº 027/94/IAC, Avaliação das Emissões Gasosas provenientes da CECOL – Cerâmica Cordeirópolis Ltda.
- CETESB, Parecer Técnico nº 034/97/EETM, Resultado de amostragem em chaminé.

- CETESB, Parecer Técnico nº 041/98/EETA, Emissões dos Fornos Monoqueima das Indústrias de Pisos Cerâmicos Esmaltados.
- CETESB, Parecer Técnico nº 174/02/EEAR, Resultado de amostragem em chaminé.
- CETESB, Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2001.
- COMUNIDADE EUROPÉIA, Jornal da Oficial das Comunidades Europeias, Decisão da Comunidade de 25 de março de 2002 que estabelece os critérios ecológicos para atribuição do rótulo ecológico comunitário a revestimentos duros para pavimento.
- EPA, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, Vol I, cap. 11, 1995.
- EPA, *Handbook Control Technologie for Hazardous Air Pollutants (HAP's)*, Cap 2.11, 1995.
- ESALQ, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laudo de Análise CIANI 002/96.
- ESALQ, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laudo de Análise 09/03/00.
- J.J.M. BERDOWSKI, P.E.J. van der Most, R. Wessels Boer, Delf, Netherlands, 1995.
- KRUTMAN, M.L., Relatório de Amostragem e Análise para Determinação de Emissão de Poluentes.
- Organização Mundial de Saúde, IPCS – Internal Programme on Chemical Safety, EHC 227: Fluoride.
- Organização Mundial de Saúde, IPCS – Internal Programme on Chemical Safety, EHC 36: Fluoride.
- R. NORRIS SHREVE, Joseph A. Brinks Jr., *Ind. de Processos Químicos*.
- Revista da Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio e Indústria – Affari Negócios, nº 91, outubro de 2001.
- VENTURI, Viviano, *“Le Piastrelle”*, Itália.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, VDI 2585, *Emissionsminderung Keramische Industrie (Emission Control Ceramic Industry)*, outubro de 1993.

SITE VISITADOS

- Agência Ambiental Norte Americana – www.epa.gov
- Associação Brasileira de Cerâmica – www.abceram.org.br
- Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmicas – www.anfacer.org.br
- Associação Paulista dos Fabricantes de Cerâmicas – www.aspacer.com.br
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – www.cetesb.sp.gov.br
- Comunidade Européia – www.europa.eu.int
- Construção e Arquitetura – www.construçãoe arquitetura.com.br
- DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A. – www.dersa.com.br
- DNPM – Departamento Nacional de Proteção Mineral – www.dnpm.gov.br
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola – www.embrapa.com
- IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Citricultura Sylvio Moreira – www.iac.br
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – www.ibge.gov.br
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – www.ipt.br
- Mundo cerâmico – www.mundoceramico.com.br
- Polo cerâmico – www.poloceramico.com.br
- SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – www.seade.gov.br

ANEXO I

**PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES GASOSOS
DURANTE AS COLETAS DE FLUORETOS
NA CHAMINÉ DO FORNO DE MONOQUEIMA**

- INDÚSTRIA A

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA				
Parâmetro	23/04/97 1ª Coleta		23/04/97 2ª Coleta	
	Antes do ECP	Após o ECP	Antes do ECP	Após o ECP
Temperatura (°C)	164,7	38,1	164,8	37,3
Umidade (% vol.)	3,0	7,0	10,6	7,1
Velocidade (m/s)	12,8	11,6	13,0	11,7
Vazão (m ³ /h) (a)	14.397,0	12.995,0	14.580,0	13.105,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	8.055,0	9.735,0	7.467,0	9.770,0
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	14,0	16,6	14,0
	CO ₂	3,0	3,6	3,0

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA – antes do ECP			
Parâmetro	10/07/00 1ª Coleta	10/07/00 2ª Coleta	10/07/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	126,8	129,1	124,4
Umidade (% vol.)	6,3	6,6	6,9
Velocidade (m/s)	12,1	12,3	11,8
Vazão (m ³ /h) (a)	13.564,2	13.769,7	13.224,6
Vazão (Nm ³ /h) (b)	7.996,3	8.031,9	7.821,3
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	19,2	19,0
	CO ₂	1,4	1,6

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA – após o ECP			
Parâmetro	10/07/00 1ª Coleta	10/07/00 2ª Coleta	10/07/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	39,9	38,6	38,7
Umidade (% vol.)	6,1	5,7	6,6
Velocidade (m/s)	11,5	11,4	10,7
Vazão (m ³ /h) (a)	12.904,5	12.779,5	11.977,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	9.641,13	9.620,0	8.982,52
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	18,6	18,8
	CO ₂	2,2	1,8

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA – após o ECP			
Parâmetro	12/07/00 1ª Coleta	12/07/00 2ª Coleta	12/07/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	39,9	40,0	39,0
Umidade (% vol.)	6,8	6,5	6,0
Velocidade (m/s)	11,3	10,9	10,9
Vazão (m ³ /h) (a)	12.655,5	12.281,0	12.176,4
Vazão (Nm ³ /h) (b)	9.459,6	9.204,5	9.210,0
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	18,8	17,8	17,8
CO ₂	1,6	2,4	2,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO – Forno 1			
Parâmetro	12/07/00 1ª Coleta	12/07/00 2ª Coleta	12/07/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	258,4	258,2	252,7
Umidade (% vol.)	0,7	1,2	1,1
Velocidade (m/s)	9,8	10,2	9,9
Vazão (m ³ /h) (a)	3.781,18	3.936,6	3.827,2
Vazão (Nm ³ /h) (b)	1.805,1	1.866,3	1.834,8
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	20,0	20,0	20,0
CO ₂	0,6	0,6	0,6

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO – Forno 2			
Parâmetro	12/07/00 1ª Coleta	12/07/00 2ª Coleta	12/07/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	175,6	174,2	200,3
Umidade (% vol.)	1,2	1,8	1,2
Velocidade (m/s)	30,5	30,7	30,3
Vazão (m ³ /h) (a)	7.799,9	7.802,8	7.706,9
Vazão (Nm ³ /h) (b)	4.388,0	4.372,0	4.441,0
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	20,0	20,2	20,0
CO ₂	0,6	0,4	0,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA B

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA		
Parâmetro	27/04/94 1ª Coleta	29/04/94 2ª Coleta
Temperatura (°C)	221,6	211,2
Umidade (% vol.)	2,3	2,3
Velocidade (m/s)	31,2	31,2
Vazão (m ³ /h) (a)	13.778,7	13.743,7
Vazão (Nm ³ /h) (b)	6.948,6	7.082,5
Análise de Orsat (%vol.)		
O ₂	19,8	19,8
CO ₂	0,2	0,2

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO		
Parâmetro	27/04/94 1ª Coleta	29/04/94 2ª Coleta
Temperatura (°C)	170,7	171,4
Umidade (% vol.)	9,0	8,0
Velocidade (m/s)	23,6	23,9
Vazão (m ³ /h) (a)	10.393,0	10.551,2
Vazão (Nm ³ /h) (b)	5.442,7	5.578,4
Análise de Orsat (%vol.)		
O ₂	19,6	19,6
CO ₂	0,6	0,6

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA C

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA			
Parâmetro	18/11/96 1ª Coleta	19/11/96 2ª Coleta	19/11/96 3ª Coleta
Temperatura (°C)	159,3	158,3	155,1
Umidade (% vol.)	7,5	7,4	8,3
Velocidade (m/s)	23,37	23,58	23,65
Vazão (m ³ /h) (a)	16.516,0	16.668,0	16.717,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	9.010,3	9.148,4	9.152,4
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	17,6	17,4	18,0
CO ₂	2,2	2,0	2,2

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO			
Parâmetro	18/11/96 1ª Coleta	19/11/96 2ª Coleta	19/11/96 3ª Coleta
Temperatura (°C)	265,8	262,0	270,0
Umidade (% vol.)	2,4	2,2	2,3
Velocidade (m/s)	22,9	22,6	22,3
Vazão (m ³ /h) (a)	9.873,8	9.728,2	9.604,8
Vazão (Nm ³ /h) (b)	4.553,3	4.542,6	4.412,2
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	19,8	19,8	19,8
CO ₂	0,2	0,2	0,2

