**Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública**

Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental

Wanda Maria Risso Günther

**Texto de sistematização crítica de parte da
obra da candidata apresentado ao
Departamento de Saúde Ambiental da
Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Professor Livre Docente**

**Especialidade: Avaliação, Prevenção e
Controle da Poluição por Resíduos Sólidos**

**São Paulo
2008**

Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental

Wanda Maria Risso Günther

**Texto de sistematização crítica de parte da
obra da candidata apresentado ao
Departamento de Saúde Ambiental da
Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Professor Livre Docente**

**Especialidade: Avaliação, Prevenção e
Controle da Poluição por Resíduos Sólidos**

**São Paulo
2008**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano.

Para aqueles que sempre me motivaram:
Fernanda e Marco Antonio

AGRADECIMENTOS

A todos que, de um modo ou outro, contribuíram para a realização desse trabalho, em especial à minha família, que esteve presente em todos os momentos e que me fortaleceu com palavras de incentivo e de carinho.

Aos meus amigos, colegas e orientados, que contribuíram efetivamente com o meu trabalho, sem os quais não estaria nessa etapa da carreira.

Aos órgãos de fomento a pesquisa FAPESP, CNPq, CAPES, pelo financiamento de pesquisas e viagens a congressos que tanto contribuíram para o desenvolvimento e aprimoramento dos estudos, e pelas bolsas de mestrado e doutorado aos meus orientados.

Da mesma forma, agradeço a instituições como Organização Pan-Americana da Saúde-OPAS, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento-PNUD, W.K. Kellogg Foundation e Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement-CIRAD.

À assessoria acadêmica da FSP, sempre pronta a todos os esclarecimentos, e a todos os funcionários da faculdade que colaboraram nesta jornada.

RESUMO

Texto apresentado ao Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para o concurso de Livre-Docência. Com o caráter de texto de sistematização crítica de parte da obra da candidata, é apresentado pela autora o desenvolvimento e os resultados das pesquisas realizadas na especialidade Resíduo Sólidos no contexto da Saúde Ambiental.

No capítulo inicial é apresentado o enfoque e abrangência das pesquisas realizadas sobre o tema, os conceitos de gerenciamento e gestão de resíduos sólidos, além das metas propostas. Nos capítulos seguintes a autora descreve as pesquisas realizadas e discute a experiência nas áreas temáticas: Resíduos Sólidos Urbanos; Resíduos Industriais e Áreas Contaminadas; e Resíduos Especiais. Ao final de cada capítulo é apresentada a avaliação crítica sobre a área temática trabalhada.

ABSTRACT

Text presented to the Associate Professor Title concourse at the University of São Paulo, School of Public Health. As a paper that critically systematizes part of the candidate's work. This includes the development and the results of resources performed by the author thereof regarding solid wastes, carried out within the Environmental Health.

The first chapter presents the focus and scope of applicable research. It then introduces current methodology of Solid Waste Management. Finally, it describes goals for future research and additional actions. In the chapters, which follow, new research performed by the author will specifically address Urban Solid Waste, Industrial Waste Contaminated Areas, and Special Waste. At the end of each chapter, a critical analysis of corresponding field is presented.

APRESENTAÇÃO

Este texto de sistematização focaliza parte importante da atuação profissional como pesquisadora e docente da candidata e procura realçar as linhas de pesquisa que têm conduzido seu trabalho nestes mais de vinte anos de saúde pública. O fio condutor da atividade profissional da docente, que dá a matiz e que articula seus desdobramentos, tem sido a busca constante da aplicação da pesquisa na prática da saúde ambiental e na formação acadêmica.

As linhas de pesquisa têm se pautado em três grandes temas centrais: saneamento ambiental; resíduos sólidos e seus efeitos ambientais e à saúde; e planejamento, política e gestão ambiental, tendo a questão dos resíduos sólidos como ponto comum, articulador, que perpassa esses temas e na qual a docente tem se especializado desde o ingresso na Universidade. A inter-relação desses grandes temas é evidenciada no objetivo final: geração de conhecimento sobre a questão dos resíduos sólidos, visando à caracterização, gerenciamento e gestão, aplicação da estratégia de minimização de resíduos e redução de impactos ambientais e efeitos à saúde. Tal propósito tem levado ao estabelecimento de conceituação e caracterização de diferentes tipos de resíduos sólidos, ao desenvolvimento de indicadores, métodos e critérios de gestão e à proposição de subsídios para políticas públicas ambientais e de saúde.

O interesse pela área de resíduos sólidos surgiu da necessidade de um docente para ministrar as disciplinas sobre resíduos sólidos nos Cursos de Especialização em Engenharia de Saúde Pública e Especialização em Engenharia Ambiental, oferecidos pelo Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública. Essas disciplinas eram de responsabilidade do Prof. Walter Engracia de Oliveira, que se aposentou em 1981 e, mesmo continuando com parte de suas atividades no Departamento, foi gradativamente se afastando da atividade docente. Em 1985 a pesquisadora participou de um desses cursos de especialização, sendo, ao final, convidada pelo coordenador a participar do processo seletivo para uma das vagas que se abriam por motivo de saída de outros docentes do departamento. O processo seletivo foi realizado com base na disciplina Química Sanitária, a qual naturalmente deveria ser assumida. Embora tenha ministrado algumas aulas nesta

Apresentação

disciplina, a docente acabou por assumir as aulas das disciplinas Serviços de Limpeza Pública e Tecnologias de Controle da Poluição por Resíduos Sólidos, já em 1986, ano de ingresso na FSP. No curso de especialização, a pesquisadora já tivera o interesse despertado para a área de resíduos sólidos, talvez por se tratar de disciplina inédita em sua formação, não constante do programa do curso de engenharia civil cursado na graduação. Dessa forma, surgiu a oportunidade de literalmente abraçar a área. Com a colaboração do Prof. Arlindo Philippi Junior, que havia sido orientando do Prof. Engracia e que coordenava as disciplinas citadas e, com o entusiasmo que o tema despertava, a pesquisadora foi desenvolvendo suas próprias bases para ministrar as disciplinas. No entanto, com o envolvimento do Prof. Arlindo em outros temas emergentes na área ambiental, aos poucos a docente foi se responsabilizando pelas questões mais específicas de resíduos sólidos e ampliando o enfoque do prof. Engracia, dos resíduos sólidos urbanos para os demais tipos de resíduos gerados na sociedade moderna.

No Departamento de Saúde Ambiental, as investigações têm sido conduzidas, pela docente, em duas vertentes: ampliação de conhecimentos e preenchimento de lacunas em áreas já estudadas, como a questão da disposição de resíduos em aterros sanitários e seus impactos, abertura de novas frentes que ampliam o campo de atuação, como os estudos de resíduos especiais (resíduos de serviços de saúde, pilhas e baterias, resíduos da construção civil, pneus inservíveis, resíduos de portos, resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, entre outros), estudos de áreas contaminadas por resíduos industriais e seus efeitos, ou ainda a formulação de indicadores para gerenciamento e gestão de resíduos sólidos. A orientação das pesquisas tem sido delineada na interface da engenharia ambiental e da saúde pública, buscando inter-relacionar as questões de degradação/contaminação ambiental, decorrentes de atitudes e ações antrópicas, com seus reflexos no ambiente e na saúde humana, com forte ênfase à prevenção da poluição e minimização de resíduos.

As pesquisas têm se viabilizado por meio da participação em grupos de pesquisa na FSP e externos, do desenvolvimento de trabalhos de extensão à comunidade, da ampliação de infra-estrutura de auxílios em órgãos de fomento e convênios, mas significativamente, pela formação de recursos humanos na Faculdade de Saúde Pública e, mais recentemente, no Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental – PROCAM/USP.

Apresentação

A sistematização da obra envolveu a seleção de artigos e trabalhos, que visam proporcionar ao leitor uma visão abrangente do que foi a trajetória das pesquisas e trabalhos desenvolvidos pela autora. No texto são reproduzidos alguns dados e resultados, gráficos, tabelas e figuras que foram considerados essenciais, seguindo um encadeamento temático, antes que uma ordem cronológica. A evolução cronológica da carreira como também os fatos e oportunidades que conduziram à realização das pesquisas encontram-se no Memorial. Nessa peça, estão anexados artigos, trabalhos completos, relatórios e cópias de documentos, que conferem o detalhamento de cada fase percorrida e apresentam o desenvolvimento e resultado das investigações e trabalhos aqui considerados.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Importância dos Estudos sobre Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental	1
1.2 Tipos de Resíduos Sólidos, Fontes Geradoras e Classificação segundo Critério de Periculosidade	5
1.3 Gerenciamento e Gestão de Resíduos Sólidos	8
1.4 Enfoque das Pesquisas com Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental	15
1.5 Atividades e Metas	20
1.6 Estruturação do Trabalho	23
2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	24
2.1 Introdução	24
2.2 Resíduos Sólidos como Atividade de Saneamento Ambiental	25
2.3 Coleta Seletiva e Reciclagem	29
2.4 Tratamento e Disposição Final	38
2.5 Política e Gestão de Resíduos Sólidos	45
2.6 Avaliação Crítica	52
3. RESÍDUOS INDUSTRIAIS E ÁREAS CONTAMINADAS	55
3.1 Introdução	55
3.2 Resíduos Industriais	59
3.3 Área Contaminada por Resíduos de Indústria Galvanoplástica	63
3.4 Área Contaminada por Resíduos de Indústrias Cerâmicas	67
3.5 Áreas Contaminadas e Desenvolvimento Urbano-Industrial	77
3.6 Biomarcadores	83
3.7 Avaliação Crítica	88
4. RESÍDUOS ESPECIAIS	91
4.1 Introdução	91
4.2 Resíduos de Serviços de Saúde	91
4.3 Resíduos de Pneus Inservíveis	98

Índice

4.4 Resíduos de Pilhas e Baterias	102
4.5 Resíduos da Construção Civil	105
4.6 Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos	109
4.7 Avaliação Crítica	111
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
6. REFERÊNCIAS	119

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância dos Estudos sobre Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental

A questão dos resíduos sólidos é um dos problemas ambientais urbanos prioritários no início do século XXI. Com uma população mundial atual que supera a cifra de 6,6 bilhões de habitantes, pela primeira vez na história mais da metade dessa população está vivendo em cidades; até 2030 a população urbana deverá chegar a 5 bilhões, 60% da população mundial (UNFPA, 2007). Além da geração dos resíduos sólidos domiciliares, que por si só representam um desafio para os gestores públicos, nos ambientes urbanizados é produzida uma gama de outros tipos de resíduos, com distintas características e volume crescente que reclamam por um gerenciamento adequado.

Estimativas demográficas do Relatório da ONU (UNFPA, 2007) revelam ainda que o aumento esperado de 2,5 bilhões de habitantes, previsto para as áreas urbanizadas até 2050, se dará em países em desenvolvimento; a população urbana dessas áreas passará de 5,4 bilhões (2007) para 7,9 bilhões (2050), isso no período de 43 anos. Aliado a esse crescimento urbano nunca antes experimentado, em termos de escala e velocidade, encontram-se os graves problemas atuais com os quais a grande maioria dessas cidades convive: pobreza, criminalidade, crescimento das favelas e falta de saneamento ambiental. Paradoxalmente, nesses países, o problema dos resíduos sólidos se acentua não somente pelo crescimento urbano, mas também pela forma ambientalmente desordenada em que se processa a ocupação e uso do solo, à falta de controle ambiental e à menor disponibilidade de recursos para a implementação de ações de intervenção. Nesse cenário, o Brasil é um dos protagonistas.

Por outro lado, a questão dos resíduos sólidos tem origem nos padrões de produção e consumo e na forma de reprodução do capital. Como reflexo, os bens e produtos são passíveis de um consumo exagerado, são rapidamente incorporados aos hábitos da sociedade, programados com vida útil reduzida (COOPER, 2004) e apresentam composição cada vez mais problemática em termos ambientais. Destacam-se as inúmeras substâncias

perigosas atualmente produzidas para os mais diversos fins e utilizadas nos processos produtivos, que são encontradas nos resíduos do pós-consumo, em embalagens de produtos perigosos, nos equipamentos inservíveis, como é o caso dos resíduos de equipamentos eletro-eletrônicos, ou nos resíduos industriais e de serviços.

Inegavelmente o ambiente urbano proporciona maior facilidade de acesso a bens e serviços e melhores oportunidades. A concentração populacional permite o atendimento de infra-estrutura de serviços básicos de forma mais racional. No entanto, o adensamento populacional aumenta também a produção de resíduos sólidos e traz a reboque a questão de como gerenciar o volume gerado diariamente e a necessidade de espaço para sua disposição final. Em 2003 a Alemanha produziu cerca de 366 milhões de toneladas de resíduos sólidos totais, dos quais cerca de 50 milhões eram resíduos sólidos urbanos e quase 47 milhões eram resíduos industriais, definidos como aqueles que necessitam de supervisão específica. Desse montante, 58% dos resíduos sólidos urbanos e 42% dos resíduos industriais foram recuperados (FMENCNS, 2008). Em 2006, os EUA geraram 251 milhões de toneladas somente de resíduos sólidos urbanos, equivalendo a um valor *per capita* de 2,09 Kg/habitante/dia e reciclaram 82 milhões (32,5%) (EPA, 2006). No Brasil, em 2007, foram geradas 168.653 t/dia RSU, resultando em um valor *per capita* de 1,106 Kg/habitante/dia, dos quais 83,55% foram coletados por serviços municipais de limpeza urbana (ABRELPE, 2007).

Paradoxalmente, áreas adensadas, onde há maior produção de resíduos, invariavelmente não possuem locais disponíveis para se dispor os resíduos gerados; ainda assim, quando há disponibilidade o terreno é mais caro, mais raro e os conflitos para seu uso são mais intensos. Da mesma forma, são produzidos volumes crescentes de resíduos perigosos, que necessitam de tratamento prévio à sua disposição final, e sistemas de tratamento são raros. Portanto, a disposição dos resíduos sólidos no solo apresenta-se como a etapa mais problemática de seu gerenciamento, necessitando de outros caminhos para sua solução.

Em termos de saúde ambiental, a questão dos resíduos sólidos está contemplada nas diretrizes do saneamento ambiental, como uma das atividades básicas necessárias à adequada qualidade de vida dos agrupamentos humanos, segundo a Política Nacional de

Saneamento (BRASIL, 2008). No Brasil, a Lei Federal 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que institui a Política Nacional de Saneamento, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e enquadra a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos urbanos como uma das quatro atividades do saneamento básico, de competência municipal. No entanto, são excluídos os resíduos sólidos cuja responsabilidade recai sobre o gerador, como os resíduos industriais, resíduos dos grandes geradores comerciais e de serviços e resíduos que por suas características e volume devem merecer tratamento diferenciado.

A problemática dos resíduos sólidos é de grande complexidade e reflete no ambiente e nas condições sanitárias vivenciadas pela comunidade, estando diretamente relacionada às condições socioeconômicas e culturais da população. Considerando-se a diversidade de tipos de resíduos produzidos, sua composição, a variedade de fontes geradoras e sua classificação em termos de periculosidade, podem-se relacionar os diversos impactos ambientais e efeitos à saúde decorrentes dos vários tipos de resíduos sólidos. Os resíduos sólidos urbanos causam preocupação pela quantidade e contínua geração, enquanto que os resíduos industriais, por sua periculosidade. Embora os RSU não sejam considerados como perigosos, sua disposição final inadequada causa impactos ambientais e é fator de risco a agravos à saúde, devido à degradabilidade da matéria orgânica e à atração e proliferação de vetores de doenças infecciosas e parasitárias. A presença de substâncias químicas, que conferem periculosidade aos resíduos, representa fator de risco à saúde. A exposição humana, mesmo a baixas doses e em longo prazo como costuma ocorrer, contribui para o surgimento de agravos à saúde, principalmente com relação às doenças crônico-degenerativas, que se manifestam após longo tempo de exposição ou mesmo quando já está cessada a fonte de exposição.

Resíduos orgânicos atraem vetores de importância sanitária (moscas, mosquitos, ratos, baratas e porcos) e proporcionam ambiente adequado para alimentação e proliferação dos mesmos. Esses animais são responsáveis pela transmissão de diversas enfermidades ao homem, além de prejuízos econômicos e incômodos. A associação entre descarte inadequado de resíduos sólidos e vetores é sempre positiva e embora represente uma via indireta de transmissão (FORATTINI, 1969), tem grande importância nos impactos dos resíduos na saúde humana. A produção de chorume e geração de gases da decomposição anaeróbia são outros aspectos impactantes a serem considerados.

Em termos de poluição ambiental, os resíduos sólidos contribuem para a degradação dos diversos compartimentos ambientais: ar, solo, águas, fauna e flora. A presença de agentes químicos ou biológicos, que por suas características ou elevada concentração são considerados perigosos, pode representar perigo para o ambiente e para os organismos que nele habitam. Tais agentes são fatores determinantes do surgimento das áreas contaminadas que, em última análise, é o resultado de processos socioeconômicos não sustentáveis do ponto de vista ambiental e do decorrente uso e ocupação do solo sem observância aos parâmetros de proteção ambiental. Os agentes nocivos podem provocar alterações na estrutura e função dos organismos expostos, que se apresentam como enfermidades, incapacidades, morte e até desaparecimento de espécies animais e vegetais, assim como desequilíbrio da dinâmica natural dos ecossistemas, que propiciam em última instância o desaparecimento dos mesmos (CPEHS, 1985). As elevadas concentrações e a conseqüente bioacumulação, como também a persistência no ambiente de algumas substâncias tem ampliado os efeitos ambientais e toxicológicos.

