

# Uso de resíduos perigosos na fabricação do cimento

\* Elio Lopes dos Santos

**Resumo:** O uso em fábrica de cimento, de resíduos de origem orgânica ou inorgânica, está estabelecido na Resolução CONAMA N.º 264 de 26 de agosto de 1999 (anexo). Os Órgãos Ambientais Estaduais, oficialmente, expedem certificados regularizando o envio de resíduos industriais perigosos para queima ou incorporação no processo de produção de cimento.

No caso do Estado de São Paulo, a CETESB proíbe a incorporação de catalisadores nos fornos das cimenteiras que operam no Estados de São Paulo. Todavia, permite o seu envio para as fábricas de cimento, existentes em outros estados, desde que tenham anuência do Órgão Ambiental do estado receptor.

Convém ressaltar, que embora seja uma técnica largamente empregada nos Estados Unidos e Europa, também é muito contestada nesses países e, não existe no Brasil, estudos técnico-científicos visando as implicações ambientais em relação às concentrações desses poluentes no cimento, em especial metais pesados, incorporados ao produto final e as implicações decorrentes do manuseio pelo trabalhador da construção civil, cujo contato com o cimento é inerente à sua profissão.

**Palavras Chave:** poluição, poluentes, cimenteiras, resíduos perigosos, incineração.

## **1 – Descrição do processo**

### **1.1- Histórico**

O conhecimento do cimento existe desde a antiguidade, tendo na construção das pirâmides um clássico exemplo do seu uso pelos Egípcios. Os povos Gregos e os Romanos utilizavam tufo vulcânico misturado à cal na formulação do cimento que até hoje ainda mantém em pé diversos tipos de construções.

Em 1824, um inglês, Joseph Aspdin, patenteou um cimento artificial formulado a partir da calcinação de calcário argiloso, o qual foi chamado de Portland, devido ao concreto que se obtinha com esse cimento, assemelhar-se a uma famosa pedra de construção proveniente da Ilha de Portland, nas vizinhanças da Inglaterra.

Esse fato marcou o início da indústria do cimento Portland, conforme a conhecemos. O clínquer resultante da queima de uma mistura de argila e calcário ou de materiais semelhantes é a sua matéria prima, sendo conhecido como cimento Portland para se distinguir do cimento natural, da pozolana ou de outros cimentos.

### **1.2 – Processo de fabricação**

Embora existam vários tipos de cimento, o mais utilizado e conhecido comercialmente é o Portland, cuja formulação é realizada a partir das seguintes matérias primas: Rocha de cimento, calcário, marga, argila e folhelho, escória de alto forno, gesso, areia e arenito e materiais ferrosos. Existem dois processos de produção de cimento: o processo seco e o processo úmido, conforme indicado no diagrama seguinte.