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA D

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA			
Parâmetro	24/10/96 1ª Coleta	24/10/96 2ª Coleta	24/10/96 3ª Coleta
Temperatura (°C)	116,9	116,1	116,0
Umidade (% vol.)	9,1	9,0	9,1
Velocidade (m/s)	8,8	8,9	8,7
Vazão (m ³ /h) (a)	15.891,0	16.153,0	15.689,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	9.557,0	9.692,6	9.407,6
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	17,2	16,8	17,0
CO ₂	3,2	3,4	3,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO			
Parâmetro	24/10/96 1ª Coleta	24/10/96 2ª Coleta	24/10/96 3ª Coleta
Temperatura (°C)	172,9	174,9	168,3
Umidade (% vol.)	2,1	2,4	2,2
Velocidade (m/s)	20,6	20,7	20,4
Vazão (m ³ /h) (a)	32.757,0	32.900,0	32.420,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	18.465,0	18.407,0	18.439,0
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	18,2	20,2	20,2
CO ₂	0,4	0,6	0,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA E

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA		
Parâmetro	02/12/96 1ª Coleta	02/12/96 2ª Coleta
Temperatura (°C)	202,2	187,6
Umidade (% vol.)	8,7	8,6
Velocidade (m/s)	21,4	21,0
Vazão (m ³ /h) (a)	10.682,0	10.495,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	5.250,7	5.329,3
Análise de Orsat (%vol.)		
O ₂	16,4	17,2
CO ₂	2,4	2,0

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO		
Parâmetro	02/12/96 1ª Coleta	02/12/96 2ª Coleta
Temperatura (°C)	229,0	247,3
Umidade (% vol.)	1,6	1,7
Velocidade (m/s)	7,7	7,2
Vazão (m ³ /h) (a)	3.327,4	3.079,5
Vazão (Nm ³ /h) (b)	1.664,9	1.485,9
Análise de Orsat (%vol.)		
O ₂	20,2	20,0
CO ₂	0,2	0,2

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA F

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA			
Parâmetro	30/10/96 1ª Coleta	30/10/96 2ª Coleta	31/10/96 3ª Coleta
Temperatura (°C)	128,2	129,4	131,3
Umidade (% vol.)	7,1	7,6	8,1
Velocidade (m/s)	9,0	9,2	9,1
Vazão (m ³ /h) (a)	15.884,0	16.254,0	16.077,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	9.340,9	9.477,7	9.297,5
Análise de Orsat (%vol.)			
O ₂	16,2	16,2	16,8
CO ₂	3,0	3,0	3,0

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO				
Parâmetro		30/10/96 1ª Coleta	30/10/96 2ª Coleta	31/10/96 3ª Coleta
Temperatura (°C)		188,3	193,7	181,9
Umidade (% vol.)		1,6	1,9	2,4
Velocidade (m/s)		14,4	14,6	14,0
Vazão (m ³ /h) (a)		22.835,0	23.155,0	22.190,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)		12.454,0	12.449,0	12.185,0
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	19,8	19,6	19,4
	CO ₂	0,4	0,4	0,2

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA G

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA – antes do ECP				
Parâmetro		19/06/00 1ª Coleta	19/06/00 2ª Coleta	20/06/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)		283,2	282,6	303,2
Umidade (% vol.)		7,5	8,4	9,2
Velocidade (m/s)		19,7	19,6	18,8
Vazão (m ³ /h) (a)		13.930,9	13.839,7	13.278,5
Vazão (Nm ³ /h) (b)		5.863,0	5.772,73	5.332,8
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	17,6	17,8	18,0
	CO ₂	3,0	2,8	2,6

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA – antes do ECP		
Parâmetro	20/06/00 4ª Coleta	20/06/00 5ª Coleta
Temperatura (°C)	258,0	264,0
Umidade (% vol.)	9,0	8,2
Velocidade (m/s)	18,6	17,8
Vazão (m ³ /h) (a)	13.164,7	12.610,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	5.507,0	5.486,6
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	17,2
	CO ₂	3,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA – após o ECP				
Parâmetro		19/06/00 1ª Coleta	19/06/00 2ª Coleta	20/06/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)		89,6	89,3	91,8
Umidade (% vol.)		14,8	15,2	15,3
Velocidade (m/s)		13,0	12,8	13,4
Vazão (m ³ /h) (a)		8.806,6	8.740,5	9.111,97
Vazão (Nm ³ /h) (b)		5.250,97	5.195,0	5.372,77
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	16,8	16,4	16,8
	CO ₂	4,0	4,0	3,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE QUEIMA – após o ECP		
Parâmetro	20/06/00 4ª Coleta	20/06/00 5ª Coleta
Temperatura (°C)	86,4	79,2
Umidade (% vol.)	15,0	12,9
Velocidade (m/s)	12,7	12,1
Vazão (m ³ /h) (a)	8.640,21	8.212,9
Vazão (Nm ³ /h) (b)	5.194,58	5.181,1
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	17,0
	CO ₂	3,8

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO				
Parâmetro		19/06/00 1ª Coleta	19/06/00 2ª Coleta	20/06/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)		47,6	47,6	47,2
Umidade (% vol.)		1,3	1,5	1,2
Velocidade (m/s)		5,7	5,8	5,8
Vazão (m ³ /h) (a)		2.095,8	2.135,0	2.111,2
Vazão (Nm ³ /h) (b)		1.637,4	1.664,7	1.655,7
Análise de Orsat (%vol.)	O ₂	20,8	20,8	20,8
	CO ₂	0,0	0,0	0,0

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

CHAMINÉ DA ZONA DE RESFRIAMENTO		
Parâmetro	20/06/00 4ª Coleta	20/06/00 5ª Coleta
Temperatura (°C)	47,4	42,6
Umidade (% vol.)	1,1	0,9
Velocidade (m/s)	5,8	6,6
Vazão (m ³ /h) (a)	2.128,9	2.406,9
Vazão (Nm ³ /h) (b)	1.669,4	1.910,8
Análise de	O ₂	20,8
Orsat (%vol.)	CO ₂	0,0

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA H

Parâmetro	07/08/00 1ª Coleta	07/08/00 2ª Coleta	07/08/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	186	187	184
Umidade (% vol.)	6,3	5,9	5,7
Velocidade (m/s)	18,584	18,607	18,594
Vazão (m ³ /h) (a)	33.629	33.671	33.646
Vazão (Nm ³ /h) (b)	17.554	17.650	17.769
Análise de	O ₂	16,6	18,0
Orsat (%vol.)	CO ₂	1,6	2,0

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA I

Parâmetro	08/08/00 1ª Coleta	08/08/00 2ª Coleta	08/08/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	238	239	241
Umidade (% vol.)	6,1	6,2	7,6
Velocidade (m/s)	21,4	20,9	21,3
Vazão (m ³ /h) (a)	38.757	37.838	38.597
Vazão (Nm ³ /h) (b)	18.244	17.761	17.789
Análise de	O ₂	16,5	16,5
Orsat (% vol.)	CO ₂	1,5	2,1

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA J

Parâmetro		11/08/00 1ª Coleta	11/08/00 2ª Coleta	11/08/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)		265	273	268
Umidade (% vol.)		8,1	7,6	8,2
Velocidade (m/s)		19,780	19,871	20,628
Vazão (m ³ /h) (a)		31.458	31.602	32.806
Vazão (Nm ³ /h) (b)		13.770	13.741	14.252
Análise de Orsat (% vol.)	O ₂	15,0	16,3	17,4
	CO ₂	2,3	2,7	2,8

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA L

Parâmetro		15/08/00 1ª Coleta	15/08/00 2ª Coleta	15/08/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)		258	259	258
Umidade (% vol.)		6,5	9,8	6,3
Velocidade (m/s)		19,6	19,5	19,8
Vazão (m ³ /h) (a)		35.427	35.225	35.831
Vazão (Nm ³ /h) (b)		15.970	15.301	16.191
Análise de Orsat (% vol.)	O ₂	16,8	15,1	13,5
	CO ₂	3,4	2,9	2,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA M

