

**II ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM  
AMBIENTE E SOCIEDADE – ANPPAS**  
Campinas, 26 a 29 de maio de 2004

---

***Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento;  
casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações***

*Autores: Auxiliadora Maria Moura Santi<sup>1</sup>  
Arsênio Oswaldo Sevá Filho<sup>2</sup>*

Esta comunicação apresenta alguns resultados da tese elaborada por Santi (2003) no curso de Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos da UNICAMP, que versou sobre principais aspectos tecnológicos, energéticos, territoriais e ambientais do processamento de resíduos industriais perigosos em fornos rotativos de clínquer<sup>3</sup> e dos riscos da cadeia de fabricação e uso do cimento e suas implicações nas condições de trabalho, de vida e de saúde. A tese condensou os resultados da pesquisa iniciada vários anos antes sobre a indústria cimenteira instalada no Estado de Minas Gerais, e analisou, de forma particularizada, a situação ambiental e social de alguns municípios pertencentes à porção norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, nas terras à esquerda do rio das Velhas, onde se concentra o maior pólo produtor de cimento do País.

A edição deste trabalho foi especialmente concebida como contribuição científica recente, a ser apresentada e debatida no encontro de pesquisadores e de estudantes de pós-graduação promovido pela ANPPAS, e seu tema insere-se no campo bem amplo da dupla conceitual "*Ambiente e Sociedade*", e, especificamente, se enquadra no grupo temático que trata da "*Energia e Meio Ambiente*".

O trabalho apresenta um direcionamento explícito, desde o início, para destacar o *conceito de riscos*, englobando aí os eventos já ocorridos, os processos mais lentos que ainda estão se formando, e aqueles que têm probabilidade de ocorrer, e para tratar, de forma articulada, em uma mesma porção territorial, as várias alterações ambientais – emissões de gases e de poeiras, destruição do relevo, modificações locais no ciclo das águas, disseminação de contaminantes pelo uso de resíduos industriais como combustível – que são decorrentes do desenvolvimento das etapas produtivas do conjunto de indústrias do setor de produção de cimento.

Tais argumentos ajudam na compreensão dos problemas que estariam ocorrendo também em outras regiões cimenteiras do Estado de Minas Gerais e do Brasil – um total de 46 sítios, onde se combinam a extração mineral, o beneficiamento e o transporte de calcário, e a fabricação de cimento. Alguns exemplos podem ser citados: a destruição do relevo constituído de belos afloramentos calcários e de bancadas cobertas com vegetação característica, seja numa ilha como

---

<sup>1</sup> Professora do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos (UNICAMP, 2003). Engenheira Química, Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Doutor em Geografia Humana (Universidade de Paris I Panthéon-Sorbonne, 1982), Livre-Docente na área de Mudanças Técnicas e Transformações Sociais, Instituto de Geociências (UNICAMP, 1988). Engenheiro Mecânico de Produção, Mestre em Engenharia de Produção.

<sup>3</sup> Denomina-se co-incineração a combustão de resíduos de outras atividades, junto com os combustíveis convencionais, em fornos de clínquer para obtenção de calor para o processo de clínquerização (Santi, 2003).

a de Itapessoca, no litoral norte de Pernambuco; em um tabuleiro na barranca alta da margem esquerda do Rio Negro em Manaus; ou nas serrotas de cristas rochosas perto de Sobradinho, DF, e de Cocalzinho, GO; ou na região de Arcos e Bambuí, no centro de Minas Gerais – é sempre prejudicial para o ciclo local das águas, no sentido em que cada laje ou afloramento calcário é uma espécie de caixa d'água bem eficaz e volumosa, que recolhe a água das chuvas, direcionando-as para os corpos d'água subterrâneos. E, em vários casos, significa a destruição de marcos e monumentos paisagísticos e de sítios de interesse espeleológico, arqueológico e indígena; ou até a profanação e o fim de um local de romaria – uma gruta com imagem santa – em São José da Lapa, MG, município da região por nós estudada.

Outro ponto generalizável é o uso intenso de combustíveis nos fornos rotativos das fábricas de cimento, e a diversificação crescente, com um leque disponível no mercado, cada vez mais amplo, de combustíveis básicos – os *fósseis*, derivados de carvão mineral e de petróleo, e uma infinidade de *resíduos industriais*; e os da *biomassa*, carvão vegetal e resíduos agrícolas. Multiplicam-se as possibilidades de combinações ou misturas de diversos destes combustíveis – conhecidas como *blends* –, utilizadas em cada *plano de queima* de cada forno, para cada ciclo produtivo. Portanto, diversifica-se a composição das emissões de gases e poeiras para a atmosfera, bem como dos tipos de contaminantes que podem ficar retidos no próprio produto vendido.

A *questão social* decorrente é de primeira grandeza, pois o cimento é de uso generalizado, praticamente não têm sucedâneo; são mercados regionais e nacionais valiosos; existem minas de calcário e fábricas de cimento em quase todos os Estados da Federação, e considera-se de certo modo inevitável que se continue a extrair rochas calcárias para fabricar cimento.

E apesar das agruras da concentração da renda e da diminuição do poder aquisitivo da grande maioria da população brasileira, que dificultam bastante o crescimento do consumo de cimento, tende-se a naturalizar o aumento do volume produzido a cada ano: no início da década de 1980, a produção ultrapassou 25 milhões de toneladas anuais; retrocedeu a 20 milhões de toneladas no período de 1983 a 1985; voltou ao patamar de 25 milhões de toneladas anuais em 1986, permanecendo por aí durante alguns anos; atingiu 40 milhões de toneladas anuais de cimento na virada do século. Em 2003, a produção nacional de cimento retrocedeu a 35 milhões de toneladas anuais (SNIC, anos diversos).

A *questão ambiental* determinada pelo porte considerável da indústria cimenteira e da queima de um grande fluxo anual de combustíveis também é de primeira grandeza, e é ampliada pelo fato de que, ao mesmo tempo em que se generaliza a utilização das instalações das fábricas de cimento como se fossem incineradores de resíduos industriais – na realidade, os fornos de clínquer não são projetados e nem licenciados especificamente para esta finalidade –, a atmosfera das regiões vizinhas às cimenteiras recebem volumes constantes ou crescentes de material particulado e de produtos da combustão, com uma diversificação físico-química também crescente, por causa da grande variedade de resíduos e de *blends* que são queimados sucessivamente na mesma fábrica. Além disso, a formação de mercados regionais e nacional de resíduos industriais combustíveis – que incluem as sucatas de pneus e câmaras –, promove a circulação destes materiais entre várias localidades, o que significa uma disseminação geográfica e ocupacional do risco químico.

Para possibilitar maior compreensão do que está ocorrendo, apresentamos no texto uma breve descrição do processo de produção de cimento, evidenciando suas características energético-intensivas; discutimos, em perspectiva histórica, a evolução da matriz energética do setor cimento; evidenciamos os aspectos ambientais da atividade de produção de cimento,

destacando a emissão de poluentes e os riscos que decorrem da utilização de resíduos para gerar energia térmica necessária à produção de cimento. Apresentamos a situação do pólo cimenteiro da RMBH. Concluimos o trabalho com uma série de indagações que a nosso ver, deveriam sempre ser consideradas nas reflexões e nas análises sobre a escolha dos combustíveis, a co-incineração de resíduos e os riscos da fabricação e uso do cimento.

## 1. O processo de fabricação de cimento

Os sítios de produção de cimento são constituídos por duas grandes atividades: a mineração de calcário e a fabricação de cimento, em plantas que estão interligadas fisicamente por correias transportadoras ou teleféricos que transportam o calcário extraído das minas até a área industrial.

A atividade de mineração da rocha calcária é realizada em grandes lavras mecanizadas a céu aberto. As rochas são desmontadas com explosivos e cominuídas para granulometria adequada à sua alimentação nos moinhos de matérias-primas da planta de fabricação de cimento.