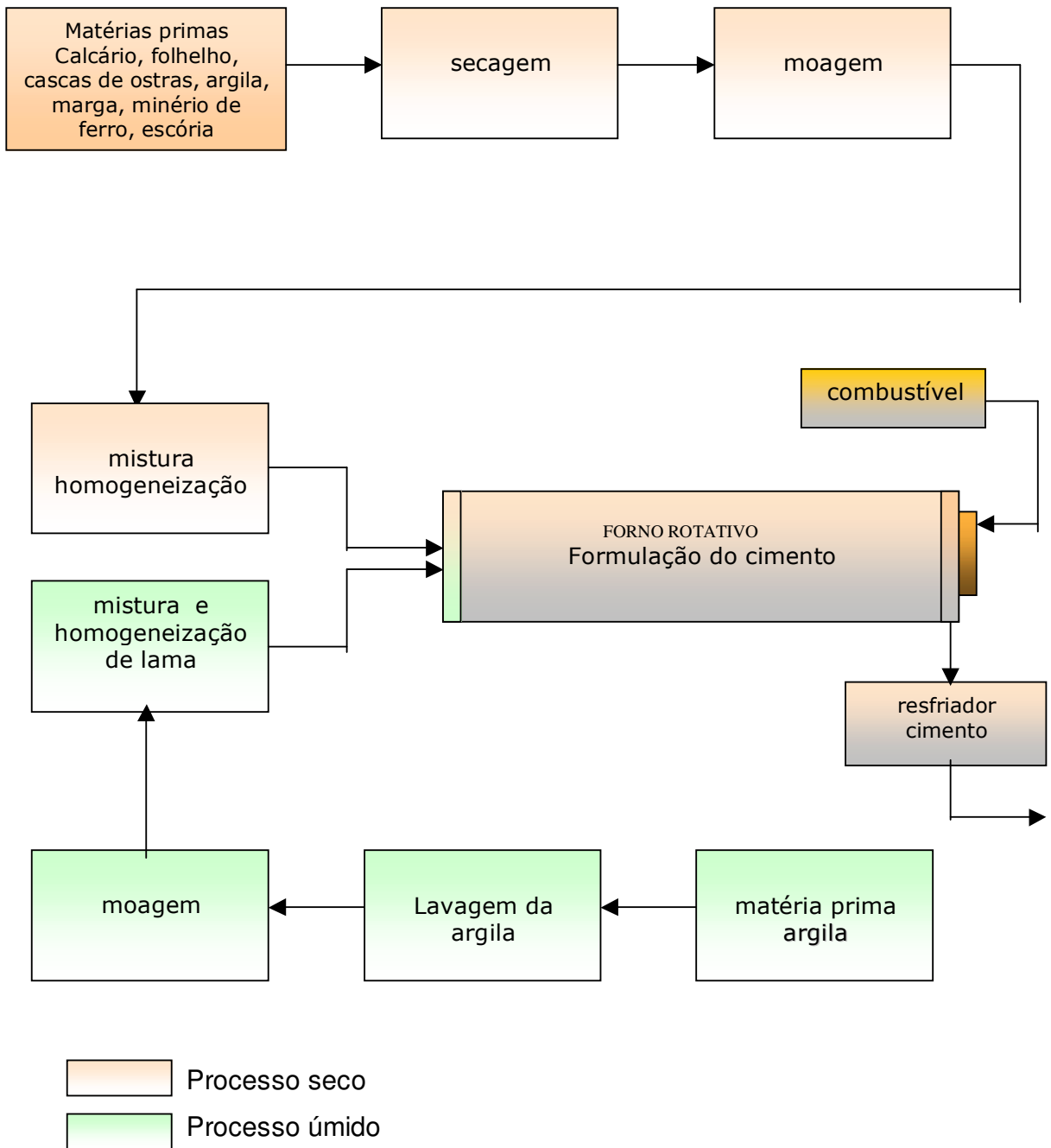


FIGURA 1 - Diagrama de blocos de uma Unidade de produção de cimento: linhas de produção à seco e úmido, sem adição de resíduos perigosos.

Aonde entra o resíduo perigoso na fabricação do cimento?

1 - Os resíduos perigosos entram como combustível. Esse procedimento embora criticado por gerar poluentes tóxicos, ainda assim tem uso justificado como matriz energética, substituindo ou se incorporando ao óleo combustível no processo de aquecimento do forno rotativo.

2 – Já os resíduos inorgânicos (em especial catalisadores), compostos de metais pesados, não têm qualquer conotação com a matriz energética, apenas são incorporados ao cimento, transformando o forno em sumidouro, numa grotesca forma de diluição de resíduo, não justificando o seu uso como matéria prima no processo produtivo. Os metais pesados nunca são destruídos, no caso da co-incineração são incorporados na estrutura cristalina do cimento, representando, portanto, um perigo latente ao meio ambiente e à saúde do trabalhador, em especial da construção civil.