Em termos sociais a geração de resíduos sólidos mostra-se como uma questão dialética. Ao mesmo tempo em que o descarte de resíduos traz como decorrência a presença, cada vez maior, de catadores autônomos de materiais recicláveis trabalhando em condições precárias, representa também uma nova forma de inclusão social e de trabalho e renda em países em desenvolvimento. No primeiro caso, a reciclagem informal praticada pelos catadores tem nos resíduos descartados o objeto de seu sustento, logo a atividade é realizada sem a mínima preocupação com as condições ocupacionais, de segurança ou sanitárias envolvidas. No segundo, a coleta seletiva e segregação de resíduos, atividades desenvolvidas por organizações de catadores, estabelecidas como associações ou cooperativas, têm despontado como uma alternativa de trabalho para um contingente da população sem qualificação profissional para a demanda de mercado. Essas associações, extrapolando seu objetivo último de prover emprego e renda, têm buscado integrar os participantes em atividades complementares de inclusão social. Preocupação maior representa a atividade de catação exercida diretamente nos locais de disposição de resíduos a céu aberto (lixões) ou mesmo nas ruas. Nesse caso, a exposição a situações de risco de acidentes com materiais perfurocortantes e ao contato direto com resíduos infectantes e/ou

perigosos, é realizada em condições totalmente indesejáveis de trabalho, aliadas à condição insalubre de moradia e à prática de ingestão de alimentos encontrados no lixo.

Os problemas de saúde pública relacionados aos resíduos sólidos tendem a se agravar à medida que o crescimento populacional, o desenvolvimento tecnológico e a produção e o consumo produzam volumes crescentes de resíduos sólidos, cada vez mais complexos e perigosos, e seu gerenciamento adequado não seja praticado. Dessa forma, é inegável a importância dos estudos sobre resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental. Esforços devem ser efetuados para que a pesquisa, a geração de conhecimento, o ensino e a aplicação do conhecimento nessa área considerem a inter-relação sociedade-ambiente-saúde, na qual as ações antrópicas, basicamente de cunho sociocultural e econômico, são determinantes de impactos ambientais e de agravos à saúde das populações.

1.2 Tipos de Resíduos Sólidos, Fontes Geradoras e Classificação segundo Critério de Periculosidade

Resíduos sólidos incluem todos os materiais sólidos ou semi-sólidos que o possuidor não considera com valor suficiente para conservá-lo (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993). Nessa definição é importante o referencial, ou seja, quem é o possuidor, pois o que é resíduo para uma pessoa, pode ser matéria-prima para outra. No entanto, a definição brasileira para resíduos sólidos, dada em norma técnica nacional inclui, além daqueles no estado sólido e semi-sólido, também alguns resíduos líquidos com particularidades definidas (ABNT, 2004). Essa norma inclui a categoria dos resíduos hospitalares, mas esquece os resíduos da construção e demolição. Na ausência de uma política nacional para a questão, e considerando-se a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, depara-se com a seguinte definição: resíduos sólidos são os materiais decorrentes de atividades humanas em sociedade, e que se apresentam nos estados sólido ou semi-sólido, como líquidos não passíveis de tratamento como efluentes, ou ainda os gases contidos. Assim, estão incluídos no estudo dos resíduos sólidos, os resíduos pastosos e alguns líquidos e gases contidos, como também resíduos comuns e perigosos, por distintas categorias de periculosidade. Esse fato, além de ampliar o escopo do tema resíduo sólido,

requer uma compreensão abrangente da questão e necessita ainda que seja especificado o tipo e características de cada resíduo a ser estudado.

O conhecimento sobre os tipos e fontes de resíduos sólidos, além da composição e taxa de geração, é básico para o projeto e operação das unidades que integram o sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos. Numa dada comunidade, as fontes de resíduos sólidos em geral estão relacionadas ao uso do solo e zoneamento e a classificação das categorias de resíduos enquadra-se, geralmente, nas seguintes fontes: residencial, comercial, institucional, industrial, resíduos da limpeza pública, de construção e demolição, resíduos das estações de tratamento e resíduos agrícolas (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993). Esta classificação em função da origem é seguida, de modo geral, em âmbito mundial. Um termo muito utilizado é a denominação de resíduos sólidos urbanos-RSU ou resíduos sólidos municipais, como utilizado na língua inglesa (municipal solid waste-MSW) e em países latinos de língua espanhola (residuos sólidos municipales-RSM). Essa categoria inclui resíduos sólidos provenientes da atividade residencial, comercial, institucional, industrial (pequena indústria e artesanal), varrição e limpeza de áreas públicas e cuja gestão é responsabilidade das autoridades municipais (OPAS, 2005). No Brasil, sob esta categoria estão considerados os resíduos cuja responsabilidade cabe aos serviços municipais de limpeza urbana. Nos EUA, esta denominação normalmente inclui todos os resíduos gerados numa dada comunidade, exceto os resíduos do processo industrial e da agricultura. Na União Européia, a diretiva 1999/31/CE (1999) define resíduo urbano como aqueles provenientes das habitações privadas, como também outros resíduos que, pela sua natureza ou composição sejam semelhantes aos resíduos provenientes das habitações.

A tipificação e a caracterização dos resíduos sólidos é uma das questões que devem ser observadas com atenção, pois a denominação de determinada categoria não significa que esteja representando os mesmos resíduos, em diferentes países ou mesmo em distintas localidades. Em nosso país, isso é visível nos capítulos das leis estaduais que estabelecem as Políticas de Resíduos Sólidos. Em distintos estados da federação são encontradas diferentes classificações e denominações, o que dificulta a comparação entre categorias que não representam o mesmo universo, trazendo problemas quando do transporte interestadual para tratamento ou disposição final. A inclusão de determinada fonte de resíduos nessas categorias é sempre de modo elucidativo e não de modo exaustivo, ou seja, são listadas

algumas fontes em dada categoria, como forma de exemplificar o que cabe ali, mas a categoria não se fecha apenas nas fontes citadas. A interpretação que se faz com relação ao tipo de resíduo gerado em cada fonte é que possibilita a variação na classificação.

Essas considerações apontam para a necessidade de estabelecer claramente as definições para cada categoria de resíduo sólido. Definições consistentes formam a base para um sustentável sistema de quantificação, o que permite a uma entidade classificar os resíduos e comparar esta classificação com as de outras entidades, além de facilitar o diálogo com todas as partes afetadas e interessadas (TCHOBANOGLIOUS e KREITH, 2002). Conseqüentemente, o uso de dados publicados requer considerável cuidado, julgamento e bom senso (TCHOBANOGLIOUS et al., 1993).

Outra questão importante refere-se à classificação, baseada na periculosidade que os resíduos podem apresentar. No Brasil, o conjunto de normas técnicas, representado pelas NBR 10.004/04, 10.005/04, 10.006/04 e 10.007/04 define, classifica, especifica os testes auxiliares da classificação e estabelece os procedimentos de amostragem para a classificação dos resíduos sólidos (ABNT, 2004). A classificação considera os riscos que os resíduos sólidos apresentam ao ambiente e à saúde pública e os enquadra em resíduos perigosos (Classe I) e resíduos não perigosos (Classe II), estes subdivididos em não perigosos e não inertes (Classe IIa) e não perigosos inertes (Classe IIb).

A origem dos resíduos não determina, necessariamente, sua classificação quanto à sua periculosidade. Resíduos sólidos domiciliares, classificados como não perigoso e não inerte (Classe IIa) podem abrigar alguns resíduos perigosos em sua composição, como pilhas e baterias, embalagens de produtos clorados, de tintas e vernizes e alguns resíduos eletroeletrônicos, por exemplo. Em países desenvolvidos, é comum a segregação desses resíduos - denominados resíduos domiciliares perigosos -, e sua coleta diferenciada, o que permite tratamento e disposição final específica; essa é uma meta a ser colocada para os países em desenvolvimento, num futuro próximo.

Resíduos perigosos são gerados em várias atividades, mas principalmente em processos produtivos industriais. Os resíduos perigosos necessitam de gerenciamento específico com vistas a reduzir ou eliminar o risco inerente, ao ambiente e à saúde humana; o gerenciamento desses resíduos normalmente inclui necessariamente a etapa de

tratamento, para reduzir ou eliminar a periculosidade. Nesse sentido, os resíduos industriais merecem mais atenção e são gerenciados separadamente dos resíduos sólidos urbanos. O mesmo acontece com alguns outros resíduos de origem diversa que apresentam alguma das características de periculosidade: corrosividade, reatividade, toxicidade, inflamabilidade, patogenicidade e radioatividade.

No entanto, a classificação dos resíduos em função da origem não tem conseguido abarcar a totalidade de tipos de resíduos que merecem importância mais pelas características inerentes que pela procedência. Há uma gama de resíduos que resultam de distintas atividades desenvolvidas em diferentes ambientes, não sendo exclusivos de uma única origem, como é o caso dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, pilhas e baterias, pneus inservíveis, resíduos de madeira, entre outros. De uma maneira geral, as políticas estaduais de resíduos sólidos não têm trabalhado bem com esta questão e o Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA tenta, por meio de resoluções, suprir essa lacuna, estabelecendo a definição, caracterização e as formas de gerenciamento adequadas para cada tipo específico de resíduo. Isso acontece a partir do momento em que a sociedade volta sua atenção para o tipo de resíduo em questão, demanda que ocorre por causas e interesses diversos.

Assim, para se trabalhar com a questão dos resíduos sólidos, primeiramente deve-se atentar para sua caracterização e classificação, que é a chave para todo o processo que se desencadeará desse ponto e que será definido a partir do mesmo.

1.3 Gerenciamento e Gestão de Resíduos Sólidos

O fato de existirem resíduos gerados por uma sociedade e a necessidade de descartá-los origina uma cadeia de procedimentos, a qual envolve a organização de um sistema de gerenciamento desses resíduos. Este sistema contempla um conjunto de atividades que compreende as etapas de: acondicionamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final.

A responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos varia conforme sua origem. A administração municipal tem a responsabilidade de gerenciar os resíduos domiciliares, comerciais (até determinado volume, dependendo do município) e públicos, ou seja, aqueles considerados, no Brasil, como resíduos sólidos urbanos-RSU. A Constituição Federal, em conformidade com o artigo 23, inciso IX e o artigo 30, incisos I e V, estabelece que o gerenciamento dos serviços públicos de limpeza urbana (serviço público de interesse local), no âmbito dos limites municipais, é de competência municipal (BRASIL, 1988). No caso de resíduos de serviços de saúde, industriais, agrícolas, de portos e aeroportos, e resíduos da construção civil, a competência é do próprio gerador.

Mesmo com a exigência de um serviço de limpeza urbana municipal e admitindo-se a realização dos serviços nos núcleos urbanos, nem todos os resíduos sólidos gerados são coletados. Muitas vezes os resíduos coletados têm o mesmo destino que os não coletados, lançados no ambiente de forma inadequada, não raro em corpos d'água. Esse fato ocorre por questões culturais ou ainda devido à parcialidade na prestação dos serviços de limpeza urbana. Dados da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios aponta que 20,1% dos domicílios brasileiros não são atendidos pelos serviços de coleta regular municipal (IBGE, 2001). Na América Latina e Caribe, em 2001, entre 60 e 80% dos resíduos sólidos gerados foram coletados, porém somente 23% tiveram disposição final aceitável, do ponto de vista sanitário e ambiental (OPAS, 2005).

Embora a legislação ambiental brasileira responsabilize diretamente os administradores municipais pela execução inadequada dos serviços de limpeza urbana, não há, em contrapartida, regulamentação que apóie a Administração na consecução de um modelo de gerenciamento que garanta a receita necessária à prestação dos serviços. Muitos municípios não contam com receita específica suficiente para enfrentar as necessidades orçamentárias da execução dos serviços de limpeza urbana. A Lei Federal N. 9605, denominada Lei de Crimes Ambientais prevê a responsabilização dos administradores municipais e seus prepostos, administrativa, civil e criminalmente em casos de poluição e outros crimes lesivos ao meio ambiente (BRASIL, 1998).

Entretanto, devido ao caráter complicado da logística dos serviços e à decisão de muitos governos municipais de terminar com as subvenções, há uma tendência cada vez

maior de formação de empresas autônomas para operarem os serviços de limpeza urbana, com o objetivo de conferir a essas empresas maior agilidade e autonomia operativo-administrativa. Ainda que as atividades administrativas de formulação de políticas e de planejamento continuem como responsabilidade do município ou de sua empresa, na parte operacional observa-se uma tendência crescente de outorgar concessões a empresas privadas para a prestação dos serviços (DURÁN DE LA FUENTE, 1997).

Assim, em se tratando de resíduos sólidos urbanos, ou industriais, ou de outros resíduos cuja responsabilidade cabe ao próprio gerador, busca-se o gerenciamento de modo a equacionar as necessidades operacionais dos serviços, de forma eficaz e eficiente, para reduzir as pressões ambientais a níveis sustentáveis.

Na língua portuguesa há necessidade de se conceituar os termos gerenciamento e gestão, pois ambos têm conotação diferente, o que não ocorre na língua inglesa quando se utiliza apenas gerenciamento (management). Por gerenciamento de resíduos sólidos se entende as etapas operacionais que vão desde a geração até a disposição final, que envolve o fluxo dos resíduos do berço até ao túmulo, como se costuma dizer. Após a geração, o resíduo passa pelas etapas de acondicionamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento (processamento ou transformação) e disposição final (colocação no solo), as quais integram o gerenciamento. Por se tratar de etapas operacionais, o gerenciamento dos resíduos sólidos sempre esteve ligado a questões da engenharia (civil, sanitária e mais recentemente ambiental), buscando solucionar o problema do afastamento do lixo produzido no meio urbano, mediante uma logística de implantação de sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição final, com o mínimo de impactos ambientais e sanitários e ao mínimo custo.

Até meados da década de 1970, período em que se realizou a Conferência de Estocolmo sobre Meio Ambiente, os resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas eram considerados como uma questão que devia ser resolvida por meio da coleta, afastamento da fonte geradora e a disponibilidade de um local para lançamento dos resíduos no solo. A logística da coleta e transporte perdura até hoje, como a diretriz predominante no conjunto das atividades dos sistemas de limpeza urbana no Brasil e na América Latina e Caribe. No entanto, esse modelo já não se afina mais nem com as pautas internacionais que pregam a gestão integrada dos resíduos sólidos, nem tampouco com os Objetivos do

Desenvolvimento do Milênio apregoados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento-PNUD (PNUD, 2005).

Enquanto as práticas tradicionais tratam de forma parcial o problema, pois consideram apenas a administração dos sistemas e o manejo das plantas de tratamento e disposição final, a gestão dos resíduos sólidos vai além dos aspectos operacionais, envolvendo, em uma visão mais abrangente, os demais aspectos relacionados com a questão: sociais, econômicos, ambientais e de saúde. No entanto, o termo que atualmente é utilizado como novo paradigma da questão dos resíduos sólidos é *gestão integrada*.

Entende-se por gestão integrada de resíduos sólidos o conjunto articulado e inter-relacionado de ações normativas, operativas, financeiras, de planejamento, administrativas, sociais, educativas, de monitoramento, supervisão e avaliação para o gerenciamento dos resíduos, desde sua geração até sua disposição final, com o objetivo de obter benefícios ambientais, otimização econômica e aceitação social, respondendo às necessidades e circunstâncias de cada localidade ou região (OPAS, 2005). O conceito de gestão integrada de resíduos sólidos considera todo o ciclo de produção, consumo, descarte e destino dos resíduos sólidos. A operacionalização deste conceito envolve desde a minimização da geração dos resíduos no processo produtivo, incluindo as embalagens, até a maximização de seu reaproveitamento, por meio da implantação de sistemas de coleta mais adequados a cada situação, além de tecnologias e processos de tratamento, reutilização e reciclagem. Dessa maneira sobram para disposição no solo, apenas os resíduos que não tenham nenhuma utilidade (PENIDO e MONTEIRO, 2006). Nessa nova proposta, os resíduos são sempre considerados por seu valor agregado, ou seja, são vistos como matéria-prima para a produção de novos produtos por meio da reutilização, reciclagem e recuperação de biomassa ou energética. A aplicação prática desse enfoque leva à minimização da quantidade de resíduos destinados para disposição no solo, o que colabora com a sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas, pela redução dos resíduos a serem coletados, transportados, tratados e dispostos em aterros sanitários, os quais ocuparão menor espaço e terão sua vida útil prolongada. Por outro lado, cria possibilidade de geração de emprego e renda e propicia o retorno dos resíduos ao ciclo produtivo. Este modelo vem de encontro ao preconizado pela Agenda 21: transformação da matriz de produção e

consumo considerando-se o princípio dos 3 Rs – reduzir, reutilizar e reciclar, ao qual se incorporou o 4º. R – recuperação, de biomassa ou de energia.

A gestão integrada de resíduos sólidos deve contemplar a sustentabilidade nas dimensões social, econômica, ambiental e de saúde, como também a interação entre os atores envolvidos: o poder público responsável pelo gerenciamento, representado pelo conjunto de órgãos públicos que atuam com interface nos problemas e soluções nesta área; o setor privado, executor dos serviços; e a sociedade civil (GÜNTHER e GRIMBERG, 2006). No entanto, mesmo em países desenvolvidos, a gestão integrada, como aqui colocada, é uma meta almejada. Atualmente, tem se trabalhado na integração das etapas operacionais do gerenciamento, criando-se um sistema no qual há articulação entre as partes e são considerados os diferentes tipos de resíduos gerados, o qual promove a minimização de resíduos e seu máximo reaproveitamento e que tem sido denominado de gerenciamento integrado, como o exemplo de Porto Alegre apresentado na Figura 1. No Brasil, de uma maneira geral, as questões que envolvem a intersetorialidade e interinstitucionalidade deixam a desejar. Se há articulação entre o setor público e o privado, a sociedade civil, muitas vezes, assume um papel passivo ou não é chamada a participar. Questões como a participação social e principalmente o controle social do sistema estão longe de figurar como o preconizado na gestão integrada. Em países ou localidades onde não há tradição em participação social ou o acesso da sociedade civil é restrito, como é o caso do Brasil e demais países latino-americanos, a população assiste sem contestar às soluções propostas e implantadas pelo poder público em parceria com o setor privado.