O processo tecnológico de produção de cimento implantado na maioria das indústrias brasileiras é conhecido como *processo via seca* e é constituído, basicamente, das seguintes etapas:

1ª. moagem e homogeneização das matérias-primas – calcário (94%), a argila (4%) e quantidades menores de óxidos de ferro e alumínio (2%) – para obtenção da *farinha crua*;

2ª. clínquerização da farinha crua em fornos rotativos para obtenção do *clínquer*<sup>4</sup> e resfriamento do clínquer;

3ª. moagem do clínquer para e adição de gesso<sup>5</sup> para obtenção do *cimento*;

4ª. ensacamento e expedição do produto final.

A indústria de cimento caracteriza-se pelo consumo intensivo de energia<sup>6</sup>, seja na forma de calor, utilizado nos fornos rotativos para a produção de clínquer, seja na forma de energia elétrica, consumida em todo o processo industrial para movimentar máquinas, fazer girar os fornos rotativos e os moinhos. A maior parte do consumo de energia para a fabricação de cimento, porém, ocorre na produção de clínquer: cerca de 63% (Santi, 1997). No Quadro I estão resumidas características tecnológicas do setor de fabricação de cimento no País.

**Quadro I – Brasil: características tecnológicas da indústria de cimento**

Parâmetro	Dados
Processo	via seca, 98% da produção
Consumo específico de energia térmica	3260 a 3770 kJ/kg de clínquer (780 a 900 kcal/kg)
Consumo específico de energia elétrica	80 a 150 kWh/t cimento, 70% nos sistemas de moagem
Sistemas de moagem	75% dos moinhos operando em circuito fechado

Fonte: Santi (1997)

<sup>4</sup> Produto intermediário, de cor cinza, granular e sinterizado, que constitui a base do cimento.

<sup>5</sup> Após resfriado, o clínquer é moído finamente e durante a moagem é feita adição de gesso – sulfato de cálcio hidratado –, em quantidades suficientes para resultar em uma concentração de 2% a 3% de sulfato no cimento, necessária para ajustar o tempo de pega do produto. Outras adições, tais como escória de alto forno, pozolanas e cinzas são realizadas de modo a se obter o cimento composto.

<sup>6</sup> No ano de 2002, a indústria de cimento brasileira consumiu o equivalente a 3,2 milhões de tEP (toneladas equivalentes de petróleo) para produzir 38 milhões de toneladas de cimento, o que corresponde a 5% do consumo total de energia do setor industrial (BEN, 2003; SNIC, 2003).

## **2. Os choques do petróleo e a pressão ambiental como fatores determinantes da matriz energética do setor cimento**

Após os chamados choques do petróleo da década de 1970, o Governo Brasileiro promoveu esforços enormes para a substituição do óleo cru importado, definindo uma política energética que se baseou:

(a) no incentivo à não utilização e à menor utilização dos derivados do petróleo, por meio do aumento significativo dos preços, em especial do óleo combustível, e do estabelecimento de cotas para o fornecimento de óleo às indústrias, nos níveis praticados em 1979;<sup>7</sup>

(b) nos incentivos e subsídios aos outros combustíveis similares aos óleos pesados, por exemplo, por meio da assinatura de protocolos com o setor produtivo para a utilização de carvão mineral nacional nas indústrias de aço, papel e celulose e cimento;

(c) na concessão de subsídios para o emprego da energia elétrica nos sistemas de geração de calor (fornos, secadores, *boilers*) e de vapor (caldeiras elétricas).

Em 1979, a indústria brasileira de cimento utilizava óleo combustível para suprir 93% de suas necessidades de energia para fins térmicos (BEN, 1995). Com o emprego crescente do carvão mineral nacional e do carvão vegetal, o nível de substituição de óleo combustível atingiu 94,6% em 1985. Paralelamente, a indústria brasileira de cimento adotou medidas de conservação de energia<sup>8</sup>, o que levou a uma redução de mais de 20% no consumo específico de energia no período 1980-1995.

Com a regularização do mercado interno de óleo combustível, a indústria de cimento passou a ter como principais combustíveis o óleo combustível, o carvão mineral nacional, o carvão vegetal – na forma de moinha, um resíduo da indústria siderúrgica, utilizado especificamente nas fábricas instaladas em Minas Gerais, maior produtor nacional. Embora não se possa inferir que a participação percentual desses materiais tenha se estabilizado, em 1995, a matriz energética da indústria brasileira de cimento era constituída por cerca de 40% de óleo combustível, e 20% distribuídos entre o carvão mineral e o carvão vegetal e mais o equivalente a 34% de eletricidade (BEN, 1995).

De acordo com os dados do Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC, diversos anos), desde 1980 as fábricas de cimento instaladas no Brasil utilizam diversos tipos de resíduos como combustíveis para gerar energia térmica em seus fornos de clínquer<sup>9</sup>. Em geral, trata-se de resíduos gerados nas plantas das indústrias siderúrgicas – alcatrão, moinha de coque e finos de carvão vegetal – e na agroindústria – casca e palha de arroz.

Podemos concluir que os choques do petróleo levaram à diversificação dos combustíveis utilizados na indústria de cimento, tornando sistemático, embora em escala reduzida, o emprego de resíduos industriais para gerar energia. Tal prática dotou as empresas nacionais de alguma

<sup>7</sup> É desta época o incentivo para a produção e uso do álcool combustível na frota de automóveis.

<sup>8</sup> As medidas de conservação de energia envolveram a preparação da farinha crua e a moagem do clínquer, a redução das perdas de energia dos gases de exaustão dos fornos, a redução das infiltrações de ar falso nos fornos, o aumento da eficiência de resfriamento do clínquer, com aproveitamento do calor sensível para aquecimento do ar de combustão; a redução nas perdas de calor por radiação e convecção. Os maiores ganhos, entretanto, foram conseguidos pela conversão dos processos por via úmida para processos por via seca, pela utilização de adições ativas no cimento e pela introdução de inovações tecnológicas de processo, associadas aos sistemas de pré-aquecimento e de pré-calцинаção (Santi, 1997).

<sup>9</sup> Até 1996, os dados referentes ao consumo de energéticos alternativos para cada uma das fábricas de cimento foram publicados nos relatórios anuais do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, onde se enfatizou os níveis de substituição de óleo combustível atingidos pelo setor.

experiência no manuseio e na utilização de diferentes combustíveis residuais nos fornos de clínquer.

Na Figura 1, em anexo, apresentamos o gráfico do consumo específico de energéticos para fins térmicos utilizados pelo setor nacional de cimento, no período 1979 – 2002, no qual podem ser percebidas as tendências assinaladas.

Nesse período, juntamente com os fatores econômicos, também teve muita influência aquilo que chamamos de *pressão ambiental*, englobando o fato inexorável da saturação crescente dos locais de depósitos de resíduos, a aplicação de uma legislação cada vez mais ampla e severa, e as denúncias e reivindicações de movimentos organizados da população, com ou sem o apoio de ONGs ambientalistas.

A década de 1980 caracterizou-se também pela definição da *Política Nacional de Meio Ambiente*<sup>10</sup>, que fixou princípios, objetivos e instrumentos para a gestão pública do meio ambiente, criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente e o Sistema Nacional do Meio Ambiente, constituído pelo conjunto das instituições governamentais incumbidas da proteção da qualidade ambiental, do controle e da fiscalização das atividades potencialmente poluidoras e degradadoras do meio ambiente nos níveis federal, estadual e municipal.

Os problemas de contaminação associados ao descarte inadequado dos imensos volumes de resíduos gerados e a conscientização crescente da sociedade em relação aos perigos que esses materiais acarretam à saúde e ao meio ambiente induziram a elaboração de regras para o manuseio, transporte, estocagem, tratamento e disposição em aterros destes materiais, impondo restrições às práticas inadequadas de destinação de resíduos – especialmente o descarte puro e simples no solo, procedimento adotado até então. Isto, somado à crescente conscientização da sociedade sobre os riscos causados pelos resíduos e ao aumento da ação controladora dos órgãos ambientais, tornou a destinação de resíduos industriais um problema para as empresas geradoras de resíduos. Como conseqüência foram, inicialmente, projetados inúmeros aterros para resíduos industriais, em cujas valas passaram a ser depositados os rejeitos indesejáveis.