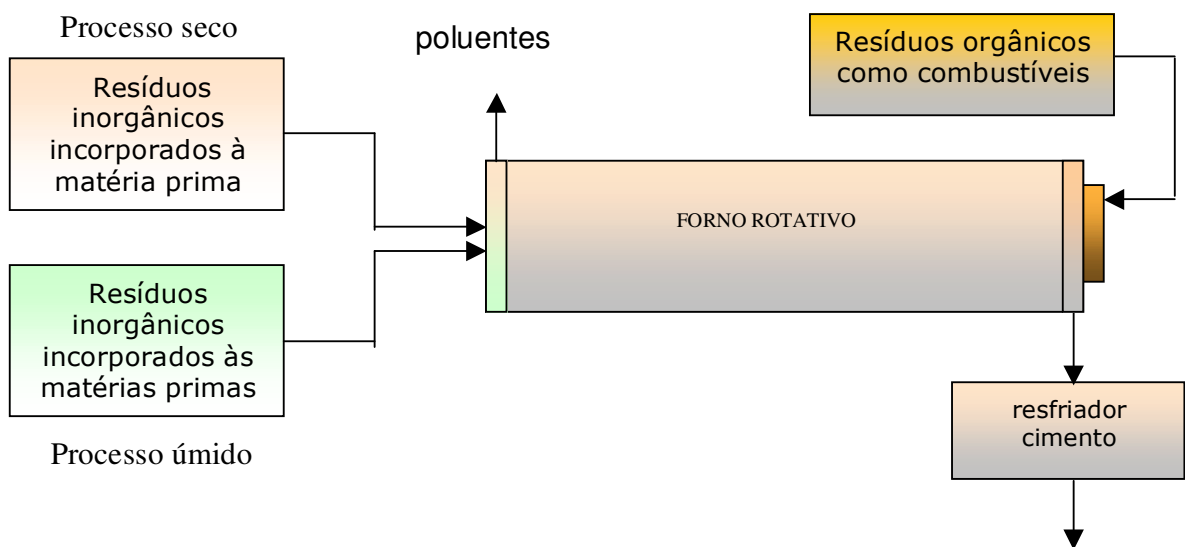


FIGURA 2 - Digrma de bloco indicando os fluxos de resíduos perigosos no processo de produção de cimento

## 2 – Discussão

A queima de resíduos perigosos gera uma enorme diversidade de compostos químicos, muitos dos quais desconhecidos ou pouco pesquisados. Praticamente não há estudos de efeitos sinérgicos desses compostos tóxicos. Problemas operacionais, sobrecargas nos equipamentos de processo, descontrole de temperatura no processo produtivo, problemas de operação e manutenção nos equipamentos de controle de poluentes e introdução de resíduos incompatíveis com o disposto na resolução CONAMA N.º 264 de 26 de agosto de 1999, dificilmente são detectados, pois não existe monitoramento contínuo “On Line” em tempo real com a agência de controle ambiental, o que não garante regularidade nas emissões. Se Junta ao fato, que a queima de resíduos contendo poluentes organoclorados, apresenta emissões de dioxinas e furanos bem superiores à queima com óleo combustível.

A simples incorporação de resíduos inorgânicos ao forno de cimento não se constitui em qualquer tipo de tratamento ou benefício ao processo produtivo e ao produto final. Ao contrário, o sistema funciona apenas como sumidouro, camuflando o processo de diluição de resíduo em total desrespeito à legislação ambiental, não justificando o seu uso como matéria-prima no processo produtivo. Convém ressaltar, que ao fazer parte do produto final sem qualquer transformação físico-química, esses resíduos mantêm suas características iniciais de metais pesados.

Os metais nunca são destruídos, no caso da co-incineração são incorporados na estrutura cristalina do cimento, representando, portanto, um perigo latente ao meio ambiente e à saúde do trabalhador, em especial da construção civil.