Tema que tem mobilizado a sociedade civil, principalmente das principais capitais dos países latino-americanos e cidades brasileiras de grande e médio porte, é a questão da coleta seletiva e triagem de materiais recicláveis realizada por catadores de resíduos. A reciclagem informal é amplamente difundida na América Latina; o Brasil é o país que mais recicla materiais, em grande parte à reciclagem praticada de modo não formal. Essa prática tem crescido especialmente em países que enfrentaram rápidas e profundas crises econômicas, como é o caso da Argentina e Uruguai, como aumento da pobreza e do desemprego (OPAS, 2005). Contribuem para isso também, fatores como o aumento de materiais recicláveis no lixo, o crescimento do mercado da reciclagem, a economia que a reciclagem representa para muitos processos produtivos, a exclusão dessa população do

sistema formal de trabalho e até maior informação e conscientização em relação às questões ambientais. Uma modalidade importante de programa de coleta seletiva consistiu em iniciativas em que o poder público estabeleceu parcerias com catadores organizados em cooperativas ou associações. Esses programas se multiplicaram no país e se tornaram modelo de política pública de resíduos sólidos com inclusão social e geração de trabalho e renda para a população carente e sem qualificação.

Figura 1 - Esquema do gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos do município de Porto Alegre.

Extraído de: DMLU, 2002 apud GÜNTHER e GRIMBERG, 2006

No entanto, embora essa organização social, apoiada e principalmente sustentada por ONGs, tenha conseguido resultados importantes, como o registro da função de *catador de materiais recicláveis* como categoria de trabalho, junto à Classificação Brasileira de Ocupações-CBO (MTE, 2002), a criação do Fórum Nacional e de Fóruns Estaduais de Catadores, e a parceria com vários programas municipais de coleta seletiva, ainda não se conseguiu a integração dos catadores no sistema de resíduos sólidos. O serviço de coleta e

beneficiamento dos recicláveis realizado pelas organizações, que em última instância significa menos resíduos no sistema formal de coleta e transporte, além de menor volume para tratamento e disposição em aterro, não é remunerado. As organizações de catadores seguem paralelas ao sistema, sobrevivendo unicamente do recurso conseguido com a venda dos recicláveis que conseguem comercializar. Tal fato interfere diretamente na sustentabilidade econômica das organizações, que apresentam como pontos frágeis a organização e as condições de trabalho.

No Brasil, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos foi evoluindo, a partir da década de 1970, quando se despertou para a questão. Na década de 1980, a prioridade era a coleta, o transporte e a disposição no solo, raramente em aterros sanitários. Na década seguinte, a coleta seletiva e a reciclagem de resíduos entraram em cena. Além da reciclagem informal, que sempre existiu, a implantação de Programas Municipais de Coleta Seletiva possibilitou a incorporação de várias organizações de catadores em parceria, além de outras iniciativas institucionais, principalmente apoiadas por ONGs; surgiram os centros de triagem de resíduos e a oferta de recicláveis incentivou o mercado reciclador. No início do século XXI, há um esforço para que os resíduos sejam encaminhados para aterros sanitários, adequadamente projetados, com licença ambiental, implantados e operados de modo responsável. Infelizmente, isso não é preocupação em todos os municípios do país. A grande maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte ainda prioriza o afastamento dos resíduos do meio urbano e o lançamento no solo, nem sempre de forma adequada. Por outro lado, entra em pauta a questão da recuperação do gás de aterro (biogás), impulsionada pelos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto (UNITED NATIONS, 1998). A utilização do biogás, que permite a comercialização de créditos de carbono, inclui a geração de energia elétrica, o aproveitamento de calor gerado na queima, ou a simples queima (flaring) para reduzir a emissão de gás metano ao ambiente. Com relação a essa questão, o Brasil ocupa o terceiro lugar entre os países com maior número de registros de projetos, com 145 projetos registrados (12,54%), atrás da Índia (356 – 30,8%) e China (263 – 22,75%), sendo que 71 desses projetos referem-se a manejo e disposição de resíduos (UNFCCC, 2008).

1.4 Enfoque das Pesquisas em Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental

O estudo dos RS no Brasil tem se pautado pelas tendências internacionais, embora com certa defasagem natural e adaptação às condições regionais e locais, com priorização das questões de disposição final em aterros sanitários. O país não conta ainda com uma política nacional de resíduos sólidos para fornecer as diretrizes e estratégias de ação. Nessa lacuna, vários estados estabeleceram sua política estadual, com pontos conflitantes entre um estado e outro. Por outro lado, o problema dos resíduos sólidos é uma questão local, de competência municipal, estabelecida pela Constituição de 1988 (BRASIL, 1988). Nesse contexto, dada às condições e interesses municipais, a prioridade é quase sempre dada ao gerenciamento, o que por si só representa um dos desafios da administração pública municipal. Assim, aspectos que enfoquem a prevenção perdem lugar para os operacionais e de controle.

No domínio da saúde pública, à qual se encontra articulada a saúde ambiental, a prevenção é importante. Prevenir remete ao significado de “preparar; chegar antes de; dispor de maneira que evite (dano, mal)” (FERREIRA, 1986). Os projetos de prevenção e de educação em saúde estruturam-se mediante a divulgação de informação científica e de recomendações normativas de mudanças de hábitos (CZERESNIA, 1999). Assim, no contexto das transformações das abordagens tradicionais da saúde pública para as novas abordagens e admitindo-se as questões trazidas por MORIN (1983) quanto à complexidade dos processos na área da saúde, como também na área ambiental, a perspectiva da promoção da saúde entra em cena. Este conceito retomado e revalorizado, afirma as relações entre saúde e condições de vida. A idéia de promoção envolve a de fortalecimento da capacidade individual e coletiva para lidar com a multiplicidade dos condicionantes da saúde. Promoção, nesse sentido, vai além de uma aplicação técnica e normativa, aceitando-se que não basta conhecer o funcionamento das doenças e encontrar mecanismos para seu controle. Ao mesmo tempo, vêm se firmando perspectivas progressistas, que enfatizam uma outra dimensão do discurso da promoção da saúde, ressaltando a elaboração de políticas públicas intersetoriais, voltadas à melhoria da qualidade de vida das populações. Promover a saúde alcança, dessa maneira, uma abrangência muito maior do que a que circunscreve o

campo específico da saúde, incluindo o ambiente em sentido amplo, atravessando a perspectiva local e global, além de incorporar elementos físicos, psicológicos e sociais (CZERESNIA, 1999).

Logo, a proposta metodológica sob a qual a problemática dos resíduos sólidos tem sido trabalhada pela docente e que representa um diferencial em relação a outras abordagens, engloba três aspectos importantes: a gestão voltada à promoção da saúde, à prevenção de situações de risco ambiental e sanitário e ao controle de danos ocorridos; a minimização de resíduos e a prevenção à poluição, considerando-se os resíduos como fator de risco; e a educação ambiental para a cidadania.

A estratégia de minimização de resíduos, aplicada principalmente aos resíduos perigosos, contempla a redução tanto quantitativa como qualitativa e baseia-se no tripé: redução na fonte geradora, recuperação dos resíduos e tratamento, antes da disposição final no solo (BATSTONE et al., 1989). Privilegiando-se a primeira etapa, tem-se o caráter preventivo, pois ao se reduzir a geração, minimiza-se também os conseqüentes impactos e riscos, dentro do que a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos–EPA denominou de *prevenção à poluição* (EPA, 2008). A estratégia norte-americana de prevenção à poluição (P2) enfatiza o caráter preventivo da atuação, quando afirma que a redução na fonte é fundamentalmente diferente, e mais desejável, que o gerenciamento dos resíduos e o controle da poluição. Amplia também o escopo, estabelecendo uma política nacional de P2 voltada a todo tipo de poluição e não só pensada para os resíduos perigosos, como em sua gênese. Nessa estratégia, o fluxo da poluição deve seguir os passos: prevenir ou reduzir na fonte sempre que possível, reciclar e tratar sempre de maneira ambientalmente segura, e liberar ao ambiente, de forma segura, como último recurso (EPA, 2008). Essa estratégia tem sido também empregada nos países da União Européia, cujas diretivas estabeleceram metas de redução de resíduos biodegradáveis encaminhados a aterros de resíduos. A meta estipulada em relação à quantidade depositada no solo em 1995, previa redução a 75%, em cinco anos; a 50%, em 8 anos; e a 35%, em 15 anos. Além disso, a partir de julho de 2005, apenas deveriam ser admitidos em aterros, resíduos submetidos a tratamento prévio, que os transformem em resíduos inertes (GRI, 2008).

A etapa de redução na fonte geradora é estratégia preventiva, visa diminuir a quantidade de resíduos sólidos gerados, ou seja, trabalha o conceito da *não geração*, enquanto as demais estratégias de redução são paliativas e se aplicam ao resíduo efetivamente gerado. A maneira mais efetiva de atingir o objetivo da redução na fonte é eliminar a geração de resíduos. A redução na fonte também conhecida como *prevenção de resíduo*, é definida pela EPA (EPA, 2008) como qualquer modificação no projeto, no processo produtivo, na compra ou uso de materiais ou produtos e até mesmo de ações sobre o trabalhador, de modo a reduzir a quantidade ou toxicidade dos resíduos gerados, antes de se tornarem rejeitos do processo produtivo.

Na etapa de recuperação, que engloba a reutilização, a reciclagem e a recuperação energética ou de biomassa, e na etapa subsequente de tratamento dos resíduos sólidos, têm sido desenvolvidos, pela docente, estudos das questões que envolvem a valorização dos resíduos com enfoque multidisciplinar, particularizando os aspectos socioeconômicos, investigações tecnológicas e científicas sobre os métodos e técnicas empregados, além de estudos sobre impactos decorrentes.

Considerando-se os resíduos como fatores de risco, a pesquisadora tem trabalhado aspectos da exposição humana a contaminantes presentes nos resíduos e os efeitos ambientais e à saúde, a questão das áreas contaminadas e dos passivos ambientais e, mais recentemente, pesquisas sobre biomarcadores humanos.

A educação ambiental para a cidadania, que resulta na minimização de resíduos e de seus efeitos, tem sido abordada menos em seus aspectos de ensino formal, e mais junto a grupos populacionais de dada área ou município. Nesse enfoque, busca-se o envolvimento da população local, valorizando-se os processos educativos e as oportunidades que a vida cotidiana oferece às pessoas para perceberem e efetivarem mudanças comportamentais e conscientização sobre o ambiente e saúde. Nessa perspectiva de ganho de ambos os lados e de transformação da realidade local, objetiva-se como resultado acadêmico a geração de conhecimento em termos de metodologias de abordagem e de ação, além do desenvolvimento de práticas participativas, capazes de resultar num ambiente mais saudável. Especial atenção é dada também à redução dos riscos sanitários e ambientais e em melhoria da qualidade de vida das populações, objetivos da saúde ambiental.

Além da interface ambiente-saúde, sempre presente, os projetos têm sido orientados aos novos tipos de resíduos, ampliando o foco dos resíduos sólidos urbanos para os resíduos industriais de diferentes processos produtivos e os denominados *resíduos especiais*, ainda pouco explorados no Brasil e nos países da América Latina em geral. Dessa maneira, não raro os estudos são exploratórios, no sentido de levantar dados, identificar fontes, causas e efeitos para, num segundo momento, aprofundar em pontos importantes, estabelecendo as correlações e permitindo traçar estratégias de ação e controle. Os resultados das pesquisas, muitas vezes, têm subsidiado a normativa e políticas públicas no setor, por meio de participação da docente em câmaras técnicas e comissões para discussão e encaminhamento de propostas para normas técnicas e legislação, em âmbito nacional e estadual.

Segundo essa linha de pensamento, as pesquisas e os trabalhos da docente não têm sido focados na geração de tecnologias e sim direcionados a aspectos da gestão dos resíduos sólidos, principalmente nas pesquisas que envolvem os novos tipos de resíduos ainda não explorados o suficiente. Nesse contexto, em vez de se limitar a incorporar as questões ambientais, tendo como único objetivo cumprir os padrões determinados pelos órgãos ambientais (VILELA e DEMAJOROVIC, 2006), busca-se a integração do componente saúde em todas as ações possíveis, para que essas se traduzam em benefícios na visão da saúde ambiental.

Devido à formação da docente em engenharia civil e sociologia, além da especialização em engenharia em saúde pública, e às oportunidades profissionais, incluindo o trabalho prévio na área de saneamento, principalmente com água e esgotos, questões dessas áreas estão presentes nas pesquisas e trabalhos, conferindo uma visão mais abrangente das questões envolvidas. Da mesma forma a docente tem integrado grupos de pesquisa e trabalho com profissionais de distintas formações e buscado a interdisciplinaridade, o que é uma premissa da saúde pública e ambiental. Certamente por isso, tem atuado como orientadora de profissionais das mais variadas formações, além da engenharia: química, geologia, administração, biologia, odontologia, fisioterapia, sociologia, advocacia, educação e jornalismo.

Devido à formação da docente em engenharia civil e sociologia, além da especialização em engenharia em saúde pública, e às oportunidades profissionais, incluindo o trabalho prévio na área de saneamento, principalmente com água e esgotos, questões dessas áreas estão presentes nas pesquisas e trabalhos, conferindo uma visão mais abrangente das questões envolvidas. Da mesma forma a docente tem integrado grupos de pesquisa e trabalho com profissionais de distintas formações e buscado a interdisciplinaridade, o que é uma premissa da saúde pública e ambiental. Certamente por isso, tem atuado como orientadora de profissionais das mais variadas formações, além da engenharia: química, geologia, administração, biologia, odontologia, fisioterapia, sociologia, advocacia, educação e jornalismo.

As pesquisas têm sido desenvolvidas de modo integrado com outras unidades da USP ou outras instituições externas, inclusive e porque o Departamento de Saúde Ambiental não conta com um laboratório de resíduos sólidos. Quando necessário tem sido utilizado os laboratórios e equipamentos dos Institutos de Química e de Geociências da USP, e de outras instituições como Adolpho Lutz, CETESB e laboratórios privados específicos para determinadas análises. Na nova perspectiva de modificação e ampliação dos laboratórios do departamento, já foi evidenciada a necessidade de implantação de um laboratório de resíduos, ainda que seja inicialmente para os testes mais simples e seguindo com utilização dos laboratórios de outras unidades da USP para as análises específicas, enquanto não atingimos total autonomia nesse sentido. Projeto de pesquisa que englobe essa possibilidade já foi redigido e a busca de recursos já teve início junto a instituições de fomento e também junto a empresas privadas, via Agência de Inovação da USP.

As pesquisas nas quais a docente tem participado no Departamento de Saúde Ambiental, ou como representante deste, têm sido conduzidas para o desenvolvimento de novos conhecimentos ou aprofundamento dos já existentes, dentro do enfoque de minimização de impactos ambientais e redução de efeitos à saúde. A diretriz tem avançado no sentido da prevenção de danos, da premissa de agir na causa e evitar o efeito, perseguindo a máxima de *poluir menos que limpar mais*. Assim, busca avaliar para poder prevenir o que pode ser prevenido e controlar aquilo que não é passível de prevenção ou que não conseguiu ser prevenido, estabelecer as etapas do gerenciamento para clareza do fluxo dos resíduos e das atividades e ações relacionadas, pensar sempre no plano de

gerenciamento dos resíduos e em sua gestão, de modo articulado e integrado. Dentro desse enfoque, as pesquisas e orientações têm considerado as interfaces envolvidas, reunindo diferentes profissionais de várias formações para discussão e enriquecimento na busca da geração de conhecimento.

Os capítulos que seguem trazem parte dos estudos que a pesquisadora tem realizado em resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental, salientando alguns resultados e as linhas de pesquisa de atuação.

1.5 Atividades e Metas

O conjunto de pesquisas e atividades correlatas desenvolvidas desde o doutoramento contribuiu para o avanço da especialidade Avaliação, Prevenção e Controle da Poluição por Resíduos Sólidos no Departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP, a qual evoluiu desde as pioneiras discussões sobre a problemática dos resíduos sólidos urbanos na América Latina, trazidas pelo Prof. Walter Engracia de Oliveira, na década de 1960. O pioneirismo do professor Engracia nessa área constituiu em trazer, para discussão técnica na academia, a prática do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, implantada na administração pública de capitais e cidades brasileiras e latino-americanas de grande porte. A Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública-ABLP foi criada formalmente em 1970, nas dependências da Faculdade de Saúde Pública, com o objetivo de congregar os técnicos para estudar, debater e divulgar as técnicas empregadas no setor. A partir dessa época, a questão dos resíduos sólidos passou a ser um dos temas tratados no Departamento de Saúde Ambiental e dentro da cátedra de Saneamento Geral.

A especialidade, atualmente coordenada pela docente, incorporou a preocupação da área ambiental e dos novos tempos, avançando da questão dos resíduos sólidos urbanos para os resíduos de serviços de saúde; resíduos industriais, áreas contaminadas; e resíduos especiais. Atualmente, as linhas de pesquisa podem ser divididas em três grandes áreas: i) Engenharia Ambiental e Tecnologias de Saneamento Ambiental; ii) Saúde e Ambiente; e iii) Política, Planejamento e Gestão Ambiental. Dentro dessas três linhas de pesquisa, respectivamente, a atuação tem incluído os temas: 1) Saneamento Ambiental; Sistemas de

Resíduos Sólidos Urbanos, Industriais e Especiais; Avaliação, Prevenção e Controle da Poluição do Solo; Estudo e Recuperação de Áreas Degradadas e Contaminadas. 2) Modificações Ambientais e Saúde; Indicadores Ambientais e de Saúde e 3) Políticas Públicas e Meio Ambiente; Instrumentos de Política e Gestão Ambiental; Planejamento e Gestão do Solo; e Educação Ambiental.

O Grupo de pesquisa *Controle da poluição do solo e por resíduos sólidos*, inscrito no CNPq, foi criado pela docente e está sob sua coordenação, desde 1992. A docente integra também o Grupo de Pesquisa *Observatório de Saúde Pública, Ambiente e Diversidade Social*, criado em 2008, alocado no Departamento de Epidemiologia da FSP e sob coordenação das Profas. Dr. Maria Regina Alves Cardoso e Adelaide Cássia Nardocci. Integra ainda o *Grupo de pesquisa sobre Recursos Hídricos*, junto ao PROCAM, onde a atuação tem se dado nas questões de saneamento ambiental, na interface ambiente-saúde e com enfoque nas questões dos resíduos sólidos. Pretende-se continuar e ampliar as pesquisas desenvolvidas dentro destes grupos, como também atuar na formação de novos pesquisadores.