Com o decorrer do tempo e a constatação de que tal prática não era tão segura para armazenar, por tempo ilimitado, estes materiais – pode ocorrer decomposição química, reações indesejáveis, com geração de substâncias de elevada periculosidade, percolação de produtos no solo e contaminação de aquíferos subterrâneos e a emissão de gases para a atmosfera –, e a responsabilização do gerador do resíduo por quaisquer danos que estes materiais possam vir a causar às pessoas ou ao meio ambiente, novas formas de destinação de resíduos foram buscadas: a atenção voltou-se para a incineração, que, "eliminava", por meio da combustão, grandes volumes do material indesejado. Entretanto, os investimentos necessários à instalação das plantas de incineração de resíduos perigosos, o montante cobrado pelos proprietários de incineradores para o processamento dos resíduos, a capacidade instalada de processamento dos incineradores ou mesmo a necessidade de destinar as cinzas produzidas tornaram esta forma de destinação desinteressante para os industriais.

Os fornos de clínquer, que operam em temperaturas muito elevadas, podem processar quantidades significativamente maiores de materiais que os incineradores, e permitem a mistura das cinzas geradas na queima dos combustíveis e resíduos com as matérias-primas que estão sendo processadas passou a ser uma opção muito atrativa para os geradores de resíduos, tudo isto associado aos preços muito mais competitivos pela prestação deste serviço pelas cimenteiras.

---

<sup>10</sup> Instituída pela Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981.

Assim, estabeleceu-se uma conveniente convergência de interesses distintos, colocando o fornos de clínquer, na perspectiva do setor industrial, como uma solução peculiar, para ambas as partes, que se orienta no eixo "*resíduo (geração) – destruição térmica (destinação) – co-incineração de combustíveis residuais (produção de energia térmica)*" e atende aos anseios da indústria de cimento, na sua permanente busca por energéticos de *baixo custo e oferta regular* e aos interesses do grande gerador de resíduos, que anseia por promover sua *destinação definitiva e rápida*. A visão empresarial não considerou, por questões óbvias, a geração de novos poluentes e a introdução de novos riscos químicos na cadeia de produção e uso do cimento com a realização desta nova atividade em suas plantas.

Deste modo, à partir de meados da década de 1990, novas alterações na matriz energética da indústria brasileira de cimento – energéticos para fins térmicos – começam a se delinear: o aumento do emprego do *coque de petróleo*<sup>11</sup> e de tipos e quantidades crescentes de *resíduos industriais* – lamas de estação de tratamento de efluentes industriais, borras oleosas, solventes usados, óleos lubrificantes queimados, borras de tinta, borras de retífica, plásticos e coque de petróleo, dentre outros, se somaram aos resíduos da agroindústria e das siderúrgicas para compor o elenco de materiais que passaram a ser tratados nas plantas cimenteiras (Santi, Sevá; 1998).

A análise dos dados do Balanço Energético Nacional (BEN, diversos anos) mostra, a partir de 1997, o uso crescente de *coque de petróleo*, em escala exponencial: seu consumo em 1999 tornou-se significativamente maior do que o consumo de óleo combustível e em 2002 representou 66% do consumo total de energia, contra 28% do óleo combustível, processo que evidencia a opção pelo emprego do coque de petróleo em substituição ao tradicional óleo combustível 7A, como mostrado no gráfico da Figura 1. O consumo de combustíveis citados como *outras fontes não especificadas* apresenta tendência de crescimento, também a partir de 1997. Em 2002, esse conjunto representou 8% do consumo final do setor cimento, valores percentuais maiores que os registrados para o carvão vegetal, que representou 6% da matriz energética.

A *co-incineração* de resíduos industriais em fornos de clínquer é, portanto, prática que remonta à época das crises do petróleo, e, atualmente está sendo vista como uma ação coordenada entre as indústrias cimenteiras e as indústrias geradoras de resíduos, *contextualizada mais na esfera ambiental e menos na esfera energética*, e considerada pelos geradores de resíduos, com aprovação dos órgãos de meio ambiente, como uma *solução definitiva* para a destinação de seus rejeitos industriais (Santi, 2003).

É interessante assinalar que o comportamento da indústria de cimento ao longo dos últimos trinta anos evidencia que o consumo de energia para fins térmicos não reflete as opções pelo emprego de determinados combustíveis nas diversas fábricas, havendo uma estreita relação entre a composição da matriz de insumos para fins térmicos e o preço e a disponibilidade desses insumos no mercado, o que faz com que cada fábrica procure a opção que concilie menor custo e oferta regular (Santi, 1997). A opção pela *co-incineração* de resíduos industriais como combustíveis dos fornos rotativos, na perspectiva da indústria de cimento, é uma demonstração dessa afirmativa (Santi, 2003).

---

<sup>11</sup> Produto sólido resultante do coqueamento (um tipo de cozimento em queima abafada, como é o carvoejamento da lenha, por exemplo) dos resíduos ultra-viscosos (RUV) que sobram das etapas sucessivas de destilação do petróleo. Os RUV que podem ficar abaixo de 10% no petróleo do tipo leve, têm uma proporção crescente no óleo cru brasileiro, podendo chegar aos 25%, 30%, em especial nos tipos que são provenientes de algumas das grandes plataformas produtoras no mar de Campos, como Marlim e Albacora.

Como visto, ao longo de sua história, a indústria de cimento sofreu influência direta das políticas de governo para os combustíveis, induzindo mudanças tecnológicas ou simples mudança nos tipos de combustível empregados. A isto se soma o comportamento geral da empresa industrial capitalista na incessante busca por combustíveis de custo reduzido em relação àqueles tradicionalmente disponibilizados no mercado, o que, por vezes, motivou a compra de carvão vegetal e finos deste carvão – resíduos da indústria siderúrgica – outras vezes se voltou para o carvão mineral, e que, ultimamente, vem empregando mais o coque de petróleo – um resíduo do processamento de petróleo – e "*outros energéticos*", categoria indefinida, na qual, no nosso entendimento, estão incluídos os demais resíduos industriais.

A indústria de cimento não é a geradora dos resíduos. A análise sobre os tipos de resíduos e sua origem evidencia que a maior parte são resíduos de etapas da cadeia produtiva do petróleo e da petroquímica, e que uma parte significativa deles é composta de resíduos perigosos<sup>12</sup> gerados em processos industriais.

### **3. Os impactos ambientais da produção de cimento: poluição e risco**

A indústria de cimento apresenta elevado potencial poluidor. Em todas as etapas do processo – moagem e homogeneização das matérias-primas; clínquerização no forno rotativo e resfriamento do clínquer; moagem do clínquer, adições e produção de cimento; ensacamento e expedição do produto; e pontos de transferência de materiais – há fontes de poluição.

Os níveis e as características das emissões dos poluentes dependem das características tecnológicas e operacionais do processo industrial, em especial, dos fornos rotativos de clínquer, da composição química e mineralógica das matérias-primas, e da *composição química dos combustíveis empregados*; da marcha operacional dos fornos de clínquer; e da eficiência dos sistemas de controle de emissão de poluentes instalados.

Os poluentes primários emitidos no processo de fabricação de cimento são: material particulado, dióxido de carbono, óxidos e enxofre e óxidos de nitrogênio. Segundo o órgão ambiental norte-americano, as plantas de fabricação de cimento estão entre as maiores fontes de emissão de poluentes atmosféricos perigosos, dos quais destacam-se as dioxinas e furanos; os metais tóxicos como mercúrio, chumbo, cádmio, arsênio, antimônio e cromo; os produtos de combustão incompleta e os ácidos halogenados (USA, 1991; USEPA, 1996). Os metais pesados contidos nas matérias-primas e combustíveis, mesmo em concentrações muito pequenas, devido a sua volatilidade e ao comportamento físico-químico de seus compostos, podem ser emitidos na forma de particulado ou de vapor através das chaminés das fábricas (USEPA, 2000).