Parâmetro		16/08/00 1ª Coleta	16/08/00 2ª Coleta	16/08/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)		164,6	162,6	159,7
Umidade (% vol.)		6,9	9,5	7,8
Velocidade (m/s)		12,5	12,8	12,6
Vazão (m ³ /h) (a)		22.657,0	23.106,0	22855,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)		12358,0	12315,0	12491,0
Análise de Orsat (% vol.)	O ₂	16,7	16,8	16,1
	CO ₂	1,6	1,6	2,3

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA N

Parâmetro	18/08/00 1ª Coleta	18/08/00 2ª Coleta	18/08/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	276,8	284,1	288,3
Umidade (% vol.)	10,0	10,3	9,56
Velocidade (m/s)	29,7	30,3	29,6
Vazão (m ³ /h) (a)	13434,0	13683,0	13372,0
Vazão (Nm ³ /h) (b)	5636,0	5644,0	5521,0
Análise de Orsat (% vol.)	O ₂	15,6	15,4
	CO ₂	2,2	3,2

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA O

Parâmetro	21/08/00 1ª Coleta	21/08/00 2ª Coleta	22/08/00 3ª Coleta
Temperatura (°C)	225	219	212
Umidade (% vol.)	7,4	8,0	8,2
Velocidade (m/s)	16,42	15,62	15,92
Vazão (m ³ /h) (a)	16.712	15.896	16.203
Vazão (Nm ³ /h) (b)	7.957	7.608	7.850
Análise de Orsat (% vol.)	O ₂	15,9	14,2
	CO ₂	1,6	2,2

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

- INDÚSTRIA P

Parâmetro	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta
Temperatura (°C)	182	180	182
Umidade (% vol.)	9,3	9,8	8,6
Velocidade (m/s)	17,2	16,8	17,4
Vazão (m ³ /h) (a)	36.232	34.882	34.941
Vazão (Nm ³ /h) (b)	18.301	17.615	17.766
Teor de O ₂ no gases (%)	17,2	16,8	17,4

(a) nas condições da chaminé

(b) nas condições normais, (0°C e 1atm.), base seca

ANEXO II

**Decisão da Comunidade Europeia de 25 de março de 2002
(ref: 2002/272/CE)**

II

(Actos cuja publicação não é uma condição da sua aplicabilidade)

COMISSÃO

DECISÃO DA COMISSÃO

de 25 de Março de 2002

que estabelece os critérios ecológicos para a atribuição do rótulo ecológico comunitário a revestimentos duros para pavimentos

[notificada com o número C(2002) 1174]

(Texto relevante para efeitos do EEE)

(2002/272/CE)

A COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS,

Tendo em conta o Tratado que institui a Comunidade Europeia,

Tendo em conta o Regulamento (CE) n.º 1980/2000 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Julho de 2000, relativo a um sistema comunitário revisto de atribuição de rótulo ecológico ⁽¹⁾, e, nomeadamente, o seu artigo 4.º e o n.º 1 do seu artigo 6.º,

Considerando o seguinte:

- (1) O Regulamento (CE) n.º 1980/2000 prevê a possibilidade de se atribuir o rótulo ecológico a um produto com características que lhe permitam contribuir de modo significativo para a melhoria de aspectos ecológicos essenciais.
- (2) O Regulamento (CE) n.º 1980/2000 prevê o estabelecimento de critérios específicos de atribuição do rótulo ecológico por grupos de produtos.
- (3) As medidas previstas na presente decisão baseiam-se nos critérios preparados pelo Comité do Rótulo Ecológico da União Europeia, estabelecido nos termos do artigo 13.º do Regulamento (CE) n.º 1980/2000.
- (4) As medidas previstas na presente decisão estão em conformidade com o parecer do comité estabelecido nos termos do artigo 17.º do Regulamento (CE) n.º 1980/2000,

ADOPTOU A PRESENTE DECISÃO:

Artigo 1.º

Para lhe poder ser atribuído o rótulo ecológico comunitário nos termos do Regulamento (CE) n.º 1980/2000, um revestimento duro para pavimentos deve integrar-se no grupo de

produtos «revestimentos duros para pavimentos», definido no artigo 2.º, e cumprir os critérios ecológicos constantes do anexo.

Artigo 2.º

O grupo de produtos «revestimentos duros para pavimentos» compreende os seguintes produtos duros para pavimentação de interiores e/ou exteriores, destituídos de qualquer função estrutural de relevo: pedras naturais, aglomerados de pedra, lajes de betão, mosaicos, ladrilhos de cerâmica e tijolos.

Artigo 3.º

Para efeitos administrativos, o número de código atribuído ao presente grupo de produtos («revestimentos duros para pavimentos») é «021».

Artigo 4.º

A presente decisão produz efeitos entre 1 de Abril de 2002 e 31 de Março de 2006. Se, em 31 de Março de 2006, não tiverem sido adoptados critérios revistos para este grupo de produtos, a presente decisão produzirá efeitos até 31 de Março de 2007.

Artigo 5.º

Os Estados-Membros são os destinatários da presente decisão.

Feito em Bruxelas, em 25 de Março de 2002.

Pela Comissão

Margot WALLSTRÖM

Membro da Comissão

⁽¹⁾ JO L 237 de 21.9.2000, p. 1.

ANEXO

ENQUADRAMENTO

Objectivos dos critérios

Estes critérios destinam-se, em particular, a promover:

- a redução dos impactos nos habitats e recursos associados,
- a redução do consumo de energia,
- a redução das descargas de substâncias tóxicas ou de outras substâncias poluentes no meio ambiente,
- a redução da utilização de substâncias perigosas,
- a disponibilização de informação que permita ao consumidor utilizar o produto de um modo eficiente, minimizando o seu impacto ambiental global.

Os critérios são estabelecidos por forma a promover a rotulagem de revestimentos duros para pavimentos que sejam produzidos com fraco impacto ambiental.

Requisitos relativos à avaliação e à verificação

Os requisitos específicos em matéria de avaliação e verificação são indicados no âmbito de cada critério.

O grupo de produtos pode ser dividido em 2 subgrupos principais — «produtos naturais» e «produtos transformados» — e é estruturado da seguinte forma (definições CEN entre parêntesis):

Pedras naturais (CEN TC 246): Peças de material rochoso natural, incluindo mármore, granito e outras pedras naturais. Por «outras pedras naturais» entendem-se pedras naturais cujas características técnicas são, globalmente, diferentes das do mármore ou do granito, em conformidade com a definição CEN/TC 246/N.237 prEN 12670 Natural stones-Terminology. Em geral, não adquirem brilho facilmente e a sua extracção nem sempre se faz por blocos: grés, quartzito, ardósia, tufo, xisto.

O grupo «pedras transformadas» pode ser dividido entre produtos cimentados e produtos cozidos. Os produtos cimentados são os aglomerados de pedra, as lajes de betão e os mosaicos. Os produtos cozidos são os ladrilhos de cerâmica e os tijolos.

Os aglomerados de pedra são produtos industriais fabricados a partir de uma mistura de agregados, principalmente gravilha de pedra natural, com um ligante, em conformidade com a definição CEN/TC 246-229. A gravilha é normalmente composta por brita fina de mármore ou granito de pedreira e o ligante resulta de componentes artificiais, como resina poliéster não saturada ou cimento hidráulico. Este grupo inclui também as pedras artificiais e o mármore reconstituído.

As lajes de betão são produtos para pavimentação exterior obtidos por mistura de areia, brita, cimento e pigmentos e aditivos inorgânicos, por vibrocompressão, em conformidade com a definição CEN/TC 178. Este grupo inclui também os ladrilhos de betão.