As pesquisas, docência e atividades de extensão na área de Resíduos Sólidos e Saúde Pública propiciaram a participação em grupos multidisciplinares de pesquisa, nacionais e internacionais, e a extensão das atividades docentes a outras universidades. Disciplinas foram ministradas em programas de pós-graduação, como no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental-PROCAM (USP), no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), no Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e disciplinas de especialização na Fundação Universidade de Tocantins (UNITINS) e na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Essas atividades têm contribuído para a formação de recursos humanos nesses estados e permitiram a assessoria técnica a organismos nacionais e internacionais como OPAS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS, Banco Mundial, BID, Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Saúde, FUNASA, CGVAM e a realização de perícias técnicas ambientais em apoio ao Ministério Público do Estado de São Paulo, no assessoramento de questões que envolvem a poluição ambiental, os impactos ambientais e efeitos à saúde. Propiciaram ainda o engajamento

institucional, resultando na participação em Conselhos, Comitês Científicos, Comissões Organizadoras de eventos técnico-científicos e Grupos técnicos.

Pretende-se continuar apoiando iniciativas governamentais, de organizações internacionais e iniciativas acadêmicas, como os programas de pós-graduação interinstitucionais ou programas regionais, tanto em âmbito nacional como da região da América Latina. Da mesma forma, tenciona-se continuar integrando grupos de trabalho, comitê e conselhos representando a USP, FSP ou o Departamento de Saúde Ambiental em atividades e ações que promovam a saúde ambiental e contribuam para o incremento de políticas públicas na interface ambiente-saúde.

As pesquisas e estudos desenvolvidos vêm sendo apoiados por instituições de fomento como FAPESP, CAPES, CNPq e instituições internacionais como a União Européia, o CIRAD, e o PNUMA. Pretende-se continuar e ampliar a busca de apoio de instituições nacionais e internacionais de fomento à pesquisa e promover a internacionalização da Faculdade de Saúde Pública, mediante propostas de projetos e busca de novas parcerias.

As metas futuras nessa área incluem ainda a implantação de Laboratório de Resíduos Sólidos e Qualidade do Solo, que permita a autonomia das análises de solo e resíduos atualmente efetuadas em laboratórios de outras unidades da USP ou particulares, dificultando o desempenho das pesquisas. É também importante uma atuação mais focada em alguns temas específicos, que contribuam para o fortalecimento de uma linha de pesquisa direcionada para determinados assuntos considerados importantes e prioritários. Durante todos esses anos, muitos foram os temas tratados de uma maneira mais generalista. Pretende-se, agora, aprofundar em alguns temas importantes na problemática dos resíduos sólidos, os quais vêm se destacando na interface ambiente-saúde, como resíduos especiais, caso, por exemplo, dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos; resíduos de portos e aeroportos; resíduos domiciliares perigosos, incluindo lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias e embalagens de produtos perigosos de uso doméstico; e também avançar nos temas áreas contaminadas e efeitos à saúde e biomarcadores humanos.

Por outro lado, esse momento de revisão da carreira, aponta também para a necessidade de priorizar a publicação dos resultados das pesquisas e trabalhos, não somente

em congressos da área de engenharia, como tem sido feito, mas principalmente em periódicos nacionais e internacionais das áreas de saúde e ambiente. Esta é uma meta em curto prazo, que já foi iniciada com os resultados das orientações que ainda não tiveram oportunidade de ser publicadas.

1.6 Estruturação do Trabalho

O texto sistematizado, com o objetivo de apresentar um panorama da atuação na área de Resíduos Sólidos e Saúde Ambiental, apresenta um capítulo introdutório que fornece base teórica e aspectos históricos para compreensão e justificativa dos artigos e trabalhos desenvolvidos.

O conteúdo dos capítulos seguintes compreende a produção científica e consiste na compilação das principais pesquisas e trabalhos relacionados à questão dos resíduos sólidos, desenvolvidos dentro das três linhas de pesquisa trabalhadas pela docente: Engenharia ambiental e tecnologias de saneamento ambiental; Saúde e ambiente; e Política, planejamento e gestão ambiental. A compilação foi subdividida em três áreas temáticas e é apresentada nos três capítulos que se seguem: resíduos sólidos urbanos; resíduos industriais e áreas contaminadas; e resíduos especiais. Essas áreas temáticas não se enquadram em uma única linha de pesquisa de atuação da autora, mas perpassam as linhas de investigação trabalhadas. Em cada capítulo encontra-se uma introdução e os estudos mais importantes realizados na respectiva área temática abordada, salientando os resultados e suas aplicações.

Ao final de cada capítulo, encontra-se a avaliação crítica do conjunto de estudos expostos, procurando apontar as principais contribuições e deficiências dos trabalhos desenvolvidos. Utiliza-se do capítulo Considerações Finais para apresentar as constatações de problemas a serem superados, as lacunas de estudos, o rumo atual das pesquisas da autora, as diretrizes e perspectivas de trabalho e as metas. A bibliografia exposta ao final do texto inclui os trabalhos citados nos capítulos do texto.

2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1 Introdução

O estudo dos resíduos sólidos urbanos tem sido contemplado no Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública desde meados da década de 1960, com o pioneirismo do Prof. Walter Engracia de Oliveira, quando os aspectos tratados focavam principalmente as etapas operacionais do sistema de resíduos sólidos: coleta, transporte e disposição final. Em 1965, apoiado pela Organização Pan-Americana da Saúde-OPAS, foi realizado na Faculdade de Saúde Pública o primeiro Seminário sobre o tema da América Latina, intitulado *O Problema do lixo no meio urbano* (1965), resultando em um livro publicado com as palestras proferidas, as recomendações e conclusões do evento. Esse seminário provavelmente foi um dos primeiros encontros técnicos sobre resíduos sólidos promovido por uma universidade latino-americana e um dos primeiros em âmbito mundial. Desde essa época, o tema vem ganhando importância, ampliando os horizontes e incorporando novas questões e novas estratégias, que direcionam para uma abordagem mais integrada, participativa e sustentável, que o enfoque puramente técnico-operacional.

A atuação da docente insere-se neste tema desde seu ingresso na USP, em 1986, quando assumiu aulas nas disciplinas Sistema de limpeza pública e Tecnologia de controle da poluição por resíduos sólidos, ministradas para os Cursos de especialização em Engenharia em Saúde Pública e em Engenharia Ambiental.

Na década de 1980, nos grandes centros urbanos do país, o tema “resíduos sólidos” destacava-se pelos frequentes episódios de disposição inadequada de resíduos no solo, cujas condições precárias e impactos ambientais começavam a ser divulgados pela mídia, contestados pelos gestores urbanos e discutidos na academia. Nas capitais São Paulo, Rio e mesmo Brasília, como um reflexo do que ocorria no exterior, a questão voltava-se para a alternativa que, conforme suposição à época, solucionaria tecnicamente o problema do envio do lixo para aterros de resíduos: os métodos de tratamento de resíduos, como a incineração e a compostagem. Tecnologias mais modernas para incineração e compostagem foram propostas, adequadas às características do lixo e condições locais, paralelamente ao

esforço para operar as usinas já implantadas. Essas tecnologias não foram viabilizadas por diversas razões e as usinas implantadas foram adaptadas dentro do possível até o limite de suas condições operacionais. Nos municípios de pequeno e médio porte, a questão principal passou a ser a disposição inadequada dos resíduos no solo e o acesso de catadores da reciclagem informal, operando em situações precárias.

Na década de 1990, o poder público iniciou experiências para estabelecer parcerias com organizações de catadores, incorporadas nos programas municipais de coleta seletiva. Essas iniciativas, que responderam ao apelo socioambiental da recuperação de resíduos para reciclagem e à pressão exercida no sentido da inserção social de grupos informais que já praticavam a coleta seletiva, não promoveram, no entanto, a integração dessas organizações ao sistema de gerenciamento de resíduos sólidos vigente. O esquema seguiu paralelo; as organizações de catadores se sustentam apenas dos recursos advindos da venda dos materiais recicláveis e não dos serviços prestados de coleta e desvio da parcela de recicláveis do aterro sanitário. Nas organizações de catadores, o trabalho é executado em situações precárias, em termos das condições ambientais e de saúde do trabalhador. Novas modalidades de parceria entre o setor público e privado têm surgido e o desafio continua sendo na implantação da gestão integrada, com participação social e sustentável nos aspectos socioeconômicos, ambientais e de saúde.

Dentro dessa perspectiva, na questão dos resíduos sólidos urbanos, a atuação tem sido direcionada para estudar unidades específicas do sistema de gerenciamento de RSU, como, por exemplo, métodos de tratamento como compostagem e incineração, atividades como coleta seletiva para reciclagem e disposição final em aterros sanitários, ou ainda focando a gestão integrada de RSU. Nessa área temática, houve contribuição com trabalhos para o diagnóstico de situações, propostas de melhoria no gerenciamento de RSU em municípios brasileiros e subsídios para políticas públicas no setor.

2.2 Resíduos Sólidos como Atividade de Saneamento Ambiental

Nos primeiros anos após o ingresso na Faculdade de Saúde Pública, houve oportunidade de atuar como assistente técnico do Ministério Público, na realização de

laudos periciais, respondendo à demanda de ações civis públicas ambientais. Esse tipo de ação foi instituído pela Constituição Federal de 1988 que, em seu artigo 129, inciso III, prevê como uma das funções institucionais do Ministério Público promover a ação civil pública para a proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente e de outros interesses difusos e coletivos (BRASIL, 1988).

A ação civil pública ambiental movida contra a Prefeitura Municipal de São Paulo-PMSP, em 1988, referente à instalação de duas usinas de incineração e duas usinas de compostagem de resíduo sólidos urbanos no município, propiciou o estudo aprofundado desses métodos de tratamento, as condições e limitantes de sua implantação e revisão da legislação pertinente (RISSO, 1988b). O processo no qual a PMSP foi condenada, impediu a implantação das referidas usinas nos locais e nas condições pretendidas, o que, em termos de alternativas para compor a solução da questão dos RSU no município foi problemático. A questão foi apresentada e publicada em evento sobre questões ambientais na USP (RISSO, 1988a). Em 1989, foram realizadas duas inspeções técnicas em aterros municipais de RSU, que possibilitaram contato com a problemática da disposição final inadequada e avaliação dos fatores condicionantes, impactos ambientais e efeitos à saúde decorrentes. Esses trabalhos desenvolvidos no âmbito da extensão universitária acrescentaram conhecimento prático sobre os problemas relacionados aos resíduos sólidos urbanos.

Ao longo da atuação da autora, alguns textos sobre resíduos sólidos e questões inerentes ao saneamento ambiental foram produzidos, destacando os impactos ambientais e os efeitos à saúde, decorrentes do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, principalmente na etapa de disposição final, a mais problemática. Entre esses, destacam-se: RISSO, 1993a; RISSO, 1994; GÜNTHER, 1996, GÜNTHER, 1999; GÜNTHER, 2003; RIBEIRO e GÜNTHER, 2003a.

No período de abril de 1998 a março de 2001, foi realizada, em dois municípios com vocação rural do interior paulista, pesquisa que integrou a Faculdade de Saúde Pública, Faculdade de Educação e Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz da USP e o Instituto Agrônomo de Campinas, que conformou um Projeto Temático com apoio da FAPESP (*Educação ambiental via representações acadêmicas e populares do meio*). O projeto teve por objetivo fornecer elementos para a melhoria da qualidade de vida das

populações dos municípios paulistas de Espírito Santo do Turvo-ESP e Vera Cruz-VC, conjuntamente por pesquisadores, comunidade e instituições locais. Utilizando-se de conteúdos técnico-educacionais, visou à formulação e concretização de propostas de ação, a curto e médio prazo, para a incorporação de informações e práticas na promoção de mudanças culturais nos indivíduos, no coletivo dos diferentes grupos sociais e nas instituições envolvidas. Foi integrado pelo subprojeto Saneamento Ambiental, cuja execução coube ao Departamento de Saúde Ambiental da FSP. O objetivo foi desenvolver, em conjunto com a população de cada localidade e a partir de diagnóstico das condições locais, ações que levassem à superação das condições de saneamento ambiental problemáticas, fatores determinantes de agravos à saúde e da degradação ambiental. Um dos resultados desse subprojeto foi o desenvolvimento de metodologia para se trabalhar questões de saneamento-saúde de modo participativo, como as de resíduos sólidos de modo integrado às demais questões de saneamento. Como exemplo de ação integradora, cita-se a mobilização da população para a limpeza dos reservatórios domiciliares de água e de quintais e terrenos baldios, quando se trabalha a questão da qualidade da água para consumo e a qualidade do ambiente periurbano. Essas questões foram tratadas como formas de reduzir a incidência de doenças ocasionadas por veiculação hídrica e transmitidas por vetores, respectivamente. Da mesma forma foi possível trabalhar a percepção da população com relação à qualidade da água dos rios e córregos, associada à prática de lançamento de lixo em corpos d'água e em disposição a céu aberto (*lixão*). Como resultado acadêmico, trabalho contemplando essa metodologia (*RIBEIRO e GÜNTHER, 2002*) foi apresentado em seminário internacional e foi classificado em 2º. lugar como Experiência Bem Sucedida em Engenharia em Saúde Pública.

Quanto à questão dos resíduos sólidos foi efetuada inspeção técnica dos antigos locais de disposição de resíduos sólidos urbanos (vala de erosão em Espírito Santo do Turvo e cabeceira de rio em Vera Cruz). Foi dado início a uma discussão das implicações sanitário-ambientais dessa disposição e apoio ao encaminhamento de solução adequada (aterro sanitário em valas, nos dois municípios). No primeiro município, foi trabalhada também a questão da irregularidade na coleta do lixo e do entulho (este não coletado a princípio), o que resultava em lançamento em terrenos baldios, ocasionando exalação de odores e proliferação de vetores de doenças. Como resultado da pressão da comunidade, a

prefeitura municipal adquiriu um veículo coletor de maior capacidade de carga e redimensionou o sistema de coleta, incorporando a coleta do entulho e materiais volumosos uma vez por semana. Em VC foram melhoradas as condições de apresentação do lixo para coleta (agora todos embalados) e construída Usina de Triagem de materiais recicláveis a ser operada por cooperativa de catadores. Em ambos os municípios foram executados projetos para construção de aterro sanitário em valas, sendo que os dois conseguiram recursos de fundo estadual para as obras. Os antigos lixões foram abandonados e os resíduos passaram a ser destinados ao aterro sanitário.

Mutirão de limpeza do Córrego da Água F, como atividade de educação ambiental desenvolvida junto com a Escola Agrícola: ETE Paulo Guerreiro Franco, de Vera Cruz, com participação da Prefeitura Municipal e dos pequenos proprietários da Bacia da Água F, constituídos em Associação. Nessa atividade houve um dia de sensibilização dos participantes para o problema e um dia de coleta do lixo arrastado pelas águas pluviais e depositado no leito do rio e nos taludes da encosta. Tal evento influenciou na conscientização de alunos e professores da referida escola e foram incorporadas no *currículo* escolar atividades desse tipo para os próximos anos, dentro dos programas de educação ambiental.

Como conclusão da pesquisa verificou-se que a aliança entre o Saneamento Ambiental e a Educação Ambiental é fundamental como estratégia nas atuais abordagens de problemas nos quais há estreita inter-relação saúde-ambiente, sem a qual os programas/projetos não alcançam sucesso e não se sustentam. Nos municípios estudados, além da mudança na paisagem, instaurou-se uma prática de ações sanitário-ambientais institucionalizadas e de interlocução entre o poder público e a população.

A pesquisa resultou na publicação de um livro com os resultados da investigação, onde a docente participa em dois capítulos: *AMBRÓSIO e GÜNTHER, 2006; RIBEIRO e GÜNTHER, 2006*. Artigos foram publicados em periódicos: *RIBEIRO, GÜNTHER e ARAÚJO, 2002; RIBEIRO, GÜNTHER, 2003b*. Outros trabalhos foram apresentados e publicados em congresso internacional, conforme segue: *RIBEIRO e GÜNTHER, 1999a; RIBEIRO e GÜNTHER, 1999b; GÜNTHER e RIBEIRO, 2000; GÜNTHER, 2001*.

Atualmente, outro projeto está sendo desenvolvido dentro dessa perspectiva de trabalhar as condições de saneamento em ambiente domiciliar e peridomiciliar (*Qualidade*

microbiológica de águas de consumo humano em assentamento periurbano do município de Suzano, SP), com o apoio da FAPESP. O objetivo é a avaliação da qualidade bacteriológica da água transportada em caminhão tanque e armazenada em cisternas coletivas a que tem acesso a população de duas localidades de assentamentos irregulares no município de Suzano, SP. As condições sanitárias do ambiente peridomiciliar são avaliadas, entre elas o manejo dos resíduos sólidos e seu descarte. Trabalho com resultados preliminares foi apresentado e publicado em Conferência Latino-americana (GÜNTHER *et al.*, 2007).

2.3 Coleta Seletiva e Reciclagem

Nas décadas de 60/70, das rupturas ocorridas na economia mundial, dois fatos merecem destaque: a crise energética e a evidência do potencial de contaminação das indústrias químicas. A primeira decorrente do choque do petróleo interrompeu a trajetória de crescimento da economia mundial baseada no uso extensivo de recursos naturais. A segunda evidenciou a questão das áreas contaminadas, decorrente do desencadeamento de diversos desastres ecológicos. Para LEFF (2001), essa problemática ambiental foi uma crise de civilização, que questionou a racionalidade econômica e tecnológica dominante. A crise civilizatória deu vazão aos movimentos ambientalistas, que vieram questionar o modo de vida da sociedade e a geração crescente e contínua de resíduos e também às conferências internacionais, como fóruns de discussão sobre a problemática ambiental.