Para o controle da poluição gerada nas plantas de fabricação de cimento foram estabelecidos padrões de emissão para material particulado, metais pesados, cloretos, monóxido de carbono, dioxinas e furanos. De forma geral, o material particulado proveniente dos fornos, moinhos e resfriador de clínquer é direcionado para chaminés e retido em coletores com ciclone, filtros de manga e precipitadores eletrostáticos. As medidas de controle para a redução da emissão de poeiras fugitivas nas áreas de mineração e na área industrial são o abatimento dos particulados por aspersão de água e o enclausuramento das áreas de estocagem e beneficiamento de materiais, com a instalação de sistemas exaustores e de filtros coletores de pós, além da pavimentação e da varrição das vias de circulação de veículos. Na maioria das plantas de clínquerização, entretanto,

---

<sup>12</sup> A periculosidade de um resíduo é determinada pela sua toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade.

não são instalados equipamentos para o controle da emissão de gases de combustão, vapores de sais metálicos ou outras substâncias perigosas originadas no processo de clínquerização<sup>13</sup>.

### **3.1. Sobre os riscos da fabricação de cimento**

*"Risco é a probabilidade de que ocorra um efeito adverso no indivíduo ou na população, pela exposição a uma concentração ou dose específica de um agente perigoso. Esta definição engloba duas dimensões: a possibilidade de que haja um resultado negativo; e a incerteza sobre o aparecimento, duração e magnitude do resultado adverso."* (Wynter, 1997)

Considera-se como principais critérios para avaliação do risco associado a um processo produtivo, os tipos e os volumes das substâncias e materiais manipulados, produzidos e em uso; as rotas de exposição a esses materiais e a população e os ecossistemas expostos (Albert, 1997; Freitas, Porto, Pivetta, 2001). Nesse contexto, ao sistema constituído pelo sítio de fabricação de cimento e pelo território onde ele está inserido e, no qual, a maioria das vezes, divide o uso e a ocupação do solo com núcleos populacionais muito próximos, estão associados riscos.

Devido às características do processo tecnológico e às propriedades físico-químicas e toxicológicas das matérias-primas e insumos empregados na fabricação do cimento, do clínquer e do próprio cimento, as plantas cimenteiras apresentam riscos para a saúde dos trabalhadores, para a saúde pública e para o meio ambiente, associados, principalmente, à exposição ao material pulverulento que permeia toda a cadeia de produção e às emissões de substâncias poluentes, que ocorrem de forma continuada, e mesmo em concentrações reduzidas, caracterizam o risco crônico.

É fonte de risco, portanto, todo o circuito do processo de fabricação de cimento: a mineração e o beneficiamento do calcário; a homogeneização e moagem das matérias-primas; a fabricação do clínquer; a moagem, ensacamento e expedição do cimento. Nesta rota há emissão de material particulado, constituído pelas matérias-primas, clínquer e cimento; de vapores de sais metálicos e de gases formados no processo de combustão; além das emissões fugitivas geradas em vários pontos da planta industrial. A disseminação do risco continua com o uso final do cimento.

De forma sintética, podemos associar os riscos às seguintes etapas da cadeia de fabricação e uso do cimento:

1ª. *geração, manipulação, embalagem e transporte do resíduo*, da fonte geradora até a porta da fábrica de cimento ou para a unidade de preparação de *blends*;

2ª. *preparação dos resíduos e blends*;

3ª. *fabricação e despacho do cimento*;

4ª. *utilização do cimento*.

Na *etapa de geração e transporte do resíduo* da fonte geradora até a entrada do material no forno, há riscos de acidentes com vazamento ou derramamento de materiais perigosos; há riscos de emissão de substâncias voláteis, quando presentes na massa do resíduo, ou de poeiras geradas nas eventuais operações de pré-tratamento (moagem e mistura). Se o resíduo é inflamável, há risco de incêndio e explosão, com formação de nuvens de poluentes atmosféricos perigosos (Santi; Sevá, 1999). Os cenários das conseqüências prováveis serão contaminação do solo e das águas, poluição do ar, danos à fauna e à flora, intoxicação de trabalhadores e de populações

---

<sup>13</sup> As exceções, ainda em fase de experimentação, tratam da redução da emissão de NO<sub>x</sub> com a instalação de queimadores especiais ou de lavadores de amônia, para a redução do óxido.

vizinhas das plantas industriais e dos locais de acidentes envolvendo o transporte (rodoviário ou ferroviário) do resíduo, perda de equipamentos e materiais.

Nesta etapa, há participação direta de trabalhadores na realização das atividades, do que concluímos que as pessoas envolvidas estão na indústria geradora do resíduo, são motoristas ou seus ajudantes, ou estão nas plantas cimenteiras; e todos estão sujeitos aos riscos de contaminação pela exposição às substâncias perigosas do resíduo, seus vapores e particulados, e às substâncias formadas nos eventuais cenários de acidentes, e, portanto, ao desenvolvimento de doenças ocupacionais.

Se durante o transporte ocorrer algum acidente, o risco de contaminação por exposição aos resíduos ou aos poluentes gerados em reações não controladas se estende aos policiais rodoviários, aos bombeiros, aos policiais militares, aos agentes da defesa civil e dos órgãos ambientais, e aos técnicos das empresas que prestam serviços de socorro que estão no local do acidente, aos cabineiros de pedágios e à população que, por ventura, esteja assentada próxima à rodovia. A contaminação ambiental também é possível.

A *etapa de preparação dos resíduos e blends* agrega novos riscos à cadeia de produção de cimento: a manipulação, moagem, peneiramento, mistura e o transporte de grandes quantidades de resíduos perigosos e de *blends*; a emissão de material particulado – constituído do substrato e do resíduo em processamento – e de substâncias voláteis para o ambiente de trabalho e para a atmosfera; a geração de efluentes líquidos – constituídos das águas de lavagem de pisos e das águas contaminadas com resíduos; e as embalagens de resíduos descartadas. Somam-se aos riscos de exposição aos materiais perigosos, os riscos de acidentes devido ao derramamento de material, incêndios e explosões.

Os empregados das fábricas de cimento – quando o resíduo é destinado diretamente ao forno de clínquer – e das unidades de preparação de *blends* que trabalham nas áreas de recebimento, estocagem, processamento e transferência de resíduos estão sujeitos à *exposição crônica* aos vapores orgânicos, poeiras inaláveis, fluoretos, compostos de metais pesados, mercúrio na forma de particulado e à outras tantas substâncias químicas perigosas que podem ser exaladas ou emitidas durante a manipulação dos materiais, uma vez que os sistemas operacionais são abertos (Dantas, 2000); e também estão sujeitas aos *riscos de acidentes* com vazamento e derramamento e aos incêndios nos tanques de resíduos líquidos ou com sólidos inflamáveis, que podem causar lesões corporais graves, além de danos ao meio ambiente, às instalações e à população (Santi, 2003).

Na *etapa de fabricação do cimento* destaca-se o movimento dos componentes perigosos dos resíduos no sistema de produção de clínquer, caracterizado pelas extensas e complexas reações químicas que ocorrem dentro do forno rotativo, onde substâncias tóxicas também são introduzidas pelas matérias-primas que, além do carbonato de cálcio e dos óxidos de silício, alumínio e ferro, contêm ainda pequenas concentrações de uma série de outros minerais secundários como haletos, sulfetos, álcalis e metais pesados. Os compostos formados no processo de fabricação de clínquer podem ser emitidos para a atmosfera juntamente com o material particulado e com os gases de combustão, ou serem incorporados ao clínquer. Na primeira situação, provocam alterações no ambiente próximo à fábrica e impactos negativos na saúde da população, devido à sua toxicidade e aos seus efeitos cumulativos e insidiosos, levando as pessoas expostas ao adoecimento (Sprung, 1985; Santi, Sevá, 1999).