Os mosaicos são elementos compactados, de forma e espessura constantes, cumprindo requisitos geométricos específicos, em conformidade com a definição CEN/TC 229. Podem ser de camada única ou de camada dupla. Os de camada única são inteiramente produzidos com granulados ou aparas de um agregado conveniente, ligados por cimento branco ou cinzento e água. Os de camada dupla são compostos por uma primeira face ou camada de revestimento (com a composição da camada única) e por uma segunda camada, a base em betão, cuja superfície não fica exposta durante a utilização normal e que pode ser parcialmente removida. Os ladrilhos de cerâmica são placas finas de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas, como feldspato e quartzo, em conformidade com a definição CEN/TC 67. São normalmente modelados por extrusão ou pressão à temperatura ambiente, seguindo-se secagem e, por fim, cozedura a temperaturas suficientes para lhes conferir as propriedades requeridas. Podem ser vidrados ou não, são incombustíveis e, geralmente, a luz não os afecta.

Os tijolos são unidades que satisfazem certos requisitos de forma e dimensão. Utilizam-se no revestimento superficial de pavimentos. São fabricados predominantemente com argila ou outros materiais, com ou sem aditivos, em conformidade com a definição CEN. O seu peso específico não deve exceder 40 kg/m².

Se houver indicação nesse sentido, um determinado subgrupo dos atrás referidos é sujeito a certos critérios específicos. Na ausência de menção especial, o critério aplica-se a todos os produtos. O apêndice técnico contém indicações sobre processos de cálculo.

Sempre que tal se justifique, poderão ser utilizados métodos de ensaio diferentes dos indicados para cada critério, desde que reconhecidos como equivalentes pelo organismo competente responsável pela avaliação dos pedidos.

Sempre que possível, os ensaios serão realizados por laboratórios devidamente credenciados ou que cumpram os requisitos gerais referidos na norma EN ISO 17025.

Sempre que tal se justifique, os organismos competentes podem requerer documentação de apoio e efectuar verificações independentes.

Recomenda-se aos organismos competentes que, no momento da avaliação dos pedidos e da verificação da conformidade com os critérios, tenham em consideração a aplicação de sistemas reconhecidos de gestão ambiental, como o EMAS ou a norma ISO 14001 (*nota: a aplicação de tais sistemas de gestão ambiental não é imperativa.*)

CRITÉRIOS

1. Extracção de matérias-primas

1.1. Gestão da extracção (só para produtos naturais)

No caso das pedras naturais, a pontuação geral da extracção é calculada como o total obtido a partir de uma matriz de 9 indicadores principais (I). A pontuação final é o somatório das pontuações individuais atribuídas a cada indicador, se necessário após multiplicação por uma ponderação correctiva (W) (sobre processos de cálculo, ver apêndice técnico — A1). As pedreiras (instalações de extracção) devem atingir uma pontuação ponderada de pelo menos 25 pontos. A pontuação relativa a cada indicador deve situar-se dentro dos limites de exclusão (se os houver).

Devem, além disso, ser observadas na totalidade as seguintes condições:

- não haver interferência com toalhas aquíferas artesianas (ver apêndice técnico — A1),
- não haver interferência com massas de água superficiais onde existam captações ou nascentes, com massas de água incluídas no registo das zonas protegidas criado por um Estado-Membro nos termos da Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água ⁽¹⁾, ou com cursos de água de caudal médio superior a 5 m³/s (ver apêndice técnico — A1),
- existir um sistema fechado de recuperação de águas residuais para evitar a dispersão de resíduos de serragem no meio ambiente e alimentar o circuito de reciclagem. A água deve ser contida nas proximidades do local da sua utilização em operações de extracção da pedra, com condução por tubos fechados até à instalação de processamento. Depois de limpa, deve ser reciclada.

Avaliação e verificação: O requerente deve fornecer o cálculo da pontuação total ponderada da extracção, bem como os dados correlatos de cada um dos nove indicadores (demonstrando, nomeadamente, que cada pontuação está dentro dos limites eventualmente indicados), em conformidade com a matriz que se segue e com as correspondentes instruções constantes do apêndice técnico — A1. Deve também apresentar documentação e/ou declarações que demonstrem o cumprimento de todos os critérios atrás referidos.

Indicador	Notas	Pontuação					
		5 (Excelente)	3 (Elevada)	1 (Suficiente)	Limite de exclusão	Ponderação relativa	
I1 Quociente de reciclagem da água	$\frac{\text{Água residual reciclada}}{\text{água total à saída do processo}} \cdot 100$ <p>Ver apêndice técnico — A3</p>	> 95	95-85	84-80	< 80	W4	
I2 Grau de simultaneidade da reabilitação	Área dedicada (frente de extracção + depósito activo)/área autorizada (m ²) [%]	< 15	15-30	31-50	> 50	W1, W2, W3	
I3 Recuperação de blocos	Blocos comerciais/material extraído (m ³) [%]	Mármore	> 40	40-30	29-20	< 20	—
		Granitos	> 50	50-40	39-30	< 30	
		Outros	> 20	20-15	14-10	< 10	

⁽¹⁾ JO L 327 de 22.12.2000, p. 1.

Indicador	Notas		Pontuação				Ponderação relativa
			5 (Excelente)	3 (Elevada)	1 (Suficiente)	Limite de exclusão	
14 Apreciação do recurso natural	Material utilizável/material extraído (m ³) [%]	Mármore	> 60	60-45	44-35	< 35	—
		Granitos	> 60	60-45	44-35	< 35	
		Outros	> 50	50-35	34-25	< 25	
15 Condições de funcionamento do equipamento	N.º total de horas de trabalho/produção anual [h/m ³]	Carregadora de rodas	< 3,5	3,5-5,5	> 5,5	—	—
		Escavadora	< 2,5	2,5-3,0	> 3,0	—	
16 Qualidade do ar	Valor-limite anual medido ao longo dos limites da zona de extracção. Partículas PM 10 suspensas (µg/Nm ³) Método de ensaio EN 12341		< 20	20-100	101-150	> 150	W1, W3
17 Qualidade da água	Sólidos em suspensão [mg/l] Método de ensaio ISO 5667-17		< 15	15-30	31-40	> 40	W1, W2, W3, W4
18 Ruído	Medido ao longo dos limites da zona de extracção [dB(A)] Método de ensaio ISO 1996/1		< 30	30-55	56-60	> 60	W1, W3
19 Impacto visual	Ver apêndice técnico — A1		0-10	> 10-20	> 20-30	> 30	W1, W3

Lista de ponderações (a utilizar somente nos casos especificados):

W1 Conservação da natureza: Se a extracção se localizar em:

- sítios notificados de importância comunitária, nos termos da Directiva 92/43/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1992, relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens ⁽¹⁾, e das subsequentes alterações,
- sítios da rede Natura 2000, compostos conjuntamente por zonas de protecção especial na acepção da Directiva 79/409/CEE do Conselho, de 2 de Abril de 1979, relativa à conservação das aves selvagens ⁽²⁾, e das subsequentes alterações, e por zonas ao abrigo da Directiva 92/43/CEE,
- ou zonas equivalentes localizadas fora da Comunidade Europeia mas abrangidas pelas correspondentes disposições da Convenção das Nações Unidas sobre a diversidade biológica (1992) ⁽³⁾,

então W1 aplica-se aos seguintes indicadores: grau de simultaneidade da reabilitação (I 2), qualidade do ar (I 6), qualidade da água (I 7), ruído (I 8) e impacto visual (I 9). Aplicam-se as mesmas regras se a extracção se localizar fora dos sítios e zonas indicados mas puder ter efeitos significativos sobre eles, quer individualmente quer em combinação com outros planos e projectos ⁽⁴⁾. A ponderação específica correspondente é 0,3.

Avaliação e verificação: O requerente (candidato à atribuição do rótulo ecológico) deve apresentar uma declaração, acompanhada de documentação pertinente, que ateste em como a zona de extracção se localiza ou é adjacente a sítios de importância comunitária na acepção das Directivas 92/43/CEE e 79/409/CEE, conforme explicitação *supra*. Os sítios que compõem zonas da rede Natura 2000 são discriminados e constam de mapas elaborados pelos Estados-Membros. Para áreas fora da Comunidade Europeia, o requerente deve apresentar uma declaração, acompanhada de documentação pertinente, que ateste em como a zona de extracção se localiza ou é adjacente a zonas protegidas, nos termos da Convenção das Nações Unidas sobre a diversidade biológica.