Em 1972, a Conferência de Estocolmo sobre Meio Ambiente e a publicação do Relatório Limites para o Crescimento, pelo Clube de Roma, puseram em evidência os limites dos recursos naturais e a interdependência entre os diferentes países do planeta (FURTADO, 1991). A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada dez anos depois, lançou o Relatório Nosso Futuro Comum e realizou, em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento-RIO 92. Tais eventos direcionaram as discussões para o modelo de desenvolvimento, para o alto consumo de energia dos países desenvolvidos e para a pobreza evidente nos países em desenvolvimento. Cunhando o termo desenvolvimento sustentável, foi elaborada a Agenda

21 (1992) como resultado da Rio-92. No capítulo dedicado aos resíduos sólidos, questionam-se os padrões não sustentáveis de produção e consumo, considerados como causa fundamental dos problemas, e institui-se o princípio dos 3 Rs: redução na fonte, reutilização e reciclagem. Recomenda o tratamento e disposição dos resíduos no solo de forma ambientalmente segura, além da ampliação da cobertura dos serviços relativos ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Na época, foram propostas metas para o ano 2025, quando os países em desenvolvimento deveriam alcançar 100% de cobertura de tratamento e disposição final dos resíduos gerados. Pelas estatísticas demográficas atuais e pelas taxas de urbanização, além das dificuldades que se travam na aceitação dos tratados internacionais por parte de países líderes na questão da poluição ambiental, as metas da Agenda 21 não serão alcançadas, mas devem ser consideradas como marco importante do momento histórico em que foram propostas.

Dentro do enfoque dos 3Rs, nos anos de 1995 e 1996, houve convite para coordenar uma pesquisa voltada para a questão da minimização de resíduos em empresa, aplicada a duas unidades operacionais da Eletropaulo: Usina Pedreira e Usina Piratininga, ambas localizadas na zona sul do município de São Paulo. Os objetivos da pesquisa foram, por meio de conteúdos de educação ambiental, sensibilizar os funcionários para as questões ambientais e promover a mudança de hábitos com relação ao desperdício de materiais e minimização de resíduos. O programa de educação ambiental foi elaborado a partir das questões específicas locais e de acordo com a cultura institucional da empresa. Foi aplicado a funcionários voluntários, que se constituíram em monitores ambientais na implementação do projeto.

Como resultados alcançados contam aspectos qualitativos, como maior percepção para as questões ambientais em geral, por parte dos funcionários, e aspectos quantitativos, como redução de consumo de materiais, principalmente de papel, e diminuição do número de periódicos semanais encaminhados a cada funcionário. O projeto na empresa trouxe como contribuição importante a resposta ágil e criativa dos funcionários para as ações que a equipe do projeto definia e os monitores ambientais levavam até as respectivas áreas de trabalho. Como exemplo pode-se citar os diferentes tipos de coletores de papel implantados, cujos modelos, tamanho e formatos decorreram da quantidade de geração,

disponibilidade de espaço físico e dificuldades para a coleta, apresentadas por cada área envolvida.

O projeto mostrou que as rotinas e a cultura institucional têm grande peso nas ações desencadeadas pelos funcionários, mas que são passíveis de alteração, desde que se compreenda a importância e os benefícios que a mudança pode trazer. Trabalhos em eventos foram apresentados e publicados: *GÜNTHER et al., 1997; GÜNTHER e ARAÚJO, 1998.*

Experiência de aplicação de programa de coleta seletiva em instituição pôde ser adquirida também com a implantação de programa nas instalações do *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS*, em 1991.

Com relação à minimização de resíduos, a coleta seletiva e a reciclagem colocam-se como atividades importantes nessa estratégia. Programas de coleta seletiva têm sido implementados, pelo poder público, por ONGs ou por iniciativas de instituições as mais diversas na região. No Brasil, segundo dados da COSELIX¹, o município de São Paulo foi o pioneiro na implantação de programa municipal de coleta seletiva, em 1989, o qual foi interrompido e, posteriormente, retomado em 2003. Na década de 1990, outros três municípios paulistas seguiram o mesmo caminho: Santo André (1992), São Bernardo do Campo (1993) e Embú (1994). Entre 2000 e 2002, mais sete municípios da RMSP implantaram programas municipais, sendo Embú, o único que manteve a continuidade do programa até a presente data.

Por outro lado, no país, ainda se encontram 23% dos municípios com cobertura de coleta de RSU abaixo de 70% e da quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados, 21% são lançados em vazadouros a céu aberto ou em áreas alagadas (IBGE, 2002). Estes percentuais caem, respectivamente, para 2,5% e 6,5%, no estado de São Paulo (CETESB, 2006), estado com melhores condições socioeconômicas do país. Mesmo assim, em 2008, 405 municípios brasileiros contam com coleta seletiva, representando 7% do total de municípios brasileiros, o que atende aproximadamente 14% da população do país, em torno de 26 milhões de habitantes. Este valor é quase 25% a mais que o apresentado no ano de

¹ COSELIX – Relatório final da Pesquisa “Programas municipais de coleta de lixo como fator de sustentabilidade dos sistemas públicos de saneamento ambiental na Região Metropolitana de São Paulo - COSELIX”. São Paulo, 2005.

2006, segundo a pesquisa Ciclosoft realizada bianualmente pelo CEMPRE (2008). As regiões sul e sudeste abarcam 83% dos programas e verifica-se aumento significativo de cidades com população inferior a 100 mil habitantes engajadas em programas de coleta seletiva. A modalidade de coleta porta a porta predomina, sendo empregada em 201 municípios; em 105 municípios a coleta é realizada por meio de pontos de entrega voluntária (PEV) e 174 municípios fazem parcerias com organizações de catadores (CEMPRE, 2008).

O mercado reciclador também se expandiu e continua em crescimento, no entanto há muitas empresas não licenciadas e que atuam na clandestinidade, em âmbito latino-americano. Essas empresas, de uma forma geral, embora façam parte do fluxo de minimização de resíduos, muitas vezes atuam em condições precárias em termos de condições de trabalho e de saúde do trabalhador; aproveitam os materiais de maior valor agregado e descartam os rejeitos no ambiente sem controle. Nesse contexto, com relação à capacitação de possíveis recicladores de plástico, desde a década de 1990, a docente vem integrando grupo que ministra o curso sobre “reciclagem de plástico”, inicialmente junto à antiga Coordenadoria Executiva de Cooperação Universitária e de Atividades Especiais - CECAE e atualmente junto à POLI-USP. Estes cursos que foram ministrados de modo mais intenso nos anos 90, justamente para prover informação técnica e legislação ambiental para o público interessado na possibilidade de negócio que o tema suscita. Para o curso foi preparada apostila de acompanhamento. Como resultado, foi publicado artigo: *GÜNTHER e WIEBECK, 1999* e diversos trabalhos foram apresentados em eventos: *WIEBECK et al., 1995a; WIEBECK et al., 1995b; GÜNTHER et al., 1998*.

Embora os programas municipais de coleta seletiva estejam sendo implantados enquanto política pública de inclusão social e geração de emprego e renda, pouco se tem feito no sentido de avaliar a eficiência e sustentabilidade dessas iniciativas. Tais programas carecem de avaliação e monitoramento de desempenho e necessitam que sejam identificados os pontos fortes e fracos e apontados caminhos para sua viabilidade. Estudos de avaliação que enfoquem a sustentabilidade de programas municipais de coleta seletiva são escassos, como também há carência de critérios e de indicadores para essa avaliação.

Em 1999, a engenheira Sandra Maria Furiam Dias, ingressou na pós-graduação e, sob a orientação da docente, desenvolveu sua pesquisa de doutoramento na avaliação de programas de educação ambiental (*Avaliação de Programas de Educação Ambiental voltados para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos*). Na pesquisa foram avaliadas três experiências de educação ambiental que tiveram como foco a coleta seletiva para reciclagem de resíduos, no Estado da Bahia: i) o programa institucional da Universidade Estadual de Feira de Santana-UEFS, ii) o programa no Arraial de São Francisco da Mombaça e iii) o programa municipal de Mucugê. O primeiro programa, realizado no campus da UEFS, foi implantado em 1992 e coordenado pela Equipe de Educação Ambiental daquela Universidade. O segundo foi desenvolvido no Arraial, distrito de Conceição do Almeida, desde 1997, conduzido pela Associação Comunitária local. O terceiro foi implementado no município de Mucugê para dar suporte à coleta seletiva e à Usina Simplificada de Triagem e Compostagem implantada em 2000, pela Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional, vinculada à Secretaria de Planejamento Ciência e Tecnologia do Governo do Estado da Bahia.

A pesquisa teve como finalidade contribuir para a formulação de subsídios metodológicos para projetos de educação ambiental voltados para a questão dos RSU. Utilizou-se técnica de pesquisa qualitativa por meio de entrevistas em amostra intencional e análise do discurso. Concluiu-se que, embora a prática de Educação Ambiental, realizada como suporte para a implantação do projeto de coleta seletiva na UEFS e em Mucugê, tenha sido orientada para a mudança de comportamento (prática linear: informação = mudança de comportamento) e tenha proporcionado a formação de hábitos responsáveis no descarte do lixo, não conseguiu promover a compreensão das causas dos hábitos consumistas e de incorporar a prática do descarte seletivo, nos participantes. O projeto realizado no Arraial, baseado na sensibilização por meio de leitura crítica do contexto e da ação para a resolução de problemas, foi planejado e executado de modo participativo. Pela articulação da Associação Comunitária do Arraial com a universidade e o poder público, proporcionou mudanças significativas na localidade e nas pessoas do Arraial. As mudanças

pessoais foram além da incorporação de práticas de manejo de resíduos sólidos, aconteceram também no campo do empoderamento² individual.

Como resultado foi publicado o artigo: *DIAS e GÜNTHER, 2006* e diversos trabalhos em eventos: *DIAS e GÜNTHER, 2002; DIAS e GÜNTHER, 2003; DIAS e GÜNTHER, 2004; DIAS e GÜNTHER, 2005*.

A pesquisa *Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população* teve início, em 2001, com o ingresso da engenheira Jacqueline Rogéria Bringhenti, na pós-graduação em saúde pública, sob a orientação da docente e como bolsista do Fundo da Prefeitura Municipal de Vitória-FACITEC. O objetivo da investigação foi avaliar aspectos operacionais e a participação social em programas municipais de coleta seletiva, tendo como estudo de caso o município de Vitória, ES. Para a avaliação de programas, foi instituído e validado grupo de indicadores de referência e identificados fatores de motivação da população para a participação em programas dessa natureza. As diretrizes propostas subsidiaram políticas públicas voltadas para a questão dos resíduos sólidos.

No município de Vitória já existiam projetos pilotos municipais de coleta seletiva de RSU desde 1998. Em setembro de 2002 a administração municipal iniciou a etapa de ampliação e modernização deste serviço, que abrigava as três modalidades de coleta seletiva: coleta por pontos de entrega voluntária (PEV), coleta porta a porta e coleta por trabalhadores autônomos da reciclagem (carrinheiros). A conclusão da pesquisa mostrou que essas modalidades não são excludentes, mas complementares, pois há situações específicas em que uma é mais recomendada que outra e, pelas características da área de estudo e da população, a associação dessas categorias produz melhor resultado. Com a revisão bibliográfica foram identificados os indicadores mais utilizados, no país, em coleta seletiva o que permitiu selecionar os 25 mais representativos. A seguir este grupo de indicadores passou por processo de validação, que incluiu vários procedimentos estatísticos. A etapa de análise descritiva permitiu a avaliação do grau de importância de cada indicador, por meio de atribuição de notas por 57 especialistas em coleta seletiva, de diversas partes do país. A etapa da análise multivariada fatorial foi empregada para agrupar

² Empoderamento – termo definido por Paulo Freire. Para o educador, a pessoa, grupo ou instituição empoderada é aquela que realiza, por si mesma, as mudanças e ações que a levam a evoluir e a se fortalecer.

variáveis que apresentassem padrão de correlação dentro do conjunto analisado. Com o perfil do grupo de indicadores a ser estabelecido, foi aplicado estudo qualitativa à equipe técnica da prefeitura municipal de Vitória, realizada a partir da técnica Delphi. A partir da avaliação conjunta dos resultados das três técnicas empregadas, obteve-se grupo de indicadores de referência para o planejamento e avaliação de desempenho de programas de coleta seletiva, integrado por seis indicadores: cobertura de atendimento do programa (número de habitantes); índice de recuperação de materiais recicláveis-IRMR (%); quantidade mensal coletada seletivamente (t/mês); custo de triagem (R\$/t); quantidade de itens de materiais recicláveis comercializados (unidade); e custo total do programa (R\$/t). Em seguida, esses indicadores foram aplicados à série histórica de dados do município, possibilitando identificar pontos críticos e fragilidades, além de mostrar que é possível representar os diversos aspectos operacionais envolvidos em programas dessa natureza, a partir desse grupo de indicadores.

Com relação aos aspectos de participação social, a partir de técnicas qualitativas de pesquisa, foram identificados os fatores de motivação e os fatores limitantes da participação da população. Concluiu que os principais aspectos que impedem ou dificultam a participação estão associados à ausência de fatores de motivação, principalmente a insuficiência e a descontinuidade das ações de divulgação e mobilização. Geralmente os aspectos motivacionais estão presentes na implantação dos programas e não permanecem ou não são reforçados, com o passar do tempo. De uma maneira geral, a população conhece coleta seletiva, considera importante o programa, tem noção de que muitos materiais podem ser aproveitados, associa a atividade com economia de recursos econômicos, mas considera como de responsabilidade de prefeitura municipal, entendendo como participação no programa apenas a ação de separar os resíduos sólidos que produz.

A participação voluntária da população no programa foi baixa, com expectativas de aumento em longo prazo. Foram identificados três grupos como participantes dos programas: grupo cativo, cuja participação aumenta gradativamente com o incremento do trabalho de mobilização social; grupo de participação eventual; e grupo que não participa, devido à falta de informação, de estrutura e tempo para participar e ao descrédito relativo às ações oriundas do poder público.

Como resultados acadêmicos foram apresentados e publicados vários trabalhos em eventos científicos: *BRINGHENTI et al., 2003a; BRINGHENTI et al., 2003b; BRINGHENTI et al., 2003c; BRINGHENTI et al., 2003d; BRINGHENTI et al., 2004a; BRINGHENTI et al., 2004b; BRINGHENTI et al., 2004c; BRINGHENTI et al., 2005a; BRINGHENTI et al., 2005b; BRINGHENTI et al., 2005c; BRINGHENTI et al., 2007.*

Nos anos de 2005 e 2006, a docente participou do projeto de pesquisa: *Programas municipais de coleta seletiva de lixo como fator de sustentabilidade dos sistemas públicos de saneamento ambiental na Região Metropolitana de São Paulo – COSELIX*, financiado pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA do Ministério da Saúde.

A pesquisa teve por objetivo avaliar, de forma comparativa e na perspectiva da contribuição para a sustentabilidade dos sistemas de saneamento ambiental, os programas municipais de coleta seletiva operados em parceria com organizações (cooperativas ou associações) de catadores de materiais recicláveis na Região Metropolitana de São Paulo. Na época, mais da metade dos municípios desenvolvia programas municipais de coleta seletiva, a maioria em parceria com tais organizações. Este modelo mostrou-se bem disseminado, pois mesmo entre os municípios que não haviam implantado tais programas, pretendiam implantá-los em curto prazo. Foram selecionados 12 programas municipais e 32 organizações de catadores parceiras que atuavam nesses 12 municípios, com o critério de elegibilidade: operação ininterrupta de pelo menos um ano até o momento da seleção. Os programas e as organizações de catadores foram caracterizados e os responsáveis foram entrevistados e responderam a questionário exaustivo. Os dados resultantes propiciaram a comparação entre os programas e entre as organizações e a identificação de pontos críticos, fortalezas e debilidades na elaboração, implantação e operação dos programas e o mesmo com relação às organizações de catadores. Assim, puderam ser elencados os fatores importantes para a sustentabilidade dos programas e das organizações. A partir daí foi desenvolvida metodologia para elaboração de índice de sustentabilidade, considerando-se os resultados da pesquisa e da experiência dos pesquisadores envolvidos. Para o índice de sustentabilidade dos programas municipais de coleta seletiva, foram selecionadas seis categorias: sustentabilidade econômica; marco legal; parcerias do programa de coleta seletiva; cobertura da coleta; índice de recuperação de materiais recicláveis-IRMR; e índice de rejeito-IR. Para a sustentabilidade das organizações as categorias selecionadas foram:

dimensão política e institucional; dinâmica socioeconômica e organizacional; infraestrutura e equipamentos; condições de trabalho; rede de apoio das organizações. Para cada categoria, foram definidos *Indicadores* (incluindo variáveis e indicadores) aos quais foram atribuídos valores, para caracterizar maior ou menor proximidade do que se considerou sustentabilidade em relação a cada indicador. Foi construída uma matriz de sustentabilidade com os indicadores e suas gradações, o que possibilitou a atribuição de um valor numérico a cada programa e a cada organização de catadores estudados. Ainda, para melhor percepção do que representava os números finais, a equipe técnica considerou importante estabelecer graus de sustentabilidade, decodificando o valor numérico atribuído nas categorias: alto, médio e baixo grau de sustentabilidade. Com essa metodologia, foi possível classificar as organizações e os programas estudados e hierarquizá-los. Como resultado da aplicação da metodologia, obteve-se que, entre as 32 organizações pesquisadas, 2 atingiram um alto grau (6,25%), 28 alcançaram grau médio (87,5%) e 2 apresentaram grau baixo (6,25%). Com relação aos programas municipais, nenhum dos 12 atingiu alto grau de sustentabilidade. O programa mais próximo da sustentabilidade foi o do município de Santo André, com pontuação de 3,5 pontos dos 10 possíveis. Oito programas atingiram grau médio de sustentabilidade e três programas se enquadraram em grau baixo. A pesquisa, no entanto, não possibilitou estabelecer uma correlação entre a sustentabilidade dos programas e a sustentabilidade das organizações ligadas ao mesmo. Essa é uma recomendação a ser feita em novas pesquisas que trabalhem nessa perspectiva de avaliação.