Durante a operação de moagem do clínquer para obtenção do cimento, ocorre emissão de material particulado, promovendo a exposição dos empregados ao pó de cimento, cujos efeitos toxicológicos e alterações graves que causam à saúde são bem conhecidos: enfermidades do

aparelho respiratório, da pele e mais os transtornos à visão – conjuntivite, queimadura nas córneas –, além de gastrite, dermatites e bronquites crônicas associadas a enfisema (Baptista, 1995).

Das substâncias orgânicas poluentes possíveis de serem geradas no processo de fabricação de cimento, acetaldeído, benzeno, formaldeído, hexaclorobenzeno, naftaleno, dioxinas e furanos e os metais pesados arsênio, cádmio, chumbo e níquel são reconhecidos pela Organização Mundial de Saúde como carcinogênicos. Muitos dos poluentes são teratogênicos e suspeitos de provocarem danos aos sistemas cardiovascular, respiratório, endócrino, gastrointestinal, renal, reprodutor, imunológico e neurológico dos seres humanos (SCORECARD, 2003).

O *emprego do cimento na construção civil* e na fabricação de pré-moldados é a etapa final do sistema analisado. Na construção civil, em grandes obras ou nas reformas domiciliares, estão em atividade os pedreiros, os mestres de obras, os ajudantes que, por ficarem em contato com o cimento por longos períodos, normalmente em condições de trabalho precarizadas, estão expostos aos riscos de contaminação com o produto que incorporou materiais tóxicos, e sujeitos, por isso, aos mesmos agravos à saúde que acometem os trabalhadores das áreas de moagem e ensacamento de cimento, devido à inalação de poeiras e ao contato dérmico com o cimento durante a preparação da massa de concreto e na sua aplicação.

As estatísticas sócio-econômicas mostram que o maior consumo de cimento se dá no mercado varejista, por meio do pequeno consumidor. São milhões de pessoas, potencializando os riscos de contaminação pelo uso do cimento que incorporou materiais tóxicos.

Outra fonte de riscos está associada à manipulação e à utilização do cimento em outras instalações industriais, tal como as fábricas de pré-moldados. O cimento é um produto cáustico, higroscópico e, portanto, perigoso. As rotas de exposição ao cimento incluem a via dérmica, responsável pelo desenvolvimento de dermatites alérgicas, que são a maior causa de afastamento do trabalho dos operários da construção civil, além da via oral – com desenvolvimento de câncer de estômago – e da via respiratória.

A poluição também atinge os chamados compartimentos ambientais água, ar e solo, o que contribui para a exposição da população em geral aos poluentes e ao agravo da saúde humana de forma indireta, como, por exemplo, por meio da cadeia alimentar.

Apesar dos cenários de risco possíveis, há uma escassez de estudos sobre a contaminação ambiental das áreas que perpassam os limites das plantas cimenteiras e suas conseqüências para as pessoas – processo de adoecimento e morte – que estão envolvidas em toda a cadeia de produção de cimento com emprego de resíduos industriais e sobre a determinação dos múltiplos riscos associados aos resíduos industriais perigosos, dos componentes que lhes conferem periculosidade, e da contaminação química, atualmente em curso, causada pelo descontrole das atividades de manuseio, transporte e co-incineração nos fornos das fábricas de cimento desses materiais.

Neste contexto, a análise da produção de cimento com emprego de resíduos não pode limitar-se aos aspectos tecnológicos de processo, às políticas de planejamento energético ou ao cumprimento das regulamentações ambientais nos limites da planta industrial. É preciso estender a análise para toda a cadeia de produção e utilização do cimento como produto final.

Ou seja, as questões que se colocam na avaliação deste processo produtivo devem estender-se para além dos aspectos relacionados ao planejamento ambiental (gerenciamento de resíduos) ou ao planejamento energético (quando a análise se dá no âmbito da matriz energética), como tem sido abordado. Elas devem, obrigatoriamente, tratar dos riscos e da contaminação por substâncias tóxicas presente na massa dos resíduos, nas emissões atmosféricas das plantas

cimenteiras e no próprio cimento, e da disseminação dos riscos, pois, como demonstramos, a fabricação de cimento com co-incineração de resíduos expande o alcance dos riscos, formando inúmeros cenários de exposição dos componentes perigosos que se movimentam de um ponto a outro da cadeia de produção e uso do cimento, com grande potencial de agravo à saúde dos trabalhadores e da população e de comprometimento da qualidade ambiental.

#### **4. Estudo de caso: quatro fábricas de cimento na RMBH**

O caso regional estudado por Santi (2003) merece um detalhamento e uma análise crítica que o confirme como sendo um caso representativo das questões ambientais e sociais, as quais também se comprovariam em outras localidades onde funcionam fábricas de cimento. Trata-se do pólo cimenteiro instalado na porção norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, especificamente nos municípios de Pedro Leopoldo, Vespasiano e Matozinhos, localizados sub-bacia do Ribeirão da Mata – afluente da margem esquerda do rio das Velhas, no caminho para a cidade de Sete Lagoas.

Estes municípios compõem a denominada *Região do Calcário*, importante e diferenciada dentre tantas outras existentes no interior de Minas Gerais e em quase todos os Estados brasileiros. Assentada sobre um dos mais importantes complexos cársticos do País – concentrado na *APA Carste Lagoa Santa* –, com serrotas de afloramentos calcários, dolinas, lagoas com sumidouros e rios subterrâneos ligando as águas superficiais e interiores, e com muitas grutas e lapas, esta região é caracterizada pelas extensas reservas de calcário; pela presença das minerações de calcário e de grandes fábricas de cimento e cal; e pelos inúmeros sítios espeleológicos de reconhecida importância histórica e arqueológica e rara beleza, com centenas de cavernas que guardam espeleotemas e pinturas rupestres<sup>14</sup>.

A região apresenta-se degradada, sendo a ação do homem o fator que mais contribuiu para a degradação, traduzida principalmente pela grande expansão urbana – a região constitui-se em um dos principais eixos de crescimento da RMBH –, pelo desmatamento, pelas atividades de extração de calcário e pelo funcionamento das grandes fábricas de cimento e cal, que acarretam expressivas modificações na paisagem cárstica e na qualidade ambiental. Os municípios de Pedro Leopoldo, Vespasiano e Matozinhos integram uma ampla região polarizada por Belo Horizonte. O Quadro II apresenta os dados de população e o Índice de Desenvolvimento Humanos destes municípios.

**Quadro II – Dados demográficos e de desenvolvimento humano**

Município	População			Taxa de urbanização (%)	IDH
	Urbana	Rural	Total		
Pedro Leopoldo	43.479	10.478	53.957	80,58	0,807
Vespasiano	75.213	1.209	76.422	98,42	0,747
Matozinhos	27.664	2.500	30.164	91,71	0,774

Fonte: IBGE (2003); FJP/IPEA/PNUD (2003).

<sup>14</sup> As primeiras investigações científicas da região foram realizadas pelo naturalista dinamarquês Peter Lund, no século XIX. Já foram catalogadas centenas de grutas e cavernas e ainda há vários locais para serem devidamente estudados. Dali se obteve um testemunho da presença de vida humana em território brasileiro na pré-história, com uma ossada de mais de 11 mil anos. Grutas e lagoas da região “karstica” foram visitadas pelos naturalistas e cronistas do século XIX e constam até hoje de roteiros de espeleólogos e de turistas na região, principalmente as grutas Lapinha, Rei do Mato e Maquine, e a Lagoa Santa.