⁽¹⁾ JO L 206 de 22.7.1992, p. 7.

⁽²⁾ JO L 103 de 25.4.1979, (edição especial portuguesa: capítulo 15, fascículo 2, p. 125).

⁽³⁾ JO L 309 de 13.12.1993, p. 1.

⁽⁴⁾ JO L 206, de 22.7.1992, p. 7 (em especial, artigo 6.º).

- W2 Protecção dos solos: para os indicadores grau de simultaneidade da reabilitação (I 2) e qualidade da água (I 7), consideram-se três valores diferentes de ponderação, em função das potencialidades de afectação das terras (ver apêndice técnico — A1):

Protecção dos solos	Classes I-II	Classes III-IV-V	Classes VI-VII-VIII
Ponderação	0,3	0,5	0,8

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação pertinente, incluindo um mapa, sobre a classificação da pedreira em termos de capacidade de afectação dos solos.

- W3 Densidade populacional de aglomerados situados num raio de 5 km do local de extracção: os indicadores grau de simultaneidade da reabilitação (I 2), qualidade do ar (I 6), qualidade da água (I 7), ruído (I 8) e impacto visual (I 9) são ponderados em função de três intervalos de densidade:

Densidade populacional	> 100 hab/km ²	20-100 hab/km ³	< 20 hab/km ³
Ponderação	0,5 (0,6)	0,7 (0,84)	0,9

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar um mapa e documentação que permitam verificar a densidade populacional de aglomerados situados num raio de 5 km a partir dos limites do local de extracção (área autorizada). No caso de pedreiras existentes e de aglomerados em expansão na zona em causa, utiliza-se o factor de ponderação indicado entre parêntesis. Este não é aplicável a grandes ampliações (> 75 %) da área dessas pedreiras já autorizada.

- W4 Se a extracção interferir com massas de água superficiais (caudal médio < 5 m³/s), a ponderação será de 0,5 para os indicadores quociente de reciclagem da água (I 1) e qualidade da água (I 7).

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação que indique se há ou não interferência entre a pedreira e a massa de água superficial.

1.2. Gestão da extracção (só para produtos transformados)

As matérias-primas utilizadas na produção de revestimentos duros transformados para pavimentos devem cumprir os seguintes requisitos aplicáveis às actividades correlatas de extracção:

Parâmetro	Requisito
Projecto da actividade de extracção e recuperação ambiental	Relatório técnico, incluindo uma declaração do requerente, a demonstrar que a actividade de extracção e a recuperação ambiental cumprem inteiramente a Directiva 92/43/CEE (habitats), a Directiva 79/409/CEE (aves) e as respectivas alterações. Em zonas localizadas fora da Comunidade Europeia, é necessário um relatório técnico similar, a demonstrar conformidade com a Convenção da ONU sobre a diversidade biológica (1992) e conhecimento da estratégia e de eventuais planos de acção no domínio da biodiversidade, a nível nacional.
Impacto visual Ver apêndice técnico — A1	X % ≤ 30

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar os correspondentes dados e documentos, incluindo um mapa da zona.

2. Selecção de matérias-primas (para todos os produtos de revestimento de pavimentos)

Não podem ser adicionadas às matérias-primas substâncias ou preparações às quais, no momento da apresentação do pedido de atribuição do rótulo ecológico, tenham sido ou possam vir a ser atribuídas algumas das seguintes frases de risco (ou suas combinações):

R45 (pode causar o cancro),

R46 (pode causar alterações genéticas hereditárias),

- R50 (muito tóxico para os organismos aquáticos),
 R51 (tóxico para os organismos aquáticos),
 R52 (nocivo para os organismos aquáticos),
 R53 (pode causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático),
 R60 (pode comprometer a fertilidade),
 R61 (risco durante a gravidez, com efeitos adversos na descendência),

em conformidade com a Directiva 67/548/CEE do Conselho, de 27 de Junho de 1967, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas respeitantes à classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas ⁽¹⁾,

e suas subsequentes alterações.

Dadas as vantagens ambientais da reciclagem dos materiais, estes critérios não se aplicam à quota de materiais reciclados em circuito fechado (*closed-loop*), utilizados no processo e correspondentes à definição que consta do apêndice técnico — A2.

Se nos aditivos se utilizar chumbo, cádmio ou antimónio (ou qualquer dos seus componentes), os respectivos teores não excederão os seguintes limites específicos:

Parâmetro	Limite [% em peso da composição]
Chumbo	0,5
Cádmio	0,1
Antimónio	0,25

As matérias-primas para produtos quer naturais quer transformados não podem conter amianto.

A utilização de resinas de poliéster na produção será limitada a 10 % do peso total das matérias-primas.

Avaliação e verificação: Em termos de análise química e mineralógica, o requerente deve fornecer a fórmula das matérias-primas, juntamente com uma declaração de cumprimento dos critérios *supra*.

3. Operações de acabamento (só para produtos naturais)

As operações de acabamento em produtos naturais devem cumprir os seguintes requisitos:

Parâmetro	Limite	Método de ensaio
Emissão de partículas para a atmosfera	PM10 < 150 µg/Nm ³	EN 12341
Emissão de estireno para a atmosfera	< 210 mg/Nm ³	
Quociente de reciclagem da água	Quociente de reciclagem = $\frac{\text{água residual reciclada}}{\text{água total à saída do processo}} \cdot 100 \geq 90 \%$	Apêndice técnico — A3
Emissão de sólidos em suspensão para a água	< 40 mg/l	ISO 5667-17
Emissão de Cd para a água	< 0,015 mg/l	ISO 8288
Emissão de Cr(VI) para a água	< 0,15 mg/l	ISO 11083
Emissão de Fe para a água	< 1,5 mg/l	ISO 6332
Emissão de Pb para a água	< 0,15 mg/l	ISO 8288

⁽¹⁾ JO L 196 de 16.8.1967, p. 1 (edição especial portuguesa: capítulo 13, fascículo 1, p. 50).

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar os correspondentes relatórios de análise e ensaio para cada parâmetro medido em todos os pontos de emissão. Na falta de referência a um método de ensaio específico, ou se a referência disser respeito a verificação ou monitorização, os organismos competentes devem basear-se, conforme o caso, em declarações e documentos fornecidos pelo requerente e/ou em verificações independentes.

4. Processo de produção (só para produtos transformados)

4.1. Consumo de energia

O consumo de energia será calculado como consumo de energia de processamento (PER) para aglomerados de pedra e mosaicos ou como consumo de energia de cozedura (ERF) para ladrilhos de cerâmica e tijolos. Nota: todos os limites são expressos em MJ por metro quadrado do produto final pronto para venda. Este critério não se aplica às lajes de betão nem à fase de cozedura destinada a decoração.

A. Limite aplicável ao consumo de energia de processamento (PER)

O consumo de energia (PER) para os processos de fabrico de aglomerados de pedra e mosaicos deve cumprir os seguintes limites:

	Limite [MJ/m ²]	Método de ensaio
Aglomerados de pedra	100	Apêndice técnico — A4
Mosaicos	60	Apêndice técnico — A4

Avaliação e verificação: O requerente deve calcular o PER em conformidade com o disposto no apêndice técnico — A4 e fornecer os correspondentes resultados e documentos de apoio.

B. Limite aplicável ao consumo de energia de cozedura (ERF)

O consumo de energia (ERF) nas fases de cozedura de ladrilhos de cerâmica e tijolos deve cumprir os seguintes limites:

	Limite [MJ/m ²]	Método de ensaio
Ladrilhos de cerâmica (peso específico ≤ 19 kg/m ²)	50	Apêndice técnico — A4
Ladrilhos de cerâmica (peso específico > 19 kg/m ²)	70	Apêndice técnico — A4
Tijolos (peso específico ≤ 40 kg/m ²)	60	Apêndice técnico — A4

Avaliação e verificação: O requerente deve calcular o ERF em conformidade com o disposto no apêndice técnico-A4 e fornecer os correspondentes resultados e documentos de apoio.