De acordo com a empresa RESOTEC (2005), divisão da Holcim Brasil, os materiais que podem ser co-processados em uma fábrica de cimento são diversificados: borras oleosas, graxas, lodos de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), tortas de filtração, borras ácidas, catalisadores usados, pneus, emborrachados, além de outros materiais contaminados, tais como areias, terras, equipamentos de proteção individual (EPI), solventes, serragens, papéis, embalagens, entre outros.

Grande parte dos resíduos citados se enquadram na categoria de não-inertes e perigosos. No Estado de São Paulo, a incorporação de resíduos industriais no cimento é vetada pela CETESB. Porém, as indústrias paulistas enviam seus resíduos para cimenteiras situadas em outros estados, como no caso da Companhia de Cimento Rio

Branco no Estado do Paraná. O órgão ambiental paulista permite o envio de resíduos como no caso dos catalisadores das UFCC's - Unidades de Craqueamento Catalítico Fluído da Petrobrás, cerca de 4.500 t/ano, mediante autorização prévia da Diretoria de Controle de Recursos Ambientais do governo do Paraná, sob o argumento de que esses resíduos são considerados, pela norma EB-758 da ABNT, como insumo básico na fabricação de cimento posolâmico.

Os resultados de análises, apresentados a seguir, classificam o resíduo industrial da UFCC como Classe 2 - Não Inerte, em função de o extrato solubilizado (tabela n. 93) ter excedido os seguintes parâmetros: Alumínio, chumbo, Cromo total, Ferro total, Fluoreto e Manganês total.

## 2.1 – Características físico-químicas dos principais resíduos inorgânicos utilizados na formulação do cimento

Tabela 1 – Resultados de análise na Massa Bruta do Resíduo de Catalisadores da Unidade de Craqueamento Catalítico Fluído da Petrobrás RPBC em Cubatão – S.P. - (CETESB 2004)

<b>Composição</b>	<b>Concentração (mg/kg)</b>	<b>Limite máximo (mg/kg) na Massa Bruta do Resíduo NBR 10004 - ABNT</b>
Arsênio	0,15	1000
Chumbo	17,70	1000
Cromo total	9,32	-
Fenóis	0,64	10
Ferro total	1848	-
Mercúrio	0,48	100

Tabela 2 - Resultados de análise no extrato lixiviado do resíduo de Catalisador da Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido (CETESB 2004)

<b>Composição</b>	<b>Concentração (mg/l)</b>	<b>Limite máximo (mg/l) no Extrato Lixiviado do Resíduo NBR 10004 - ABNT</b>
Chumbo	0,10	5,0
Fluoreto	0,09	150
pH	3,8	-

OBS: Demais parâmetros apresentaram-se abaixo do limite de detecção.

Tabela 3 – Resultados de análise no extrato solubilizado dos resíduos de catalisadores da Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido da Petrobrás RPBC em Cubatão – S.P. (CETESB 2004).

<b>Composição</b>	<b>Concentração encontrada (mg/l)</b>	<b>Limite máximo (mg/l) no Extrato solubilizado do Resíduo NBR 10004 - ABNT</b>
Alumínio total	198	0,2
chumbo	0,12	0,05
cloreto	7,5	250
Cromo total	0,12	0,05
Ferro total	1,48	0,3
fluoreto	1,80	1,5
Manganês total	0,18	0,1
pH	3,8	-
Zinco	0,87	5,0
sódio	83	200

Nota-se que são analisados somente os parâmetros inorgânicos. No caso particular da Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido, a literatura internacional indica emissões

de dioxinas nos efluentes gasosos. Neste sentido legalmente haveria necessidade de monitoramento de dioxinas e furanos, tendo em vista que a Resolução CONAMA n.º 264 de 26 de agosto de 1999 aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos, excetuando-se os resíduos: domiciliares brutos, os resíduos de serviços de saúde, os radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins.

Na mesma resolução está consignado no seu artigo 8º § 1º o seguinte texto: “O resíduo pode ser utilizado como substituto da matéria-prima desde que apresente características similares às dos componentes normalmente empregados na produção de clínquer, incluindo neste caso os materiais mineralizadores e/ou fundentes”.