Sua base econômica sustenta-se, predominantemente, nas atividades ligadas à extração e beneficiamento de calcário, sendo o principal ramo industrial o de transformação de minerais não metálicos dos setores de cimento e cal. As grandes indústrias estão apresentadas no Quadro III. As fábricas *Holcim Brasil SA*, *Camargo Corrêa Cimentos Ltda*, *Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e de Mineração - Soecom* e *Brasil Beton SA* (Lafarge Cimento) formam o maior pólo produtor de cimento do País, sendo responsável pela produção de cerca de 5 milhões de toneladas de cimento, o que corresponde à 50% da produção do Estado de Minas Gerais.

**Quadro III – Indústrias de cimento e cal**

<b>Município</b>	<b>Indústria</b>	<b>Atividade</b>
Pedro Leopoldo	Holcim Brasil	fabricação de cimento
	Camargo Corrêa Cimentos	fabricação de cimento
	Mineração Lapa Vermelha	fabricação de cal
Vespasiano	SOEICOM	fabricação de cimento
Matozinhos	Brasil Beton	fabricação de cimento
	CALMIT	fabricação de cal

Nos municípios de Vespasiano, Pedro Leopoldo e Matozinhos, onde a atividade cimenteira é predominante, a população de bairros, das áreas centrais das cidades, e também de algumas áreas rurais, é diretamente afetada pelas atividades de mineração e de logística dos grandes volumes de materiais que são explorados, tratados e transportados; pelos tremores de terra causados pela detonação nas minas; pelo funcionamento barulhento das plantas de fabricação de cimento; pela iluminação noturna; e pela poluição do ar característicos da indústria de fabricação de cimento.

Agrega-se ao cenário descrito, o desenvolvimento, em escala crescente, da atividade de co-incineração de resíduos industriais nos fornos de clínquer destes empreendimentos, atividade que está autorizada pelo órgão ambiental do Estado de Minas Gerais.

O espectro de resíduos destinados aos fornos de clínquer abrange materiais gerados em indústrias metalúrgicas, químicas, petroquímicas, mecânicas, automobilísticas, agroflorestal e minerações instaladas em diversas localidades do País. São centenas de tipos diferentes de resíduos industriais, que somam cerca de um milhão de toneladas destinadas à co-incineração – cerca de 640 mil toneladas geradas anualmente, somadas a 330 mil toneladas, correspondentes ao passivo declarado acumulado nas áreas industriais –, a maioria classificados como resíduos perigosos (NBR 10004), com poder calorífico variando entre 11.700 kJ/kg e 50.100 kJ/kg (2800 kcal/kg a 12.000 kcal/kg)<sup>15</sup>.

As taxas de alimentação dos resíduos nos fornos estão na faixa de 0,5 t/h a 1 t/h, podendo ser empregados valores de 5 t/h, com níveis de substituição energética que ultrapassam os 40% da demanda. É comum a alimentação simultânea de resíduos diferentes no forno rotativo, de acordo com os *planos de queima*, que levam em conta a compatibilidade química dos materiais e a taxa de alimentação dos resíduos que compõem a mistura. Assim sendo, a diversidade de materiais

<sup>15</sup> Apesar da grande variedade de resíduos processados, observa-se que são originados, predominantemente, de um número restrito de empreendimentos de grande porte ligados à produção e refino de petróleo, à indústria química, ao setor automobilístico e ao setor metal mecânico: refinarias de petróleo, distribuidoras de combustíveis derivados de petróleo, indústrias de materiais plásticos e borrachas, montadoras e indústrias de autopeças, siderúrgicas, fábricas de alumínio, fundições, indústria de rerefino de óleos lubrificantes, retíficas. A maioria dos resíduos estão, de alguma forma, vinculados à cadeia de produção de petróleo e uso de derivados petrolíferos (Santi, 2003).

alimentados nos fornos aumenta extraordinariamente com os arranjos de resíduos que podem ser montados e com os *blends* preparados.

Como qualquer outro insumo utilizado em uma planta industrial, os resíduos destinados à co-incineração nos fornos de clínquer são transportados da unidade fabril onde foram gerados até as fábricas de cimento, na quase totalidade, pelo modal rodoviário. Este fato amplia de forma extraordinária as possibilidades de disseminação dos riscos associados à atividade, pois as fábricas da Região Metropolitana de Belo Horizonte estão recebendo resíduos gerados em localidades muito distantes, como, por exemplo, em bases distribuidoras de combustíveis derivados de petróleo das Regiões Norte e Nordeste. Os resíduos são transportados em caminhões tipo carga seca, caminhões caçamba ou caminhões tanque; a granel, ou embalados em *big-bags* ou tambores metálicos de 200 litros, de acordo com o estado físico do material e, em geral, não estão devidamente identificados com placas de risco e número da ONU, procedimento obrigatório para o transporte de produtos e resíduos perigosos.

A maior parte dos resíduos são originados nos parques industriais de Minas Gerais (42%), de São Paulo (33%), do Estado do Rio de Janeiro (13%) e do pólo petroquímico da Bahia (8%).

No Quadro IV apresentamos os principais parâmetros tecnológicos da co-incineração de resíduos nas plantas cimenteiras da RMBH.

**Quadro IV – Aspectos tecnológicos da co-incineração de resíduos nas fábricas de cimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte**

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>
Produção anual de cimento	* Holcim: 1500 mil t * Camargo Corrêa: 1350 mil t * Soeicom: 1200 mil t * Brasil Beton: 900 mil t
Taxa de alimentação de resíduos	0,5 t/h a 5 t/h
Poder calorífico dos resíduos	11700 kJ/kg a 50100 kJ/kg (2800 kcal/kg a 12000 kcal/kg)
Taxa de substituição energética	0,8% a 49%
Transporte de res	estimado em 26 caminhões por dia; capacidade do caminhão: 25 t
Tipos de carga	a granel, em <i>big-bags</i> , em tambores
Principais resíduos, origem e taxas de geração	* refino de petróleo: borra de landfarm (500 t/mês), borra de tanque (300 t/mês) * fabricação de alumínio: resíduos das cubas (160 t/mês), carvão de crielita (350 t/mês), alumina fluoretada (170 t/mês), alumina fora de especificação (500 t/mês), cake de neutralização dos lavadores de gases (140 t/mês) * rerrefino de óleos lubrificantes usados: borra ácida (210 t/mês); indústria * siderúrgica: lodo de ETE (1500 t/mês), óleo usado (150 t/mês), lamas oleosas (250 t/mês), óleo usado (150 t/mês) * fundições: areia verde para moldagem (360 t/mês), areia shell para moldagem (300 t/mês), escória (400 t/mês) * indústria química: tar (1300 t/mês), resíduo de MBT (200 t/mês)

Fonte: Santi (2003)

A população que vive nas áreas vizinhas às unidades industriais e também aquelas que estão assentadas mais longe, na direção dos ventos, estão expostas ao impacto dos diversos compostos químicos poluentes gerados nas fábricas e, conseqüentemente, sujeitas aos riscos de adoecimento. Os poluentes emitidos pela chaminé das plantas de clínquer formam uma pluma, cuja dispersão na atmosfera depende das condições meteorológicas – velocidade e direção do vento, precipitação e inversão térmica –, das características do poluente e da fonte emissora – velocidade, temperatura e vazão dos gases, altura da chaminé. É durante este processo, que

caracteriza a poluição do ar, que substâncias químicas, gases e material particulado em suspensão (que inclui metais pesados e seus sais) poderão ser inalados ou entrar em contato com os olhos ou a pele das pessoas, causando danos à sua saúde. Os impactos negativos são potencializados pelo efeito da sinergia que pode ocorrer entre as diversas substâncias presentes no ambiente.

A distribuição territorial dos sítios cimenteiros da Região Metropolitana de Belo Horizonte está apresentada na Figura 2, em anexo.