4.2. Utilização de água

A água residual resultante dos processos que fazem parte da cadeia de produção deve atingir um quociente de reciclagem de pelo menos 90 %. Este parâmetro será calculado como o quociente entre a água residual reciclada, interna ou externamente, na instalação, e a água total à saída do processo, em conformidade com a definição constante do apêndice técnico — A3.

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar o cálculo do quociente de reciclagem, incluindo dados em bruto sobre a água residual total produzida, a água reciclada e a quantidade e origem da água virgem utilizada no processo.

4.3. Emissões para a atmosfera

Aglomerados de pedra

Na totalidade do processo de fabrico, as emissões para a atmosfera relativas aos parâmetros que se seguem não poderão exceder:

Parâmetro	Limite [mg/m ²]	Método de ensaio
Partículas	300	ISO 9096
NO _x	1 200	ISO 11564
SO ₂	850	ISO 7935
Estireno	2 000	—

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação e relatórios de ensaio para cada um dos parâmetros de emissão *supra*, em conformidade com o disposto no apêndice técnico — A5. Na falta de referência a um método de ensaio específico, ou se a referência disser respeito a verificação ou monitorização, os organismos competentes devem basear-se, conforme o caso, em declarações e documentos fornecidos pelo requerente e/ou em verificações independentes.

Ladrilhos de cerâmica

As emissões totais de partículas para a atmosfera, no âmbito de operações de pressão, vidragem e secagem por pulverizador («emissões frias»), não poderão exceder 5 g/m².

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação e relatórios de ensaio, em conformidade com o disposto no apêndice técnico — A5.

As emissões para a atmosfera durante apenas a fase de cozedura não poderão exceder:

Parâmetro	Limite [mg/m ²]	Método de ensaio
Partículas	200	ISO 9096
F	200	ISO/CD 15713
NO _x	2 500	ISO 11564
SO ₂	1 500	ISO 7935

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação e relatórios de ensaio para cada um dos parâmetros de emissão *supra*, em conformidade com o disposto no apêndice técnico — A5.

Tijolos

Durante a fase de cozedura dos tijolos, as emissões para a atmosfera relativas aos parâmetros que se seguem não poderão exceder:

Parâmetro	Limite [mg/m ²]	Método de ensaio
Partículas	250	ISO 9096
F	200	ISO/CD 15713
NO _x	3 000	ISO 11564
SO ₂	2 000	ISO 7935

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação e relatórios de ensaio para cada um dos parâmetros de emissão *supra*, em conformidade com o disposto no apêndice técnico — A5.

Mosaicos e lajes de betão

Na totalidade do processo de fabrico, as emissões para a atmosfera relativas aos parâmetros que se seguem não poderão exceder:

Parâmetro	Limite [mg/m ²]	Método de ensaio
Partículas	300	ISO 9096
NO _x	2 000	ISO 11564
SO ₂	1 500	ISO 7935

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação e relatórios de ensaio para cada um dos parâmetros de emissão *supra*, em conformidade com o disposto no apêndice técnico — A5.

4.4. Emissões para a água

No final do processo de tratamento da água residual, no local ou fora do local, os parâmetros que se seguem não poderão exceder os limites indicados:

Emissão de sólidos em suspensão para a água	40 mg/l	ISO 5667-17
Emissão de Cd para a água	0,015 mg/l	ISO 8288
Emissão de Cr(VI) para a água	0,15 mg/l	ISO 11083
Emissão de Fe para a água	1,5 mg/l	ISO 6332
Emissão de Pb para a água	0,15 mg/l	ISO 8288

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação e relatórios de ensaio que comprovem o cumprimento deste critério.

4.5. Cimento

A utilização de matérias-primas para a produção de cimento deve ser consistente com os requisitos de gestão da extracção para produtos transformados (critério 1.2).

Para os produtos em cujo processo de produção se utilize cimento deve apresentar-se a seguinte informação:

- O cimento incorporado em qualquer produto deve ser produzido mediante um consumo de energia de processamento (PER) não superior a 3 800 MJ/t, calculado em conformidade com o apêndice técnico — A4.
- Na produção do cimento incorporado em qualquer produto, devem ser respeitados os seguintes limites de emissão para a atmosfera:

Parâmetro	Limite [g/t]	Método de ensaio
Poeiras	65	ISO 9096
SO ₂	350	ISO 11632
NO _x	900	ISO 11564

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar os relatórios de ensaio e documentação relativos ao PER e às emissões para a atmosfera decorrentes da produção do cimento.

5. Gestão de resíduos

Todas as instalações envolvidas na produção do produto devem dispor de um sistema para o tratamento de resíduos e produtos residuais gerados pelo processo. O sistema deve ser documentado e explicado no pedido de atribuição do rótulo e incluir informação sobre, pelo menos, os seguintes aspectos:

- procedimentos para triagem e utilização de materiais recicláveis dos fluxos de resíduos,
- procedimentos para recuperação de materiais para outras utilizações,
- procedimentos para tratamento e eliminação de resíduos perigosos.

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação pertinente.

5.1. Recuperação de resíduos (só para produtos transformados)

Devem ser recuperados pelo menos 70 % (em peso) do total de resíduos gerados pelo processo ou processos, em conformidade com as disposições gerais e definições estabelecidas pela Directiva 91/156/CEE do Conselho, de 18 de Março de 1991, que altera a Directiva 75/442/CEE, relativa aos resíduos ⁽¹⁾.

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar documentação pertinente, baseada, por exemplo, em folhas de balanço e/ou em sistemas de contabilidade ambiental que indiquem as taxas de recuperação alcançadas quer externa quer internamente, por meio de reciclagem, reutilização, recuperação/regeneração, etc.

6. Fase de utilização

6.1. Libertação de substâncias perigosas (só para ladrilhos vidrados)

A fim de controlar a libertação potencial de substâncias perigosas durante a fase de utilização e no final da sua vida útil, os ladrilhos vidrados serão verificados em conformidade com o ensaio EN ISO 10545-15. Não devem ser ultrapassados os seguintes limites:

Parâmetro	Limite [mg/m ²]	Método de ensaio
Pb	80	ISO 10545-15
Cd	7	ISO 10545-15

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar uma análise e relatórios de ensaio relativos aos parâmetros de emissão *supra*, incluindo uma declaração de conformidade do produto com os requisitos da Directiva 89/106/CEE do Conselho, de 21 de Dezembro de 1988, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros no que respeita aos produtos de construção ⁽²⁾, e com as pertinentes normas harmonizadas criadas pelo CEN, uma vez publicadas no *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*.

7. Aptidão para a utilização

O produto deve ser apto para utilização. As provas podem incluir dados obtidos através dos pertinentes métodos de ensaio ISO, CEN ou equivalentes, como processos de ensaio nacionais ou criados pela própria instalação.

Avaliação e verificação: Devem ser fornecidos elementos circunstanciados sobre os processos e resultados de ensaio, juntamente com uma declaração em como o produto é apto para uso, com base em toda a restante informação acerca da melhor aplicação por parte do utilizador final. Nos termos da Directiva 89/106/CEE, presume-se que um produto está apto para ser utilizado se estiver conforme com uma norma harmonizada, uma aprovação técnica europeia ou uma especificação técnica não harmonizada reconhecida a nível comunitário. A marca «CE» de conformidade para os produtos de construção confere aos produtores um atestado de conformidade facilmente reconhecível e pode ser considerada suficiente neste contexto.