A Resolução CONAMA n.º 264 de 26 de agosto de 1999 é falha, pois não impõe uma concentração limite aos resíduos utilizados nos fornos de cimento e no produto final.

Apenas impõe valores de concentração para as emissões atmosféricas, como se o problema se limitasse apenas à poluição do ar proveniente do processo de produção, deixando de lado as concentrações de poluentes tóxicos nas matérias primas (resíduos) e produto final (cimento). Neste contexto as emissões secundárias e difusas representam um grave problema ambiental, ocupacional e de saúde pública, como, por exemplo:

- Contato com os poluentes, durante as operações de produção e manuseio de cimento, pelos trabalhadores das indústrias de cimento e da construção civil;
- Emissão de poluentes atmosféricos provenientes das atividades da construção civil

Comparando-se os sistemas de tratamento de resíduos considerados de melhor tecnologia prática disponível internacionalmente, como por exemplo, a incineração, com a tecnologia de queima em fornos de cimento, as quais, segundo os fabricantes de cimento a colocam na condição de estarem contribuindo para no “controle da poluição”, temos a seguinte diferenciação:

- A queima de resíduo perigoso ou não inerte no incinerador, gera um outro resíduo, ainda com característica de resíduo não-inertes, que de acordo com a legislação

ambiental necessitam de disposição adequada em aterros de resíduos industriais Classe 2.

- No caso da queima ou incorporação de resíduos industriais, em fornos de cimento, o resíduo gerado passa a fazer parte do produto final, disseminando poluentes no local de consumo.

### **3 – CONCLUSÃO / RECOMENDAÇÕES**

No forno de cimento, ao contrário do incinerador, as cinzas resultantes da queima dos resíduos orgânicos, bem como a adição de resíduos inorgânicos, ficam apenas incorporadas às estruturas cristalinas do cimento, em flagrante prejuízo ao consumidor, ao meio ambiente e à saúde pública, pois retornam diluídas ao meio ambiente no mínimo como resíduos não-inertes, o que se configura como disposição inadequada de resíduos.

A Resolução CONAMA n.º 264 de 26 de agosto de 1999, fixa apenas padrões de emissão para os efluentes provenientes das chaminés da unidade de produção de cimento, não se reporta às concentrações dos poluentes nos resíduos a serem processados e nos poluentes incorporados aos produtos finais, o que inviabiliza a fiscalização no tocante a proteção da saúde pública.

Resíduos industriais considerados não inertes, como no caso dos catalisadores da UFCC e até mesmo resíduos perigosos de diferentes tipologia de processo, estão sendo incorporados nos fornos de clínquer, no caso dos resíduos da UFCC, com a anuência do Órgão Ambiental do Estado do Paraná. Como agravante, a fiscalização das emissões atmosféricas nos processos de fabricação de cimento que utilizam resíduos industriais é feita de forma pontual, o que não garante regularidade nas emissões de poluentes.

A Resolução CONAMA n.º 264 de 26 de agosto de 1999 demonstra fragilidade e descontrole diante dos elementos e riscos associados a tal prática. O Artigo 49 da presente Resolução contempla sua revisão num prazo máximo de três anos, contados a partir da sua publicação, o que já venceu de fato; tornando-se necessário sua revisão, com questionamento acerca da viabilidade ambiental de tal regulamentação e dos procedimentos associados, considerando os aspectos a seguir:

a)- A utilização de resíduos industriais em fornos de cimento poderá ser considerada desde que estes resíduos estejam classificados, de acordo com a NBR 10004, na categoria de resíduos inertes.

b) – É imperativa a classificação dos produtos finais (cimentos) de acordo com a NBR n.º 10004 no tocante aos parâmetros de metais pesados que estes apresentam; considerando especialmente os teores de Chumbo, Cádmio, Arsênio, Alumínio, Cromo e Mercúrio, e ainda, de se avaliar a presença e concentração de outros elementos e compostos potencialmente perigosos, em especial dioxinas e furanos, produto do incremento histórico dessa atividade.