Como resultado da pesquisa, pode-se inferir que para alguns municípios o grau de sustentabilidade das organizações não depende mais exclusivamente dos programas municipais de coleta seletiva implantados. Algumas variáveis intrínsecas ao funcionamento das cooperativas ou associações, tais como desenvolvimento social e organizacional e parcerias tornam-se elementos essenciais para garantir seu grau de sustentabilidade. Por outro lado, o modelo de política pública de resíduos sólidos que apóia programas municipais desenvolvidos em parceria com catadores organizados em associações ou cooperativas possibilita conferir maior renda e benefícios aos catadores, melhores condições de trabalho, fortalecimento da organização e divisão do trabalho, inclusão social e resgate da auto-estima e cidadania. Promove também a inserção dos catadores autônomos,

de rua ou de lixões, sob forma organizada de trabalho, em melhores condições operacionais e organizativas.

A metodologia proposta e os resultados, no formato do índice de sustentabilidade, estão sendo objetos de estudo aprofundado em pesquisa de doutorado de uma das pesquisadoras participantes do Projeto Coselix. A doutoranda Gina Rizpah Besen, está sendo orientada pela Profa. Helena Ribeiro e co-orientada pela docente. Sua investigação (*Avaliação da sustentabilidade dos programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores*) é direcionada a discutir a metodologia e o índice de sustentabilidade proposto, em âmbito nacional, e promover sua validação.

Livro que incorpora os principais resultados da pesquisa encontra-se em fase final de editoração. Capítulos de livros foram publicados: *RIBEIRO et al., 2006a; BESEN et al., 2008*. Artigo foi publicado em periódico: *RIBEIRO et al., 2006b* e diversos trabalhos foram apresentados e publicados em anais de eventos: *GÜNTHER et al., 2006a; GÜNTHER et al., 2006b; JACOBI et al., 2006; RIBEIRO e GÜNTHER, 2006; BESEN et al., 2007*.

2.4 Tratamento e Disposição Final

As etapas de tratamento e disposição final de resíduos são as mais problemáticas do sistema de resíduos sólidos urbanos, devido ao custo que representam, à necessidade de área física para instalação e aos impactos em termos de poluição ambiental e perigos à saúde que podem acarretar. A escassez de áreas apropriadas próximas aos centros geradores e a repulsa da população vizinha a unidades receptoras de RSU são fatores complicadores. No Brasil e América Latina, são raros os municípios que contam com unidades de tratamento de resíduos, predomina a disposição dos resíduos no solo, sem tratamento prévio.

Em geral, na maioria dos países da América Latina, a produção de composto por meio da compostagem não tem alcançado o resultado esperado por falta de mercado, altos custos de operação e transporte e, às vezes, pela má qualidade do produto final. A compostagem é praticada em pequena escala, geralmente a nível local ou comunitário, e a

recuperação dos resíduos orgânicos não alcança a 0,6% dos RSU produzidos na região. As iniciativas de implantação de usinas de compostagem com diversas tecnologias importadas fracassaram, em sua grande maioria, principalmente por fatores como tecnologias não apropriadas, manutenção inadequada dos equipamentos, indefinição de mercados e não vinculação com projetos ambientais estratégicos para o uso do composto gerado (OPAS, 2005).

No Brasil, muitas das usinas de compostagem natural financiadas com recursos governamentais funcionaram por curto período e algumas não chegaram a operar. As usinas de compostagem acelerada implantadas, com alto consumo de energia para geração de grandes quantidades de composto, não foram modernizadas; unidades da década de 1970 foram fechadas, como é o caso da Usina de Vila Leopoldina e da Usina de São Mateus, no município de São Paulo. No país, da quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados somente 2,87% vão para compostagem (IBGE, 2002). Em 2005, o Estado de São Paulo possuía 14 usinas que processavam 1528,5 t/dia de resíduos orgânicos (BARREIRA, 2005), das 27.971 t/dia geradas no estado (CETESB, 2005), logo 5,5% da geração estadual de RSU.

Não obstante, há exemplos de experiências bem sucedidas com emprego do método da compostagem, como é o caso da cidade de Loja, Equador. Nesse município com 120 mil habitantes, se conseguiu implantar a segregação intra-domiciliar dos resíduos orgânicos e a aplicação da técnica de vermicompostagem ao composto curado. Ainda em municípios equatorianos, Cuenca e Esmeralda, a compostagem é praticada no sistema simplificado, em zonas periurbanas, onde a população participa apoiada pela municipalidade e por ONGs (OPAS, 2005).

Em 2005, a mestrandia Silvia Roberta Lamanna ingressou na pós-graduação em Ciência Ambiental, sob a orientação da docente, e desenvolveu sua pesquisa no tema compostagem caseira, em comunidade periurbana, Vila Santo Antonio, do município de Campos do Jordão, SP (*Compostagem caseira como instrumento de educação ambiental e de redução de resíduos sólidos*). A pesquisa objetivou organizar a população local, utilizando-se do instrumental da Educação Ambiental, para a segregação domiciliar de resíduos e implantação de composteiras caseiras. Esta proposta visava melhorar as

condições locais, principalmente devido ao descarte inadequado de lixo em terrenos baldios, em decorrência da dificuldade de acesso dos serviços municipais de coleta, pela ocupação urbana irregular de encostas, caracterizando a área como de vulnerabilidade ambiental.

A compostagem caseira é considerada como alternativa para a destinação correta de RSU, praticada pelos próprios geradores, com técnicas simples, quando há disponibilidade de terreno e possibilidade de uso do composto orgânico resultante. Durante a pesquisa, foi selecionado o tipo de composteira aplicada diretamente no solo, que melhor se adequou às condições locais, e as famílias receberam capacitação técnica para sua implantação. Para tanto, foi elaborado Programa de Educação Ambiental-PEA que sensibilizou, motivou e informou a comunidade local. Manual de compostagem foi elaborado a partir do trabalho comunitário, contendo todas as informações dadas na capacitação e desenvolvidas durante as aulas, especialmente para a realidade local. As composteiras foram monitoradas em visitas mensais, e com o apoio de duas pessoas da comunidade, que receberam treinamento específico e se dispuseram a colaborar. A investigação capacitou a população local para a construção de composteiras e avaliou sua implantação na comunidade. Para avaliação quantitativa foi realizada análise gravimétrica dos resíduos do setor de coleta estudado, antes e depois da aplicação do PEA. As composteiras foram implantadas, monitoradas mensalmente e avaliadas, durante um período de 12 meses. Ao final do período de estudo houve redução de 380 Kg (55%) na quantidade média diária de resíduos sólidos gerados e de 282 Kg (83%) na parcela orgânica, com relação à análise inicial.

O estudo mostrou a possibilidade de implantação de composteiras caseiras, mesmo em área de ocupação irregular de encostas, ocupada por população de baixa renda, que possui muito pouco terreno disponível. Muitos domicílios que não dispunham de área, participaram enviando os resíduos orgânicos para os vizinhos. O monitoramento periódico das composteiras identificou problemas operacionais que, uma vez resolvidos, fortaleceram a comunidade para a solução de problemas. A compostagem caseira mostrou-se adequada a essa realidade. Assim, pode-se concluir que a compostagem caseira pode funcionar como prática a ser incentivada pelas municipalidades como instrumento de minimização de resíduos domiciliares e mobilização social. Os resultados são melhores, se implementada dentro de um PEA, desenhado segundo a realidade local.

Os resultados foram apresentados em congresso interamericano: *LAMANNA e GÜNTHER, 2007*, ganhando menção honrosa. Artigo referente à pesquisa encontra-se no prelo para ser publicado na *Revista Técnica de AIDIS*.

Quanto à incineração, geralmente é utilizada para tratamento de resíduos de serviços de saúde ou para resíduos industriais. Como método para tratar RSU não tem sido empregado em países da região, pelo alto custo e pela composição dos resíduos que apresenta alta taxa de matéria orgânica putrescível e alta umidade (OPAS, 2005). No Brasil, a idéia da incineração não tem sido bem aceita como técnica de tratamento de RSU pelas ONGs e, de um modo geral, pela sociedade, que vê na queima dos resíduos a impossibilidade de aproveitamento, além da preocupação com o controle dos compostos formados no processo de queima e nem sempre controlados, o que acabam sendo liberados como poluição do ar. O ganho proporcionado pela redução significativa de resíduos encaminhados para disposição no solo e a recuperação energética são fatores que começam a ser avaliados neste início do século XXI, principalmente nos grandes centros urbanos latino-americanos, seguindo modelo de países mais desenvolvidos com restrição de espaço físico e de energia disponível.

Embora haja métodos aplicáveis para tratamento de RSU, predomina na América Latina, a disposição dos resíduos no solo. Estimativas indicam que apenas 23% dos RSU coletados na região vão para aterro sanitário, o restante é lançado em aterros controlados, disposição a céu aberto ou em corpos d'água (OPAS 2005). No entanto, a região abriga situações muito díspares, pois mesmo com este panorama, há bons projetos de aterros sanitários, licenciados e operados com padrões ambientais internacionais, com captação de gás e geração de energia a partir do biogás. Brasil, Chile, México, Argentina, Uruguai e outros países já operam bons aterros sanitários com recuperação energética. No Brasil, são várias cidades, com predominância das de grande porte, que conseguiram equacionar a questão da disposição final adequada dos RSU. A possibilidade de comercialização de créditos de carbono tem contribuído para que os novos projetos de aterros sanitários considerem a recuperação do biogás e sejam projetados, implantados e operados dentro dessa perspectiva. Por outro lado, a participação da empresa privada e a possibilidade de consórcio têm contribuído no aspecto econômico-financeiro para a concretização dessas obras.

O Estado de São Paulo tem conseguido taxas crescentes de disposição final adequada dos RSU. Estatísticas mostram que passou de 10,9%, em 1997, para 81,4%, em 2007. No mesmo período, o número de municípios que lançam os RSU em condições inadequadas caiu de 77,8% para 21,2%. Em 2007, da geração total de 28.505 t/dia, 23.192 toneladas são dispostas em aterros sanitários licenciados. No entanto, nove municípios com população acima de 500 mil habitantes são responsáveis pela geração de 60,3% dos RSU e dispõem em aterros sanitários, enquanto 570 municípios com até 100 mil habitantes, geram apenas 12,8 % e, na média, dispõem os RSU em condições controladas (CETESB, 2007). No entanto, muitas municipalidades ao implantarem aterros sanitários, vêem-se com um problema decorrente da desativação do antigo local inadequado de disposição de resíduos: o que fazer com a população de catadores de recicláveis que atuavam nesses locais? Em 1992, a docente assessorou a municipalidade de Neuquén, região sul da Argentina, em trabalho solicitado pela Organização Pan-americana da Saúde, para tratar da questão das inúmeras famílias que residiam na área contígua ao lixão da cidade, que estava em processo de desativação para início de operação do aterro sanitário. A população exigia dos gestores públicos o usucapião da terra, a continuidade do trabalho de segregação do lixo antes de seu aterramento, transporte para o local do novo aterro, entre outras exigências. Tal atitude decorre do modo paternalista com que a situação era tratada: tolerância da moradia na área do aterro, provisão de benfeitorias como água potável e transporte de crianças para a escola, o que, em última análise, institucionalizava a situação irregular. Esta oportunidade de trabalho pode reforçar a convicção da pesquisadora sobre a importância de se trabalhar de modo integrado os aspectos socioeconômicos, ambientais e de saúde. Esse caso mostrou que não se podem ignorar as condições precárias e insalubres em que os catadores atuam, o que justificaria por si só sua interrupção. A questão social dessa população excluída deve ser considerada e alternativas devem ser buscadas no sentido de sua re-inserção social.

Outra questão na implantação de aterros sanitários é a aceitação da obra pela população vizinha. Pela necessidade de áreas para a instalação das unidades, trava-se, normalmente, embates com a população local. Os conflitos de interesses que se estabelecem devem ser bem gerenciados, pois há casos em que a população interditou a operação do aterro, mesmo depois deste ter sido implantado. Nesse sentido, a otimização de

áreas para disposição final e soluções conjuntas, com o compartilhamento do aterro por distintos usuários, deveria ser prioridade.

Dentro desse enfoque, em 1999, teve início a pesquisa sobre *Alternativas institucionais para disposição final compartilhada de resíduos sólidos urbanos*, desenvolvida pelo engenheiro Lúcio Gagliardi Diniz de Paiva, sob a orientação da docente. Os objetivos da pesquisa foram estudar as diferentes formas institucionais que a Administração Pública Municipal assume para a prestação dos serviços de disposição final compartilhada entre diferentes municípios; analisar as características inerentes a cada uma das alternativas propostas; e selecionar alternativa mais interessante e analisá-la em profundidade.

Fatores como a escassez de áreas, alto custo para construção e operação de unidades para disposição final, inadequação das soluções normalmente adotadas e dificuldades de fiscalização e controle por parte dos órgãos competentes desestimulam a iniciativa individualizada de municípios implantarem sua própria alternativa para destinação de resíduos sólidos. Nas últimas duas décadas, tem se observado a tendência de implantação de unidades compartilhadas. O conceito de *centrais de tratamento e disposição final* tem se difundido, tanto em países desenvolvidos, como nos grandes centros urbanos dos países em desenvolvimento, inclusive da América Latina, como Brasil. Verifica-se também a inserção da iniciativa privada neste contexto, transferindo da responsabilidade do poder público a execução de parte do gerenciamento dos resíduos sólidos, o que permite condições econômicas e financeiras mais eficientes, ágeis e atraentes.

Este conceito de regionalização a partir de unidades compartilhadas encontra-se muito difundido nos EUA, a partir dos regulamentos estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA-EPA, em 1989. Além disso, estabeleceu-se também a criação da política de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos (EPA, 1989). No Estado de São Paulo, em 2001, dos 645 municípios paulistas apenas 57 estavam reunidos em soluções conjuntas para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos (CETESB, 2001a); atualmente essa situação mudou significativamente, ampliando bem o número de municípios que praticam a disposição dos resíduos de forma compartilhada. Ainda assim, mesmo considerando as dificuldades para implantar e manter soluções individualizadas

municipais, a prática do compartilhamento poderia ser mais empregada em âmbito nacional; muitas vezes essa alternativa sequer faz parte das agendas de discussão.

As conclusões da pesquisa mostram que unidades regionalizadas para resíduos sólidos são uma alternativa para equacionamento da questão, considerando-se os problemas advindos das práticas inadequadas empregadas pela maioria dos municípios brasileiros. Essa solução torna-se viável na medida em que esforços individuais são reunidos e potencializados na solução de problemas regionais comuns, frente às dificuldades econômico-financeiras municipais, aos deficientes arranjos institucionais empregados para a prestação dos serviços e à carência de recursos e conhecimentos técnicos e administrativos sobre o tema por parte do poder público municipal.

A execução dos serviços pode se dar de forma centralizada: pela administração pública municipal, por meio de seus próprios órgãos e departamentos, ou de forma descentralizada: por autarquias, empresas públicas intermunicipais, sociedades intermunicipais de economia mista ou empresas privadas, mediante contratos de terceirização ou concessão. Modelos mistos são também possíveis. Para a implementação de algumas das alternativas institucionais estudadas, tornam-se necessárias alterações jurídicas e legais, e a mobilização e participação social conjunta com os demais atores envolvidos, na busca de soluções comuns.

A pesquisa resultou na publicação de um artigo e na apresentação e publicação de trabalhos em eventos científicos, conforme segue: *PAIVA e GÜNTHER, 2002; PAIVA e GÜNTHER, 2003a; PAIVA e GÜNTHER, 2003b*.

Em 2003, o engenheiro Claudio Fernando Mahler, ingressou para desenvolver pós-doutorado junto ao Departamento de Saúde Ambiental da FSP, sob a orientação da docente. A pesquisa realizada versou sobre a geração e medição de gases de aterros de resíduos e a geração e tratamento dado aos líquidos percolados. Durante o período foi realizada avaliação do potencial de receitas obtidas com a recuperação do biogás de aterros.

Considerando-se a oportunidade oferecida pela possibilidade de obtenção de receitas derivadas da comercialização de energia e de créditos de carbono em decorrência da geração do gás de aterros de resíduos, estudos sobre a caracterização, geração, formas de captação e de alternativas para reaproveitamento do biogás despontam como nova linha de

investigação. Um aterro sanitário pode ser assimilado a um grande bio-reator, cuja degradação natural da matéria orgânica presente nos resíduos, em ambiente predominantemente anaeróbio, produz o biogás, composto basicamente de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), em quantidades aproximadamente iguais ao longo do tempo (WORLD BANK, 2002). O biogás é um gás combustível e, se lançado no ambiente, contribui para a poluição atmosférica, sendo um poderoso gás causador do efeito estufa. A redução de sua emissão, portanto, minimiza impactos ambientais, além de gerar receita, de acordo com os mecanismos de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto.

Como resultados da pesquisa, foi constatado que antigos aterros desativados há mais de 15 anos no município de São Paulo, ainda apresentavam liberação de gás para o ambiente. Trabalhos foram apresentados e publicados trabalhos em eventos: *MAHLER et al., 2005a; MAHLER et al., 2005b; MAHLER et al., 2005c; COSTA LEITE et al., 2005*.

2.5 Política e Gestão de Resíduos Sólidos

Dentro dos conceitos de gerenciamento e gestão colocados anteriormente, a docente tem trabalhado com a visão de gestão integrada de resíduos sólidos. Como este é um conceito em construção, toda oportunidade para revisão e discussão de conteúdos tem integrado as investigações desenvolvidas, nos últimos anos.

Nesse aspecto, uma contribuição veio da oportunidade de participar de um evento acolhido pela FSP, do qual a docente atuou como coordenadora técnica. O Workshop Internacional sobre Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na América Latina e Caribe, realizado em 2005, contou com diversos especialistas em resíduos sólidos de países latino-americanos, além de técnicos da Itália e Canadá. A proposta do evento compreendeu a apresentação de casos bem sucedidos sobre a gestão dos RSU na América Latina, Itália e Canadá e da discussão de propostas para se trabalhar a gestão integrada de RSU na região. Essa discussão considerou as condicionantes socioeconômicas e ambientais da região e a nova perspectiva trazida pelos certificados de redução de emissões, disciplinados pelo Protocolo de Quioto, quanto à possibilidade de implantação de métodos de tratamento e

disposição final passíveis de geração de créditos de carbono, como subsídio econômico para a gestão integrada.