8. Informação ao consumidor

O produto deve ser comercializado com a necessária informação ao consumidor, instruindo sobre a melhor e mais adequada utilização geral e técnica do produto e sobre a sua manutenção. Deve incluir os seguintes elementos relativos à embalagem e/ou à literatura que o acompanha:

- Informação de que ao produto foi atribuído o rótulo ecológico comunitário, com uma breve explicação acerca do significado deste, em complemento à informação geral prestada pela caixa 2 do logotipo;
- Recomendações relativas à utilização e à manutenção do produto. Nesta informação devem ser realçadas todas as instruções particularmente referentes a manutenção e utilização de produtos para exteriores. Conforme se justifique, deve ser feita referência às características da utilização do produto em adversas condições climáticas ou outras, como por exemplo resistência ao gelo/absorção da água, resistência à corrosão, resistência a produtos químicos, necessidade de preparação da superfície inferior, instruções de limpeza, tipos recomendados de agentes de limpeza, intervalos de limpeza. A informação deve também incluir qualquer indicação possível sobre a potencial duração da vida útil do produto em termos técnicos, expressa como um valor médio ou como um intervalo;
- Indicação do circuito de reciclagem ou eliminação (explicação destinada a informar o consumidor sobre a qualidade eventualmente elevada do produto);
- Informação sobre o rótulo ecológico comunitário e grupos de produtos correlatos, incluindo o seguinte texto (ou equivalente): «Para mais informações, consultar o sítio internet do rótulo ecológico comunitário: <http://europa.eu.int/ecolabel>».

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar uma amostra da embalagem e/ou a literatura inclusa.

⁽¹⁾ JO L 78 de 26.3.1991, p. 32.

⁽²⁾ JO L 40 de 11.2.1989, p. 12.

9. Informações que figuram no rótulo ecológico

A caixa 2 do rótulo ecológico deve incluir o seguinte texto:

Produtos naturais:

- reduzido impacto da extracção nos habitats e nos recursos naturais,
- emissão limitada no contexto de operações de acabamento,
- melhoria da informação ao consumidor e do tratamento de resíduos.

Produtos transformados:

- reduzido consumo de energia nos processos de produção,
- emissões limitadas para o meio aquático e para a atmosfera,
- melhoria da informação ao consumidor e do tratamento de resíduos.

Avaliação e verificação: O requerente deve apresentar uma amostra da embalagem e/ou a literatura inclusa.

APÊNDICE TÉCNICO

O requerente deve apresentar toda a informação exigível, calculada, medida ou ensaiada em relação ao período imediatamente anterior à apresentação do pedido. As medições devem ser representativas das respectivas séries de ensaio e apresentar a devida consistência em relação à totalidade das peças que compõem o pedido.

A1 Extracção de matérias-primas — Definição de indicadores e ponderações

Toalhas aquíferas artesanais

O termo «toalha aquífera artesiana» identifica uma toalha aquífera sob pressão e limitada por camadas impermeáveis.

Caudal médio das massas de água superficiais

O caudal médio do curso de água que interfere com a pedreira é calculado tendo em conta a área autorizada da pedreira em causa. O cálculo consiste em multiplicar a secção do curso de água pela velocidade da água. Os valores devem ser representativos de pelo menos 12 meses.

Descrição dos indicadores

I 1 Quociente de reciclagem da água

Ver A3.

I 2 Grau de simultaneidade da reabilitação

O cálculo do indicador I 2 consiste na medição da área comprometida (a qual inclui a frente de desmonte e as áreas de depósito activo) e da área autorizada. Estas áreas devem ser medidas durante as actividades normais de funcionamento.

I 3 Recuperação de blocos

O cálculo do indicador I 3 consiste na avaliação dos blocos comerciais e do volume total escavado anualmente. O termo «blocos comerciais» (de acordo com a definição constante de CEN/TC 246/N.237 prEN 12670 «*Natural stones — Terminology*») refere-se ao material pétreo utilizável que consiste em rocha de pedreira passível de transformação em lajes ou outros produtos de construção.

I 4 Apreciação dos recursos naturais

O cálculo do indicador I 4 consiste na avaliação do material utilizável e do volume total extraído anualmente. O termo «material utilizável» refere-se ao volume total não destinado a rejeição (isto é, a depósito), como, por exemplo blocos comerciais, agregados e tudo o que seja passível de transformação e utilização.

I 5 Condições de funcionamento do equipamento

O cálculo do indicador I 5 consiste na avaliação do número total de horas de trabalho de uma máquina em actividades de produção, dividido pela produção anual (m³) do material utilizável. O termo «material utilizável» refere-se ao volume total não destinado a rejeição, como por exemplo blocos comerciais, agregados e tudo o que seja passível de aproveitamento. Se na pedreira estiverem presentes mais de uma escavadora ou carregadora de rodas, o número de horas de trabalho que se considera é o mais elevado.

I 6 Qualidade do ar

Este indicador é referido na Directiva 1999/30/CE do Conselho, de 22 de Abril de 1999, relativa a valores-limite para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão e chumbo no ar ambiente (1). O cálculo de I 6 consiste em medir, ao longo dos limites da instalação de extracção, partículas PM 10 em suspensão, com base nos requisitos específicos do método de ensaio e nas disposições gerais da directiva (cujo artigo 2.º contém, no n.º 11, a definição de partículas PM 10). O método de ensaio é definido na norma EN 12341.

I 7 Qualidade da água

Este indicador considera as emissões totais de sólidos em suspensão, após tratamento, na água superficial que sai da extracção. O cálculo de I 7 consiste em medir o total de sólidos em suspensão, pelo método de ensaio referido na norma ISO 5667-17.

I 8 Ruído

Este indicador considera o nível de ruído registado ao longo dos limites da zona de extracção (ou pedreira). Os ruídos não impulsivos devem ser igualmente medidos. O cálculo de I 8 consiste em medir o ruído pelo método de ensaio referido na norma ISO 1996-1.

I 9 Impacto visual

O cálculo do impacto visual baseia-se no traçado de secções transversais passando pela frente de desmorte e outros «pontos de visão» externos, com importância para determinar o impacto visual (por exemplo, aglomerados populacionais vizinhos, locais frequentados, eixos viários importantes, etc.). A pontuação final, medida em percentagem, obtém-se pelo valor mais elevado de entre os valores calculados (método do «caso mais desfavorável»). Ao organismo competente deve ser enviada uma breve explicação do «ponto de visão» por fim escolhido. A partir de cada ponto de visão (P), traça-se o «raio de fundo», tangente à superfície topográfica e interceptando o ponto inferior da «área visível da pedreira». A área visível da pedreira é tomada como a área visível onde se efectua a escavação ou onde existe um depósito activo. As áreas já rehabilitadas (tanto nas frentes de desmorte como nos depósitos) não têm de ser tidas em consideração. A partir do mesmo ponto de visão, traça-se um segundo raio (designado «raio de topo»), interceptando o ponto mais elevado da frente de desmorte. Os raios de topo e de fundo permitem identificar na secção da pedreira os limites da frente visível em altura (distância vertical entre os dois raios sobre a frente). O cálculo pode ser feito com base no projecto da extracção. Estes dados geométricos são lançados na seguinte fórmula, e o resultado é o quociente de impacto visual da pedreira que afecta um determinado ponto de visão:

$$x \% = \frac{h^2}{(L \tan 30^\circ)^2} \cdot 100$$

em que (figura A1):

h = altura vertical da frente visível a partir do ponto de visão P (em metros)

L = distância horizontal entre o P mais desfavorável e a frente (em metros)

$\tan 30^\circ$ = tangente do ângulo médio do cone da visão humana

x % = impacto visual (em percentagem)

O termo h^2 representa a superfície de base do cone de visibilidade da pedreira e o termo $(L \tan 30^\circ)^2$ representa a superfície de base do cone médio da visão humana.