#### **4. Análise do uso de combustíveis e da co-incineração de resíduos e indagações quanto aos riscos da fabricação de cimento**

Como qualquer atividade industrial de grande porte, também na produção de cimento, e em especial na fabricação de cimento com emprego de resíduos industriais perigosos, os riscos tecnológicos estão sempre associados à escala das operações, e são probabilísticos, e esta probabilidade varia ao longo dos dias, das estações climáticas e no longo prazo. Significa dizer que a escala de operações, quando focalizada na questão da co-incineração, é dada pelas toneladas de resíduos perigosos que estão sendo alimentadas nos fornos de clínquer, o que exige a manipulação, o transporte, a preparação e o processamento dessas tantas toneladas de resíduos, e também do grau de periculosidade desses materiais, e dela decorre a extensão e a ampliação dos riscos a que estarão expostos trabalhadores, população e meio ambiente.

Outro aspecto que deve ser considerado nas discussões e, principalmente, nas decisões sobre a escolha dos combustíveis e sobre os riscos aceitáveis na fabricação de cimento com emprego de resíduos é o *Princípio da Prevenção*, que requer que as decisões sobre os processos industriais, as substâncias químicas perigosas e os resíduos perigosos (neste caso) ocorram quando uma dada inovação tecnológica ainda se encontra sendo testada, e não na ponta final do processo, quando a tecnologia já está implantada e empregada em larga escala.

O que observamos é que as autoridades públicas, ao concederem licenças para a co-incineração de resíduos, em vista do estágio atual do conhecimento científico e tecnológico e da inadequação das próprias exigências dos regulamentos e normas vigentes estão desconsiderando as premissas do *Princípio da Prevenção*, uma vez que as quantidades crescem e os tipos de resíduos destinados aos fornos se diversificam rapidamente, sem que tenham sido realizados estudos e pesquisas para avaliar a eficácia desta tecnologia no que se refere ao potencial e ao grau de disseminação dos riscos para a saúde humana e para o meio ambiente. Observa-se uma postura atrasada dos entes públicos em relação aos riscos e sua disseminação em larga escala. E também uma falta de compromisso pelas conseqüências indesejadas que deles possam advir. A co-incineração de resíduos é um processo complexo e inédito no Brasil, com carga importante de incertezas e de riscos, apresentando-se, na forma como está se desenvolvendo, como um *experimento social em larga escala*, o que não é mais possível permitir que ocorra.

Os procedimentos reguladores da atividade de co-incineração estabelecidos pelos órgãos ambientais ainda é incipiente diante da complexidade do tema. Particularmente, no caso do Estado de Minas Gerais, onde sequer foram realizados testes em branco ou testes experimentais para avaliação da eficiência do processo de co-incineração de resíduos nos fornos de clínquer, e onde o monitoramento da emissão de substâncias tóxicas nas chaminés das fábricas de cimento – devido à frequência e aos parâmetros (selecionados) analisados – não garante o controle da atividade (Santi, 2003), tais avanços ainda estão longe de serem considerados pelos analistas

ambientais mineiros, o que contribui para a disseminação dos riscos; não há nenhum controle sobre eles e muito menos estão sendo tomadas medidas para sua efetiva minimização.

Ao quadro já complexo agregam-se a exclusão social e as desigualdades que fazem com que a poluição ambiental afete, de forma mais grave, as populações mais pobres e marginalizadas, que são aquelas que, normalmente, habitam as áreas de risco de poluição e de acidentes; e os trabalhadores, provavelmente menos qualificados e, em geral terceirizados, que recebendo menores salários e menos treinados, estão mais expostos ao risco intrínseco e novo relacionado à presença de resíduos perigosos nas plantas cimenteiras e à falta de costume dos próprios trabalhadores no manuseio desses materiais.

Concluimos que a produção de cimento com emprego de resíduos expande o alcance dos riscos, os quais permeiam os caminhos dos resíduos, do cimento e da poluição liberada para o meio ambiente pelas unidades industriais, formando inúmeros cenários de exposição crônica ou acidental aos componentes perigosos que se movimentam de um ponto a outro da cadeia de produção e uso do cimento – coleta e acondicionamento do resíduo na planta geradora; transporte em rodovias e vias urbanas; manuseio e processamento nas plantas de fabricação de cimento; transporte e uso final do cimento –, com grande potencial de agravo à saúde dos trabalhadores e da população, e de comprometimento da qualidade ambiental, o que, indiretamente também afeta os seres humanos, a flora e a fauna, pela contaminação dos recursos ar, água e solo.

No âmbito territorial, as conseqüências do crescimento do emprego de resíduos na produção de clínquer (a) aumenta o risco de contaminação nos locais e regiões onde estão as cimenteiras e na cadeia dos usos do cimento; (b) aumenta o risco em todo o trajeto, desde o despacho do resíduo pela indústria geradora, até a alimentação do material nos fornos de clínquer; (c) diminui o risco nas regiões onde estão instaladas as indústrias geradoras de resíduos, devido à diminuição do acúmulo de resíduos no solo (aterro), ou das quantidades estocadas. Ou seja, a co-incineração, como realizada atualmente, é um processo notável de disseminação dos riscos de contaminação química associados aos resíduos industriais perigosos, que se desenvolve em escala inter-regional, *convergindo para as regiões cimenteiras*.

Nesta engrenagem geral é que se explica a disseminação dos riscos de contaminação química e que se pode dimensionar a ampliação da grandeza e do alcance dos impactos sócio-ambientais da atividade de produção e uso de cimento: a incorporação de centenas (milhares talvez) de substâncias químicas contidas nos mais distintos resíduos de processos industriais, somada à prática de preparação de misturas de resíduos e ao uso cada vez maior de mais tipos de combustíveis e de *blends* de combustíveis.

O delineamento do raio de ação dos riscos e da intensidade de suas conseqüências é objeto dos *Estudos de Avaliação e de Análise de Riscos*, mas as limitações e as incertezas dos métodos, associados às restrições para sua aplicação no espaço ocupado pelo sistema constituído pela produção de cimento com emprego de resíduos, dada a sua complexidade, determinada pela diversidade das fontes geradoras de resíduos e sua localização e distância das cimenteiras; pelas centenas de tipos de resíduos que estão sendo destinados aos fornos de clínquer com suas propriedades físico-químicas diferenciadas; pelas inúmeras possibilidades de rotas para o transporte dos resíduos; pelos aspectos tecnológicos da fabricação do clínquer e do cimento; e pelas milhares de formas e locais de utilização do cimento torna essa tarefa impossível. Não há, portanto, como garantir sobre a segurança da atividade de co-incineração de resíduos em fornos de clínquer para a população, para os trabalhadores e para o meio ambiente.

Assim, a indústria cimenteira vai tornando-se mais um elo na disseminação do risco químico, dentro e fora das fábricas e ao longo dos trajetos que interligam geradores de resíduos e consumidores de cimento, contribuindo para a disseminação dos riscos e a ampliação dos níveis de contaminação ambiental.