Na oportunidade foi discutida também a questão da sustentabilidade na gestão dos serviços de limpeza urbana. Os resultados da discussão mostraram que a sustentabilidade deve ser considerada nas suas dimensões econômica, social, ambiental e em termos de saúde; a gestão a ser implementada deve buscar a viabilidade dentro de todas essas perspectivas.

A sustentabilidade econômica da gestão dos RSU está associada à disponibilidade de recursos provenientes da cobrança de taxas ou tarifas pelos serviços prestados aos usuários. Na região, há muitos problemas com a cobrança pelos serviços de limpeza urbana; a cobrança pelos serviços cobre apenas 47% dos custos de operação (OPAS 2005). Em muitos municípios a cobrança não é praticada, em outros a inadimplência é alta. Assim a valorização dos resíduos, por meio da reciclagem de materiais e reaproveitamento energético ou da biomassa e, mais recentemente, a possibilidade de ingresso de recursos pela comercialização de créditos de carbono, são fatores importantes e complementares para a viabilização econômica.

A sustentabilidade ambiental pressupõe a operação do sistema de modo a não causar impactos ao ambiente, principalmente na etapa final de disposição, a mais crítica. Assim, toda liberação de resíduo para o ambiente deve ser controlada, todo local de disposição final deve ser licenciado e fiscalizado e o princípio da minimização de resíduos deve ser contemplado.

A sustentabilidade social na questão dos RSU na América Latina e Caribe envolve a integração dos catadores de materiais recicláveis - posto que esses fazem parte da realidade das cidades da região - no sistema de gerenciamento, a participação da sociedade nas decisões e o controle social da gestão. Preconiza-se para a região a gestão participativa, na qual há mecanismos capazes de criar canais de participação social.

Em termos de saúde, toda a operação do sistema, assim como toda liberação de resíduos para o ambiente devem ser realizadas de modo a não gerar situações de risco que induzam a agravos à saúde, seja em termos ocupacionais ou ambientais.

No evento, foi proposto modelo de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos (GIRSU) para municípios da América Latina e Caribe, conforme Figura 2. O modelo proposto contempla as diferenças estruturais existentes entre os municípios da região, devido em primeira instância ao porte do município. Por outro lado, um modelo único que logre traduzir a gestão integrada dos RSU em municípios de porte pequeno, médio e grande e mesmo nas metrópoles da região, seria muito complexo e não factível, pois não cumpriria com sua função de modelo. Desse modo a proposta contempla três cenários distintos, presentes nos municípios da região de modo isolado ou associados.

Figura 2 - Modelo de gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos urbanos para municípios da América Latina e Caribe.

Extraído de: GÜNTHER e GRIMBERG, 2006

O *cenário A* apresenta a situação mais desfavorável e na qual, infelizmente, enquadra-se a maioria dos municípios da região: o descarte dos resíduos se dá sem

segregação dos materiais, os quais são encaminhados para disposição a céu aberto. Esta é a situação que num cenário ideal deverá ser erradicada, com o fechamento dos lixões e revitalização das áreas degradadas. O *cenário B* contempla o descarte e a coleta convencionais, onde não há segregação dos resíduos na fonte geradora, mas o destino é a disposição no solo em aterro sanitário licenciado. Este cenário é característico de municípios que dispõem de área para disposição de resíduos no solo, e que operam o sistema de modo convencional. Muitos municípios adotam esta solução, demonstrando preocupação com o meio ambiente, mas efetuando a gestão de modo a dar solução à demanda diária de resíduos, ainda que com controle ambiental. Deste cenário faz parte a recuperação do biogás gerado nos aterros sanitários.

O *cenário C*, incorporando as etapas da minimização de resíduos, traduz uma proposta a ser buscada em curto e médio prazo, dependendo das condições locais e da realidade de cada município da região. Neste cenário, busca-se a redução da geração de resíduos na produção e consumo; o descarte e a coleta de modo seletivo, tratamento da parte orgânica e reciclagem da parte inorgânica, e por fim a disposição adequada em aterros sanitários com aproveitamento do biogás. Para tanto, parte-se do pressuposto que os resíduos devem ser coletados em duas categorias distintas e apenas estas: materiais orgânicos (considerados os orgânicos de rápida degradação) e materiais inorgânicos (geralmente os recicláveis) e devem ser valorizados o máximo possível antes da disposição no solo. A segregação de resíduos segundo os diversos tipos de materiais não é recomendada para a região, pois além do alto custo, implica em mudanças de comportamento que tem sido difícil de conseguir com projetos já implantados em alguns municípios latino-americanos.

A experiência resultou na publicação do livro *Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe* (GÜNTHER e GRIMBERG, 2006).

VIDAL et. al. (2001) em descrição de projeto realizado em cidades da Espanha apresenta quatro modelos de programas de segregação na fonte e coleta seletiva, dentro do gerenciamento integrado de RSU. Os modelos diferem quanto ao número de categorias de resíduos para separação e formas de coleta seletiva, adaptando-os em função das condições

e características locais. As categorias de resíduos segregados variam de duas a quatro, incluindo papel/papelão, vidros, matéria orgânica e rejeitos. Nos municípios de Pamplona e Jaén a proposta é a separação em duas categorias apenas: orgânicos e inorgânicos. Esse modelo coincide com o proposto pela pesquisadora para a realidade latino-americana. Essa alternativa indica que o bom desempenho do modelo tem forte componente cultural e deve sempre refletir as necessidades e condições locais, em concordância com a linha de pensamento da pesquisadora.

Outro aspecto relevante é o envolvimento em grupos de pesquisa multidisciplinar, que vem se ampliando com o passar do tempo, o que justifica que fenômenos complexos, como os que envolvem o ambiente e a saúde (MORIN, 1983), não podem ser analisados a partir da fragmentação e do saber disciplinar, característicos da racionalidade científica da “ciência normal” da modernidade (KUHN, 1978). Os avanços no conhecimento dos fenômenos da natureza acentuaram a concepção de não linearidade, de complexidade, da necessidade de incorporação também da avaliação qualitativa e da integração de saberes de diversos e distintos sujeitos do conhecimento. A interdisciplinaridade é fundamental quando se pretende trabalhar na inter-relação ambiente saúde.

Nesse sentido, durante o período de 2003 a 2006, houve o convite para integrar grupo de pesquisa que atuou no *Projeto NEGOWAT – Facilitação de Negociação nos Conflitos sobre o uso e gestão do solo e da água em áreas peri-urbanas de mananciais: Combinando Modelagem Multi-Agente e Jogos de Papéis*, composto por quase 30 pesquisadores de diferentes nacionalidades e instituições, para estudos no Brasil e Bolívia. Os objetivos do projeto consistiram em: trabalhar os conflitos de interesses de diferentes grupos com relação ao uso da água e ocupação do solo em áreas peri-urbanas da bacia hidrográfica do Alto Tietê (sub-bacias: Alto Tietê Cabeceiras e Guarapiranga) e contribuir com a capacitação da sociedade civil para a participação e conscientização de seus direitos e deveres. Envolveu a investigação dos diversos fatores sociais, econômicos, institucionais, técnicos e ambientais que afetam o funcionamento hidrológico do sistema dos recursos hídricos nas sub-bacias estudadas e geram conflitos de uso na sociedade. Como resultados foram desenvolvidas ferramentas de simulação como jogos de papéis, que pressupõem a integração das várias representações e conhecimentos, como garantia de sua legitimidade e

da possibilidade de ser utilizadas como plataforma de mediação na discussão dos conflitos socioambientais.

O Projeto Negowat testou o uso de jogos de papéis computadorizados, como ferramentas para acompanhar processos de negociação entre atores em áreas periurbanas da RMSP. Nos últimos anos, essas ferramentas tradicionais de ensino têm recebido atenção crescente devido à evolução computacional que abre novos espaços de trabalho e pode simular cenários futuros (CECCHINI, 2001; DUKE, 2000). Para seu uso como plataforma de discussão e não apenas como simples ferramenta didática, é necessária a aceitação do jogo pelas diferentes partes envolvidas no processo de discussão, ou seja, os atores em conflito, independente do nível de formação ou área de atuação de cada ator. A pesquisa com esta nova ferramenta envolve dois aspectos: a própria metodologia de elaboração dos jogos e o conteúdo do jogo, que no caso é a situação real por que passa cada sub-bacia estudada, e a integração das diferentes perspectivas e conhecimentos trazidos pelos jogadores, representantes locais, técnicos ou científicos.

O Projeto Negowat apoiou-se num processo de modelagem participativa a *Modelagem de Acompanhamento*³ para desenvolver as ferramentas (jogos) que foram elaboradas com base nas informações reais trazidas por cada pesquisador, dentro de sua área de especialidade, e discutidas em grupo num processo de construção de consenso. Os jogos foram posteriormente testados em diferentes grupos e foram muito bem aceitos para os fins a que se propuseram.

Como resultado do projeto foi publicado um livro (BUTTERWORTH *et al.*, 2007) sobre a experiência que envolveu os estudos nos dois países e em Chennai, Índia, no qual a docente é co-autora de capítulo (DUCROT *et al.*, 2007). Artigo encontra-se submetido e aceito para publicação em periódico (Ducrot R *et al.* *Elaboração multidisciplinar e participativa de jogos de papéis: uma experiência de modelagem de acompanhamento*

³ Modelagem de acompanhamento - metodologia desenvolvida pelo COLLETIF COMMOD (www.comod.org), que visa aproximar as questões elaboradas pelos pesquisadores científicos àquelas levantadas junto aos atores sociais envolvidos no sistema. Constitui-se de uma plataforma de aprendizagem coletiva, visando construir uma visão integrada da realidade entre pesquisadores, tomadores de decisões e atores locais, facilitar o diálogo, compartilhar conhecimentos e tomar decisões coletivamente em uma intervenção.

sobre a gestão dos mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. *Revista Ambiente e Sociedade*).

Este projeto teve a participação da mestranda Mariana Gutierrez Arteiro, bolsista do Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique Pour le Développement-CIRAD e, posteriormente, do CNPq, orientada pela docente, que realizou sua pesquisa em área periurbana de um dos municípios da sub-bacia Tietê-Cabeceiras. (*Estudo epidemiológico em localidade peri-urbana no Município de Guarulhos, SP: Acesso ao saneamento e condições de saúde de crianças*). A investigação da mestranda versou sobre questões de acesso aos serviços de saneamento e o impacto na saúde de crianças residentes em áreas vulneráveis, por meio de estudo epidemiológico que utilizou, como banco de dados, as fichas de avaliação do Programa de Saúde da Família-PSF. Como resultado, até o momento, alguns trabalhos foram apresentados e publicados em anais de eventos: ARTEIRO e GÜNTHER, 2005; ARTEIRO e GÜNTHER, 2007a; ARTEIRO e GÜNTHER, 2007b.

Atualmente duas orientações de doutorado estão em curso, cujas pesquisas referem-se à avaliação de políticas ligadas à gestão de resíduos sólidos: Paulo Maurício Oliveira Pinho, matriculado em 2007, no PROCAM/USP (*Avaliação das políticas que interferem na gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios da Amazônia*) e Glória Regina Calháo Barini Néspoli, ingressante em 2006 no Programa de Saúde Pública (*A construção de estratégias integradas para a sustentabilidade: Políticas públicas estaduais de meio ambiente e de saúde do Estado de Mato Grosso*). Integro também Projeto Temático da FAPESP intitulado *Diagnóstico socioambiental, aprendizagem social e modelos multi-agentes na definição de políticas públicas para a gestão integrada dos recursos hídricos e uso e ocupação do solo*, junto ao grupo de pesquisa do PROCAM, iniciado em março de 2008.

Dentro do tema políticas públicas de resíduos sólidos, em 2002, houve oportunidade de atuar na coordenação de grupo que assessorou o Ministério do Meio Ambiente, na elaboração das Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos para nove estados brasileiros. O trabalho foi executado segundo metodologia participativa, onde a construção da política e respectiva lei que institui a política podem ser levadas junto aos representantes do poder

público, das organizações envolvidas e da sociedade civil dos estados contemplados. Alguns desses estados já aprovaram a lei da política de resíduos sólidos, de acordo com o projeto proposto, outros estão em processo de aprovação. Como resultado para a pesquisadora, além do conhecimento técnico da questão propriamente, trouxe conhecimento da diversidade encontrada nas distintas realidades dos estados brasileiros, das possibilidades e limitantes de cada estado e das possibilidades de diferentes instrumentos e programas que cada realidade e seus atores oferecem.

2.6 Avaliação Crítica

As pesquisas que envolveram os resíduos sólidos, não como um aspecto isolado, mas considerando-os como um componente do saneamento ambiental, logo inter-relacionado às demais atividades do saneamento, permitiram uma visão integrada das causas e efeitos sobre o ambiente e a saúde, pois nessa área os determinantes são multicausais e interdependentes.

Empregar a metodologia da pesquisa-ação, que pressupõe trabalhar de forma participativa, integrando o objeto de estudo (população da área estudada) à investigação, construindo os métodos passo a passo e a partir da realidade apreendida pela comunidade, torna o trabalho interessante e produtivo. A possibilidade de apresentar o diagnóstico da situação local aos participantes, discutindo e agregando informações em reuniões entre pesquisadores e pesquisados, aliada à tomada de decisão conjunta fortalece o capital social. Além de maiores chances de resultados satisfatórios nas intervenções, mobiliza a população para que ela busque soluções para sua realidade e seja parte integrante da solução elegida. Demanda, por outro lado, tempo para sensibilização, mobilização da população e para realização de reuniões, as quais requerem uma abordagem apropriada, além do apoio de pesquisadores com conhecimento em conteúdos de Educação Ambiental. A parceria das disciplinas Saneamento Ambiental e Educação Ambiental é sempre desejável. Esse tipo de pesquisa é importante na área de saúde ambiental, não só para modificação da realidade nacional, tão carente de trabalhos de promoção da saúde, como também para a criação de metodologias e práticas para se trabalhar questões ambientais e de saúde, com forte

componente sociocultural. A metodologia desenvolvida pelo grupo do Departamento de Saúde Ambiental configura-se como produto acadêmico, apropriado ao desenvolvimento de investigação dessa natureza e replicável a realidades similares.

As pesquisas sobre coleta seletiva e reciclagem foram focadas principalmente na avaliação de programas de coleta seletiva de resíduos e, embora não tenha ainda possibilitado elaborar uma metodologia de avaliação, vários subsídios puderam ser formulados. A avaliação desses programas é importante para o país, pois apoiará a tomada de decisão dos gestores públicos para continuar financiando governos municipais e ONGs nessas iniciativas. Por se tratar de política pública de inclusão social e geração de renda, os programas de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores devem ser incentivados. As investigações com relação aos indicadores de sustentabilidade econômica, social, ambiental e com relação aos aspectos de saúde podem trazer elementos para a busca da sustentabilidade nessas dimensões. Os indicadores e índices de sustentabilidade pesquisados e definidos necessitam ser validados, junto aos especialistas do setor, o que está em curso na pesquisa da doutoranda Gina Rizpah Besen. Na sequência, torna-se essencial sua divulgação em âmbito nacional e latino-americano, para que sejam aplicáveis e possibilitem comparação entre programas de diferentes municípios.

Nota-se que as iniciativas de coleta seletiva e reciclagem que alcançam maior sucesso são assessorados por programas de educação ambiental-PEA. No entanto, a meta do PEA deve ser buscar as mudanças pessoais, a cidadania e a justiça social, além da simples mudança de comportamento nas práticas do descarte seletivo. Os conteúdos de educação ambiental devem proporcionar aos participantes a compreensão das causas da geração dos resíduos, determinadas pelo modelo capitalista de produção e consumo vigente, e dos efeitos ao ambiente e à saúde.

Como investigações futuras, cabem: os indicadores de sustentabilidade e a avaliação das condições de saúde em centros de triagem de resíduos, principalmente com relação à saúde do trabalhador. Além disso, estudos sobre o mercado reciclador e o desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem, que possam ser aplicadas à realidade do país, devem ser contemplados.

As pesquisas realizadas mostram também que a compostagem é um método de tratamento que tem seu espaço na realidade brasileira, seja pelo teor de matéria orgânica presente, seja pelas condições climáticas favoráveis, ou ainda pela redução da disposição dos resíduos no solo. Como as usinas de compostagem acelerada têm sua implantação condicionada a fatores como localização, quantidade de resíduos a compostar, custo de implantação e operação e aceitação da comunidade, a compostagem caseira é alternativa apropriada a pequenos municípios e áreas não atendidas pela coleta regular de RSU. Nesse sentido, a divulgação desse método como prática aplicável torna-se importante para a realidade do país. Assim sendo, já está em curso a elaboração de um manual de coleta seletiva domiciliar simplificado, para distribuição aos municípios e ONGs interessadas como fomento para aumento dessa prática.

Quanto aos aterros sanitários, o interesse da pesquisadora está na produção do biogás e sua recuperação, visando à redução dos impactos ambientais e sanitários decorrentes. Pretende-se seguir com pesquisas sobre caracterização mais aprofundadas, sobre sistemas de captação do biogás e de recuperação, mais correto do ponto de vista ambiental, que a simples queima para produção de energia. Da mesma forma, pretende-se focar em pesquisas sobre mecanismos de desenvolvimento limpo e certificação para créditos de carbono.

A aplicação da visão de gestão integrada às pesquisas e trabalhos mostra-se acertada, pois permite uma maior abrangência no trato da problemática dos resíduos sólidos. No que pese trazer maior complexidade, pelo número de variáveis a serem consideradas, vai além do fluxo operacional que compreende as etapas do gerenciamento dos resíduos, desde a geração até a disposição final, incorporando os fatores intervenientes e determinantes da gestão, nas demais dimensões inter-relacionadas.