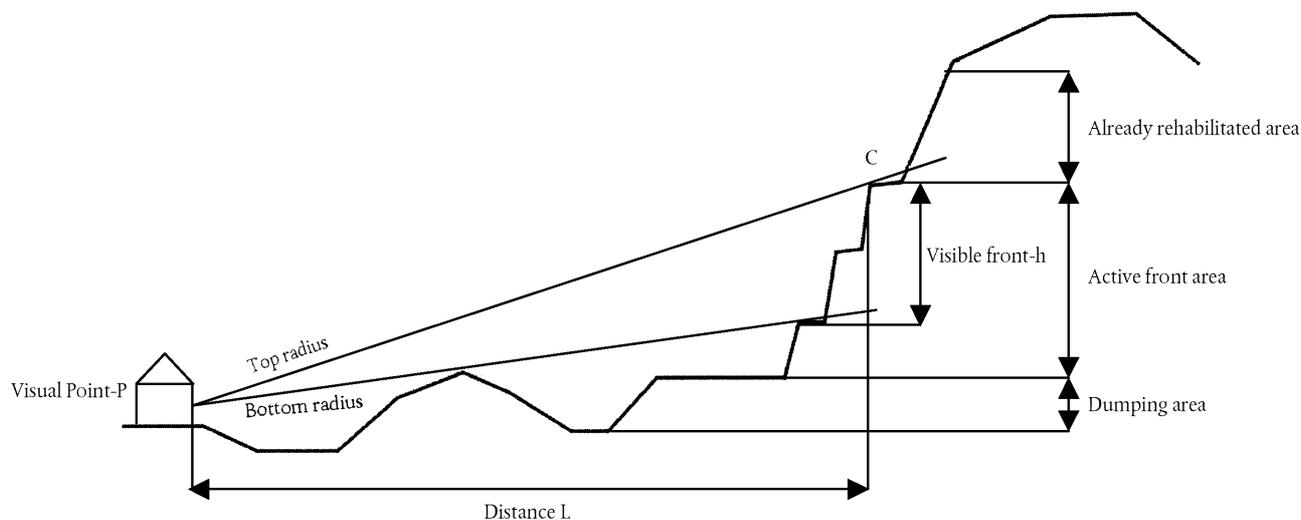


Figura A1: Definição gráfica do indicador «impacto visual»

(1) JO L 163 de 29.6.1999, p. 41.

Legenda:

Visual point	=	Ponto de visão
Top radius	=	Raio de topo
Bottom radius	=	Raio de fundo
Distance	=	Distância
Visible front	=	Frente visível
Already rehabilitated area	=	Área já reabilitada
Active front area	=	Frente de desmonte em actividade
Dumping area	=	Área de depósito

Para calcular a pontuação, considera-se o valor mais elevado de entre os valores obtidos.

*Descrição dos factores de ponderação***W2 Protecção do solo/Classificação da capacidade de afectação dos solos**

Segundo o European Soil Bureau, os solos são divididos em oito classes, consoante as suas potencialidades e o seu grau de limitação para o aproveitamento agrícola. A título indicativo, podemos caracterizar essas classes do seguinte modo:

- Classe I: solos com limitações ligeiras ao seu aproveitamento.
- Classe II: solos com limitações moderadas que reduzem a escolha de plantas ou requerem práticas de conservação moderadas.
- Classe III: solos com limitações severas que reduzem a escolha de plantas e/ou requerem práticas de conservação especiais.
- Classe IV: solos com limitações severas que restringem a escolha de plantas e/ou requerem uma gestão muito cuidada.
- Classe V: solos com pouco ou nenhum risco de erosão mas com outras limitações, de eliminação inviável, que limitam o seu aproveitamento sobretudo a pasto, pastagem natural, floresta ou alimentação e abrigo para a fauna selvagem.
- Classe VI: solos com limitações severas que os tornam genericamente inadequados para a agricultura e que limitam o seu aproveitamento sobretudo a pasto, pastagem natural, floresta ou alimentação e abrigo para a fauna selvagem.
- Classe VII: solos com limitações muito severas que os tornam inadequados para a agricultura e que limitam o seu aproveitamento sobretudo a pasto, floresta ou fauna selvagem.
- Classe VIII: solos e áreas mistas com limitações que excluem o seu aproveitamento para produção comercial de plantas e o limitam a actividades de recreio, fauna selvagem, abastecimento de água ou fins estéticos.

A2 Selecção de matérias-primas

Define-se material reciclado em *closed loop* (circuito fechado) como o material extraído no âmbito do sistema de produção e devolvido ao mesmo sistema, após um tratamento de reciclagem.

A3 Quociente de reciclagem da água

O cálculo do quociente de reciclagem da água deve obedecer à seguinte fórmula, tomando como referência os fluxos assinalados na figura A2:

$$\text{Quociente de reciclagem} = \frac{\text{Água residual reciclada}}{\text{Água total à saída processo}} \cdot 100 = \frac{R}{W1} \cdot 100$$

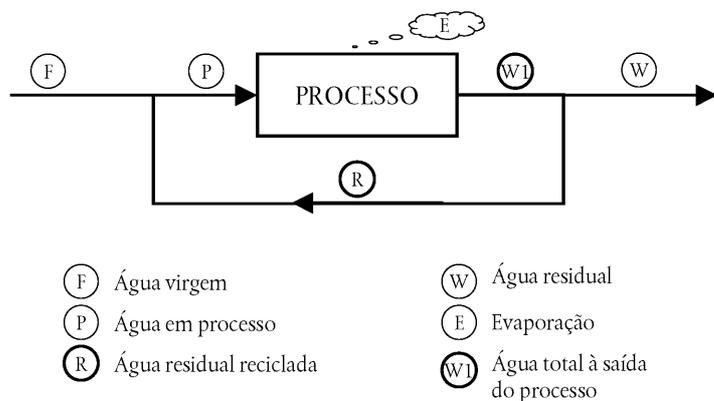


Figura A2: Esquema do fluxo da água, a utilizar no cálculo do quociente de reciclagem da água ⁽¹⁾

A4 Cálculo do consumo de energia (PER, ERF)

Na formulação de um cálculo do consumo de energia de processamento (PER) ou do consumo de energia de cozedura (ERF), devem ser tidos em conta os vectores energéticos correctos para toda a instalação ou apenas para a fase de cozedura. Utiliza-se o poder calorífico superior dos combustíveis para converter as unidades de energia em MJ [quadro A1]. Se se recorrer a outros combustíveis, deve mencionar-se o poder calorífico utilizado. Por energia eléctrica entendem-se entradas líquidas de energia proveniente da rede e produção interna de electricidade sob a forma de energia eléctrica.

A avaliação do PER para a produção de aglomerados de pedra deve considerar todos os fluxos de energia que entram na instalação sob a forma quer de combustíveis quer de electricidade.

A avaliação do PER para a produção de mosaicos deve considerar todos os fluxos de energia que entram na instalação sob a forma quer de combustíveis quer de electricidade.

A avaliação do ERF para a produção de ladrilhos de cerâmica deve considerar todos os fluxos de energia que entram na totalidade das estufas sob a forma de combustíveis para a fase de cozedura.

A avaliação do ERF para a produção de tijolos deve considerar todos os fluxos de energia que entram na totalidade das estufas sob a forma de combustíveis para a fase de cozedura.

A avaliação do PER para a produção de cimento deve considerar todos os fluxos de energia que entram no sistema de produção sob a forma quer de combustíveis quer de electricidade.

Quadro 1: Tabela para o cálculo do PER ou do ERF (explicação no texto)

Período de produção	Dia	De	Até	
Quantidade (tons ou m ³)				
Combustível	Quantidade	Unidades	Factor de conversão	Energia [MJ]
Gás natural		kg	54,1	
Gás natural		Nm ³	38,8	
Propano		kg	50,0	
Butano		kg	49,3	

⁽¹⁾ W representa a água residual descarregada para o meio ambiente.

Período de produção	Dia	De	Até	
Quantidade (tons ou m ³)				
Combustível	Quantidade	Unidades	Factor de conversão	Energia [MJ]
Querosene		kg	46,5	
Gasolina		kg	52,7	
Combustível para motores diesel		kg	44,6	
Gasóleo		kg	45,2	
Fuelóleo pesado		kg	42,7	
Magros		kg	30,6	
Antracite		kg	29,7	
Carvão vegetal		kg	33,7	
Coque industrial		kg	27,9	
Electricidade		kWh	3,6	
Energia total				
Consumo específico de energia [MJ/quantidade] ⁽¹⁾				

⁽¹⁾ Dividir «Energia total» (em sombreado) por «Quantidade» (em sombreado).

A5 Emissões para a atmosfera (só para produtos transformados)

Os factores de emissão de poluentes atmosféricos são calculados do seguinte modo:

1. Para cada um dos parâmetros considerados nos quadros, calcula-se a respectiva concentração no gás de exaustão emitido para o meio ambiente.
2. As medições utilizadas no cálculo seguem os métodos de ensaio indicados nos quadros.
3. As amostras devem ser representativas da produção considerada.