c) – Considerando a hipótese de que a nova regulamentação proposta mostre-se viável ambientalmente quanto aos seus múltiplos aspectos, ainda assim deve ser prevista a indicação, nas embalagens de cimento, ou até mesmo no produto à granel, a relação das concentrações de todos os elementos físico-químicos orgânicos e inorgânicos presentes, como forma de respeito ao estatuto de defesa do consumidor.

e) – Trata-se de uma questão ambiental, motivo pela qual foi regulamentada no CONAMA. Portanto, deve ser resolvida na fonte de poluição de acordo com os parâmetros constante na legislação ambiental vigente. O efeito no meio ambiente do trabalho, em especial nos operários das fábricas de cimento e construção civil, deverão ser complementados através de estudos técnicos científicos conduzidos pela área da saúde.

f) – Em função do tipo de atividade e, considerando a necessidade de regularidade nas emissões, o monitoramento dos efluentes gasosos devem ser realizados de forma contínua, “On-Line”, em tempo real com a Agência de Controle Ambiental.

## **5 – BIBLIOGRAFIA**

BUONICORE, A. J. e DAVIS, W.T. - **Air Pollution Engineering Manual** - Air & Waste Management Association - 1992. 918 p.

CETESB – CIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – **Processo n.º 25/0028/04** – Agencia Ambiental de Cubatão – S.P. 2005.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solo e Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo** – São Paulo, 2001.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - **Resíduos sólidos industriais**, São Paulo, 1993.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - **Resíduos sólidos industriais**, Série ATAS - São Paulo, 1985.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL **Legislação Estadual (Lei 997/76 e Decreto 8468/76) - Controle de Poluição Ambiental Estado de São Paulo** - Série Documentos 2000.

DARRYL LUSCOMBE - **Dioxinas e furanos: efeitos sobre a saúde humana** – Greenpeace, 1999.

LORA, F. e MIRO, J. – **Técnicas de defensa del medio ambiente** – Vol II – Editora Labor. S.A. ISBN 84-335-6323-8, Barcelona 1978.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – **Resolução CONAMA N.º 264** Brasília, 1999.

OMS – ORGANIZACION MUNDIAL DA LA SALUD. **Limites de exposición profesional a los metales pesados que se recomiendan por razones de salud**. *Série de Informes Técnicos 647*, Ginebra , 1980.

SHEREVE, R.N. e BRINK, J.A. – **Indústrias de processo químico** - Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 1977.

SÍCOLI, JCM Org - **Legislação Ambiental Estadual e Federal /Medidas Provisórias/ Decretos Leis Federais/ Resoluções do CONAMA/ Sumários e Normas Ambientais**

**Federais/ Portaria IBAMA/ Constituição no Estado de São Paulo/ Resoluções da Secretaria do Meio Ambiente S.P - Publicação do Ministério Público do Estado de São Paulo** - Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente – Imprensa Oficial – São Paulo 2000;

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION & WORLD - **Health Organization. Inorganic Lead. *Environment Health Criteria 165. International Programme on Chemical Safety. World Health Organization***, Geneva, 1995.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - **Regulatory Impact Analyses of ciment Kiln Dust – Rulemaking – Final Report** – [www.epa.gov](http://www.epa.gov)  
Acesso em 22 de Abril de 2005 às 07:42h.

\* **Elio Lopes dos Santos** é Mestre em Engenharia Urbana; Pós-Graduado em Engenharia de Controle de Poluição; Engenheiro Industrial; Químico e Engenheiro de Segurança do Trabalho, Ex-Gerente da CETESB em Cubatão, Assistente Técnico do Ministério Público Estadual - SP e Ministério Público Federal, Consultor Ambiental do Ministério da Saúde, Coordenador Técnico do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho da Unisanta e Professor da Faculdade de Engenharia Química da Unisanta - SP.