Para finalizar, apresentamos uma série de questões com o intuito de expandir a avaliação, para além da questão tecnológica, das situações constituídas e seus riscos, e para orientar as discussões futuras, ou mesmo, a tomada de decisão, em relação a este ou a outros casos semelhantes que se queira implantar nos sítios cimenteiros espalhados pelo Brasil afora:

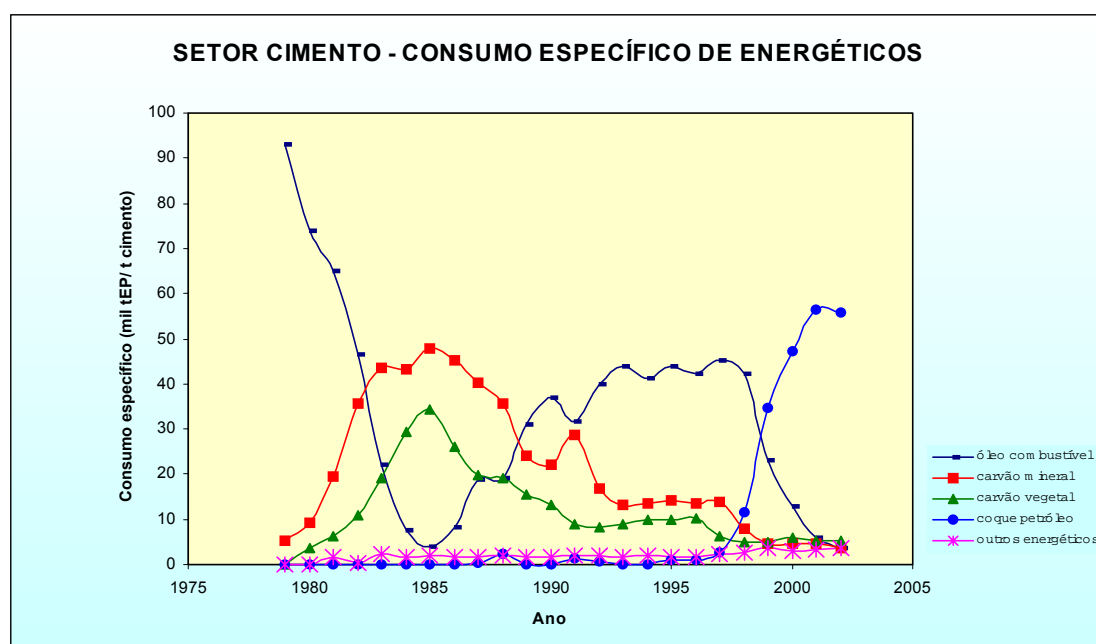
- ✓ A co-incineração de resíduos é um bom negócio para quem?
- ✓ Quem paga a conta dos custos sociais desta atividade?
- ✓ Quais são as vantagens da co-incineração (estas bastante alardeadas pelas empresas e também pelos órgãos ambientais)?
- ✓ Quais são os pontos negativos (estes, o quanto possível, bem camuflados, ou não informados)?
- ✓ Qual a relação entre a co-incineração e as políticas públicas (meio ambiente, energia, saúde, segurança pública)?
- ✓ Qual a relação entre a co-incineração e as políticas empresariais (melhoria nos balancetes, marketing ambiental)?
- ✓ A quem a atividade afeta mais (exposição aos riscos)?
- ✓ Que informações sobre os combustíveis, a co-incineração e os riscos da fabricação de cimento são apresentados à população que vive nas proximidades das fábricas ou são usuárias do cimento, e aos trabalhadores da planta industrial e da construção civil? São claras e suficientes para a percepção dos riscos pelas pessoas expostas?
- ✓ Os analistas ambientais estão devidamente capacitados ou dispõem de recursos laboratoriais e de informações (toxicológicas, climáticas, demográficas, sobre geração e emissão de poluentes em diferentes condições de operação das plantas etc.) que permitam a eles analisar com o rigor necessário os pedidos para concessão de licenças ambientais para a co-incineração de centenas de resíduos perigosos? O que dizer em relação ao licenciamento da co-incineração de *blends* de resíduos?
- ✓ A sociedade está devidamente informada sobre a extensão do emprego de resíduos na fabricação de cimento (incluindo o transporte por rodovias e vias urbanas) e sobre os riscos potenciais que decorrem dessa atividade?
- ✓ Quem responderá (será responsabilizado) pelos danos à sociedade, como, por exemplo, o desenvolvimento de doenças na população exposta durante anos seguidos à poluição oriunda das fábricas de cimento que co-incineram resíduos, considerando que tal atividade está sendo autorizada pelos órgãos ambientais?
- ✓ Quais as vantagens (em termos econômicos, por exemplo), para os municípios cimenteiros que estão se tornando local de destinação e onde estão sendo tratadas milhares de toneladas de resíduos perigosos?

Ao nosso ver, a resposta a estas questões dependerá do compromisso ético de cada um e das instituições – especialmente as de Ensino e de Pesquisa que ainda são públicas, e as agências ambientais e de saúde – com as questões maiores e atuais da Sociedade e do Meio Ambiente.

## Referências Bibliográficas

- ALBERT, L.A. (org.) *Introducción a la toxicología ambiental*. Mexico: Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1997. 471p.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN). Brasília: Ministério de Minas e Energia. [diversos anos]
- BAPTISTA, C.N. Medicina do trabalho na indústria de cimento. In: CICLO DE CONFERÊNCIAS. INDÚSTRIA DE CIMENTO: FABRICAÇÃO, CO-PROCESSAMENTO E MEIO AMBIENTE. 1995, Rio de Janeiro, *Anais ...*, Rio de Janeiro: ABCP/FEEMA, 1995. p: 203-212
- DANTAS, K.M.C. *Implantação de um sistema de gestão ambiental em uma empresa de co-processamento de resíduos em fornos de cimento; estudo de caso na Tecnosol Comércio e Serviços Ltda*. Rio de Janeiro, 2000. Dissertação [Mestrado]. Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE
- FREITAS, C.M.; PORTO, M.F.S.; PIVETTA, F. et al. Poluição química ambiental – um problema de todos, que afeta alguns mais que outros. *Bahia Análise & Dados*. v. 10, n. 4, p: 260-270, mar 2001(a)
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Índice de Desenvolvimento Humanos dos municípios brasileiros – IDH. Belo Horizonte: FJP/IPEA/PNUD. 2003. Disponível em [www.fjp.gov.br](http://www.fjp.gov.br). Acessado em 2003.
- REVISTA DO SNIC. Relatório Anual. Rio de Janeiro. [diversos anos].
- SANTI, A.M.M. *O emprego de resíduos como combustíveis complementares na produção de cimento na perspectiva da energia, da sociedade e do meio ambiente*. Estudo de caso: Minas Gerais no período 1980-1997. Campinas, 1997. Dissertação [Mestrado]. Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP
- \_\_\_\_\_. Co-incineração e co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer: investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais e propostas para a Segurança Química. Campinas, 2003. Tese [Doutorado]. Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP
- \_\_\_\_\_.; SEVÁ F<sup>o</sup>, A.O. Análise do emprego de resíduos como combustíveis complementares em indústrias de cimento no Sudeste do Brasil: anos 1980-1990. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3. São Paulo, 1998. *Anais ...* São Paulo: USP/ SBPE
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. Resíduos renováveis e perigosos como combustíveis industriais. Estudo sobre a difícil sustentação ambiental da fabricação de cimento no Brasil, anos 1990. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 8. Rio de Janeiro, 1999. *Anais ...* Rio de Janeiro: COPPE/PPE. p: 212-224
- SCORECARD. About the chemicals. [www.scorecard.org](http://www.scorecard.org). 2003
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO [SNIC]. Disponível em [www.snic.com.br](http://www.snic.com.br). Acesso em 2003
- SPRUNG, S. *Technological problems in pyroprocessing cement clinker: cause and solution*. Dusseldorf: Beton-Verlag, 1985. 129p.
- USA. Code Federal Regulations – Protection of Environment – 40 CFR. Part 260. Burning of hazardous waste in boilers and industrial furnaces. Final rule. *US Federal Register*. v.56, n. 35, p: 7134-7210. Feb 21, 1991
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [USEPA]. \_\_\_\_\_. *Regulatory determination on cement kiln dust*. 1996. 14 p. Disponível em: [www.epa.gov](http://www.epa.gov). Acesso em: 2002
- \_\_\_\_\_. *Compilation of air pollutant emissions factors*. Portland cement manufacturing. Disponível em: [www.epa.gov](http://www.epa.gov). Acesso em: 2000
- WYNTER, R.A.E. Evaluación de riesgos. In: Albert, Lilia A. (org.) *Introducción a la toxicología ambiental*. Mexico: Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1997. 471p.

**Figura 1 – Consumo específico de energéticos na indústria nacional de cimento**



Fonte: (BEN, SNIC, vários anos)