Trabalhar a gestão dos resíduos sólidos com incorporação da dimensão saúde é essencial e essa abordagem precisa ser ampliada. Há diversas interfaces entre a solução de questões que envolvem resíduos, que a princípio se apresenta como apenas de cunho ambiental, com a saúde humana. A exposição aos resíduos e aos contaminantes possivelmente presentes é fator que pode levar à ocorrência de agravos à saúde, quer do gerador, do trabalhador, ou da população como um todo. No entanto, os efeitos à saúde

decorrentes da exposição a locais de disposição de resíduos não são específicos. Primariamente, pessoas expostas e não expostas podem responder da mesma forma à exposição a contaminantes, o que torna complexa a questão. As respostas são determinadas pelo nível dos contaminantes e pela suscetibilidade dos indivíduos, ao longo do tempo e da interação entre os fatores que afetam a saúde e as condições da saúde da população exposta (HANSEN et al, 1998).

Pesquisas propostas pela docente, na utilização do Programa de Saúde da Família-PSF, como banco de dados de informações ambientais e de saúde, mostraram que este é um novo instrumento a ser utilizado. O PSF possibilita a informação desagregada por localidade atendida, o que não se consegue nos bancos de dados oficiais. Essa nova abordagem traz benefícios para um conhecimento mais realista da situação estudada. Porém os dados coletados por esse programa, que caracterizam as condições ambientais da moradia, são insuficientes e outros dados relevantes poderiam ser conseguidos por meio desse instrumento. Assim, como meta futura, pretende-se proceder à avaliação das fichas de coleta e propor modificações, visando torná-las mais adequadas e completas.

3. RESÍDUOS INDUSTRIAIS E ÁREAS CONTAMINADAS

3.1 Introdução

Os processos industriais geram grande quantidade e diversidade de resíduos. Os resíduos industriais apresentam classificações distintas, indo desde resíduos não perigosos inertes até resíduos perigosos. Os resíduos líquidos industriais que não forem passíveis de serem tratados nos sistemas de tratamento de efluentes do processo industrial serão considerados como resíduos sólidos; assim os resíduos industriais podem estar no estado sólido, semi-sólido (lodos) ou líquido. No caso de resíduos perigosos, muitas vezes torna-se necessário tratamento prévio à disposição final, no sentido de reduzir ou eliminar sua periculosidade. Requer também gerenciamento mais criterioso por parte do gerador e controle e fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes.

No gerenciamento de resíduos industriais, dois pontos são relevantes: i) a dificuldade de gerenciar os resíduos sólidos industriais, pois a maioria desses é tratada ou disposta longe da fonte geradora; ii) o aparecimento de áreas de depósito de resíduos industriais, clandestinas ou não, que se configuram como fontes secundárias de poluição ambiental. No primeiro caso, a necessidade de parte do gerenciamento ser externo implica na possibilidade de acidentes de transporte e de disposição inadequada, ampliando os problemas de poluição ambiental para além da fronteira da fonte primária (a indústria). O mesmo não acontece com os efluentes líquidos ou gasosos, que são tratados dentro da indústria e lançados em pontos definidos para o ambiente exterior, logo apresentam maior facilidade na fiscalização e controle. No segundo caso, as fontes secundárias decorrentes de acidentes de transporte ou da deposição no solo (fontes secundárias), também necessitarão de fiscalização e controle, além da área industrial. Se forem áreas de derrame ou clandestinas necessitarão de recuperação, podendo incluir remediação em casos de contaminação. Se forem locais de destino dos resíduos, para tratamento ou disposição final, necessitarão de fiscalização e controle.

Apenas por esses dois aspectos, nota-se que a questão do gerenciamento dos resíduos industriais é complexa e pode ampliar significativamente o risco de contaminação

ambiental. Dessa forma, a estratégia de minimização de resíduos embora recomendada para todos os tipos de resíduos industriais, é principalmente apropriada para os perigosos.

Um resíduo perigoso lançado no ambiente de forma inadequada pode comprometer os distintos compartimentos ambientais: águas superficiais e subterrâneas, solo e sedimentos, ar; vegetação e fauna e chegar ao organismo humano. Representam fator de risco de agravos à saúde, por meio das várias vias de exposição pelas quais podem atingir o organismo humano, conforme apresentado na Figura 3 (BATSTONE et al., 1989).

Figura 3 - Rotas físicas e biológicas de transmissão de substâncias perigosas, liberação a partir da área de disposição e vias potenciais de exposição humana.

Extraído de: BATSTONE et al. 1989

O manejo inseguro e não apropriado e, principalmente, a disposição inadequada de resíduos que contenham substâncias químicas perigosas vem acarretando situações críticas de degradação ambiental. Se o destino é o solo, sem controle, as características e a concentração dos contaminantes presentes podem resultar na contaminação do local, constituindo-se no que se convencionou chamar de *áreas contaminadas*. Define-se áreas contaminadas como sendo um local cujo solo sofreu dano ambiental significativo que o impede de assumir suas funções naturais ou legalmente garantidas (CETESB 2001b).

A presença de área contaminada, caso particular de área degradada, em que a concentração de contaminantes ultrapassa valores de referência ambientalmente aceitáveis, pode ter como causas: armazenamento de produtos e resíduos perigosos, operação de sistemas de tratamento e disposição final de efluentes líquidos ou resíduos sólidos, lançamento ou infiltração no solo de esgotos sanitários e efluentes industriais, emissão gasosa de compostos poluentes que são trazidos ao solo pelas águas pluviais, aplicação de agrotóxicos, acidentes de transporte de cargas perigosas, armazenamento e distribuição de substâncias químicas, entre essas os derivados de petróleo, vazamento de tanques e tubulações, abandono de embalagens contendo produtos químicos perigosos, depósitos de rejeitos radioativos (GÜNTHER, 1998).

O conceito de áreas contaminadas deve ser compreendido em seu real significado e dentro de um enfoque sistêmico, pois não se refere apenas ao *locus* da contaminação, ou seja, ao solo que recebeu os contaminantes: a *área contaminada* envolve o conjunto dos compartimentos ambientais (ar, água, solo, vegetação) afetados; as construções, instalações e equipamentos ali presentes, as atividades ali desenvolvidas; e as populações (animal ou humana) expostas aos contaminantes presentes. Nessas áreas, os poluentes e contaminantes podem concentrar-se na superfície do terreno ou em subsuperfície, nos diferentes meios: solo, água, ar, biota e também no ambiente construído, como edificações, instalações, material utilizado para aterro, o que justifica a denominação de *área* contaminada e não apenas *solo* contaminado, como tem sido tratado em alguns casos. No entanto, essa definição conflita com a adotada pelo Programa Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado (VIGISOLO, 2006), o qual refere-se a *área com solo contaminado* como sendo o local que apresenta processo de origem natural ou antrópica caracterizado pela presença de substâncias químicas no solo em concentrações capazes de causar agravos à saúde humana. Essa definição induz a se pensar o ambiente de forma compartimentada, dificultando o enfoque integrado sob o qual a questão de áreas contaminadas deve ser tratada.

Além das causas citadas de ocorrência de áreas contaminadas, também é fator determinante a desativação de instalações produtivas, em regiões urbano-industriais, fenômeno conhecido como desindustrialização (SÁNCHEZ, 2001), deixando, no local,

instalações e equipamentos abandonados – *brownfields*⁴, que são espaços urbanos desocupados e disfuncionais muitas vezes contaminados. SILVA (2002) mostra que, em uma amostra de 309 indústrias instaladas no Município de São Paulo na década de 1980, apenas 46% permaneciam em atividade em 2001/2002; 19% encontravam-se desativadas (5,1% para alugar ou vender); e 34,9% foram desativadas e encontraram novo uso, sendo 13,6% destas para novo uso industrial e 21,3% para novo uso não-industrial. Estes dados evidenciam a magnitude do problema e apontam para a questão mais preocupante para a saúde pública, que é a reutilização dos *brownfields* sem controle ambiental e os riscos associados a essa prática, principalmente se estiverem contaminados.

Devido aos impactos que podem afetar os recursos hídricos, o solo, o patrimônio e a saúde pública, o tema áreas contaminadas tornou-se de grande interesse e tem levado diversos países a adotar políticas públicas voltadas para o gerenciamento e controle desses locais de risco. Tais políticas envolvem, geralmente, a implementação de legislação específica; a identificação dos locais suspeitos de contaminação e contaminados, traduzidos nos chamados inventários; a avaliação de risco à saúde da população exposta; o desenvolvimento de métodos de avaliação de risco visando à priorização das áreas; o desenvolvimento e aplicação de tecnologias de remediação; a criação de mecanismos para subsidiar o custo da remediação de áreas eleitas como prioritárias (fundos); e estratégias de prevenção de acidentes e da poluição. A presença de áreas contaminadas além das consequências ambientais e à saúde humana, torna seu uso futuro restrito.

Os riscos à saúde, em áreas contaminadas e arredores, associadas às atividades industriais, decorrem da exposição humana a contaminantes, de três maneiras distintas: i) exposição ocupacional, quando o processo produtivo está ativo e o trabalhador realiza suas atividades laborais na área comprometida; ii) exposição da vizinhança, quando há a propagação da contaminação às áreas do entorno do local contaminado, por diversas rotas e mecanismos de transporte de contaminantes; iii) reutilização da área contaminada para novo uso, especialmente quando o novo usuário não tem conhecimento dessa contaminação (GÜNTHER, 1998).

⁴ *Brownfields*: instalações industriais e comerciais abandonadas, vagas ou subutilizadas, cuja reutilização é dificultada por problemas reais ou percebidos de contaminação ambiental (EPA, 1999).

Sobre este tema, foi publicado, pela docente, artigo em periódico (GÜNTHER, 2006) que trata da questão de áreas degradadas e contaminadas na Região Metropolitana de São Paulo, enfocando aspectos ambientais e de saúde, no contexto da poluição, da degradação ambiental e das políticas públicas envolvidas. Também foi apresentado trabalho em congresso internacional, em co-autoria com técnico da CETESB, que abordou aspectos de situações de emergência, geradas pelo descarte de substâncias químicas no solo em situação de perigo (GOUVEIA e GÜNTHER, 2005). Essas situações são atendidas pelo setor de emergência da CETESB e têm sua ocorrência registrada, o que permite verificar a intensidade, localização e que tipo de contaminante está envolvido.

3.2 Resíduos Industriais

A participação da docente no Programa de Profissionais Jovens do *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria e Ciencias del Ambiente-CEPIS*, da Organização Pan-americana da Saúde-OPAS, em Lima, Peru, no ano de 1991, tinha como proposta inicial integrar grupo de especialistas, incumbido de traçar uma política para atuação da OPAS/OMS na questão dos resíduos perigosos, no âmbito da América Latina e Caribe. Contudo, frustrada por problemas políticos do país, a missão não chegou a propor uma política regional, mas propiciou à docente oportunidade de manter contato com especialistas que detinham os últimos conhecimentos sobre o assunto e realizar visitas técnicas a vários processos industriais e unidades de tratamento e disposição final de resíduos perigosos, nos países da região. Trouxe muita informação sobre como a questão dos resíduos perigosos estava sendo tratada em países desenvolvidos e o despertar para a mesma, nos países em desenvolvimento, principalmente na América Latina.

A estratégia de minimização de resíduos, precursora do princípio dos 3 Rs, principalmente focada para os resíduos perigosos industriais e divulgada por publicação do Banco Mundial como *Disposição segura dos resíduos perigosos: problemas e necessidades principais para países em desenvolvimento* (BATSTONE et al., 1989) embasava toda a discussão no tema. A OPAS priorizou trabalhar com três tipos de processos produtivos considerados de maior impacto poluidor na América Latina: curtume, galvanoplastia e

indústria têxtil e com os resíduos de serviços de saúde. A idéia era proceder à avaliação dos processos produtivos, aplicação da estratégia de minimização ao processo, elaboração de manuais com os resultados e ampla divulgação nos países da região. Experiência prévia da docente no atendimento ao Ministério Público do Estado de São Paulo para emitir laudos periciais em processos industriais, o que previa uma ampla avaliação e análise de irregularidades, possibilitou integrar as equipes do CEPIS e acompanhar as alterações de procedimentos propostas para os alguns processos produtivos.

Nesse período houve a oportunidade de acompanhar os experimentos, e posteriormente revisar o manual, de minimização de resíduos em curtume, realizados em área industrial de Lima, Peru. Os resultados da pesquisa realizada neste setor mostraram que é possível implantar o reuso de água no processo de curtição da pele, re-circulando até cinco vezes o efluente após beneficiamento simplificado. Devido a esse reuso, são reduzidos o consumo de cromo, pois aproveita-se a concentração remanescente no efluente re-circulado, e a geração de efluente líquido perigoso. Quanto aos resíduos sólidos, há possibilidade de aproveitamento do colágeno, existente na gordura das peles animais (antes de seu processamento), a serragem resultante do processo de raspagem interna (resíduo perigoso contendo cromo) e os retalhos de couro resultantes do recorte das peles já curtidas. Cada um desses resíduos é passível de reaproveitamento, reduzindo em muito a quantidade de resíduos industriais gerados em indústria coureira. O aprendizado com esta experiência tem embasado toda a atuação no tema resíduos perigosos, como também em relação aos resíduos sólidos urbanos e resíduos especiais, reforçando o princípio dos 4Rs (Ver item 1.3).

Em países em estágio de desenvolvimento e que possuem áreas industrializadas, como o Brasil, o problema do gerenciamento dos resíduos industriais e conseqüente contaminação do ambiente acentua-se devido: i) à forma ambientalmente desordenada em que se processou e ainda se processa a expansão urbano-industrial; ii) ao avanço das áreas urbanas, em detrimento dos habitats naturais, avançando em áreas de vulnerabilidade ambiental; iii) à ocupação do solo e transformação dos espaços; iv) à prática de lançamento ou disposição dos resíduos industriais no ambiente, de forma inadequada (BONACIN SILVA, 2006); à carência de instrumentos de gestão, de marco regulatório específico e de

recursos para atuação; à quase nula participação social na tomada de decisão; à falta de políticas públicas para o setor.

Assim, nessa área temática, com tantas variantes, há espaço para se estudar e desenvolver investigação sobre:

- processos industriais de setores prioritários de controle, identificando os respectivos resíduos gerados, no sentido de caracterizar as fontes e condições de geração e, ainda, identificar e caracterizar os resíduos industriais, por meio de avaliação quantitativa e qualitativa da geração.
- o potencial de recuperação dos resíduos industriais gerados nesses processos.
- processos produtivos e suas condicionantes, no sentido de se aplicar a estratégia de minimização de resíduos, por meio da redução de resíduos na fonte, reutilização ou reciclagem dos resíduos gerados e o tratamento indicado para os mesmos.
- formas de reaproveitamento dos resíduos gerados e identificação de tecnologias aplicáveis à realidade brasileira.
- tipos de sistemas de tratamento e disposição final para resíduos industriais específicos, considerando-se suas características e as condicionantes socioeconômicas, de logística, ambientais e sanitárias.
- casos de áreas específicas que receberam resíduos perigosos, sua identificação como área potencialmente contaminada (avaliação preliminar), como área contaminada (avaliação confirmatória) e determinação dos riscos à saúde e ambiental (avaliação de risco).
- processos de remediação de áreas constatadas como contaminadas.
- áreas industriais abandonadas ou desinstaladas e seus impactos ambientais e sanitários.
- revitalização urbana de áreas degradadas e contaminadas, especificamente os *brownfields*
- exposição humana a contaminantes industriais específicos.

- biomarcadores de exposição humana, de suscetibilidade, exposição e efeito.
- gerenciamento da área contaminada, visto em seus aspectos operacionais, e o gerenciamento integrado, considerando-se a cadeia de atores envolvidos.
- questões relativas ao acompanhamento da população exposta, como estudos de vigilância ambiental à saúde, no sentido de se avaliar os efeitos à saúde em curto, médio e longo prazo da exposição a contaminantes.
- questões socioculturais, jurídico-legais, econômicas e urbanísticas, relacionadas à produção de resíduos industriais e áreas contaminadas, e à exposição humana da população da área de influência.

Devido à amplitude, provavelmente alguns desses tópicos tenderão a configurar linhas de investigação própria. Na área da saúde ambiental, o interesse não é tanto no desenvolvimento de tecnologias para tratamento de resíduos ou para remediação de áreas contaminadas, o que está mais afeto a outras unidades da USP e de outras universidades e institutos de pesquisa. A investigação na saúde ambiental tem focado na caracterização das fontes geradoras, dos resíduos gerados e das áreas contaminadas; no emprego das técnicas de minimização de resíduos, principalmente verificando se há possibilidade de recuperação do resíduo gerado; na avaliação da exposição humana a contaminantes e o estudo de biomarcadores; no estudo dos aspectos determinantes desses eventos e seus efeitos, o que possibilita a inclusão de profissionais das áreas biológicas e humanas nos estudos.

Esta linha de pesquisa, que se iniciou com o doutoramento tem sido desenvolvida principalmente por meio de estudos de caso e estudos de correlação. Estudos descritivos têm sido empregados na investigação de contaminantes cujas informações ainda não se encontrem sistematizadas, caracterizando-se como estudos exploratórios que fornecem um panorama da questão e levam à publicação de artigos de revisão.

3.3 Área Contaminada por Resíduos de Indústria Galvanoplástica

A tese de doutorado da docente (GÜNTHER, 1998) abordou um dos primeiros casos de contaminação ambiental para o qual foi impetrada ação civil pública ambiental pelo Ministério Público, no Estado de São Paulo. Tratou de estudo de caso decorrente da disposição inadequada de resíduos de indústria galvanotécnica e suas implicações na saúde da população da área de influência. Teve por objetivo investigar a liberação de substâncias perigosas para o ambiente, avaliando o comprometimento atual e futuro da área afetada, visando identificar ações necessárias para analisar, mitigar e prevenir os riscos ao meio ambiente e à saúde dos expostos. As áreas de disposição de resíduos, como fontes secundárias, liberam substância químicas ao ambiente por distintas vias de transmissão, que representam rotas potenciais de exposição humana, conforme mostrado na Figura 3.

A metodologia utilizada baseou-se nos critérios de avaliação de risco à saúde pela exposição a resíduos perigosos empregados pela Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ASTDR (ATSDR, 1992), quando da investigação em áreas suspeitas de contaminação. Esta avaliação de saúde consiste no levantamento de dados ambientais da área de estudo, na identificação das preocupações da população exposta com o problema e dos efeitos potenciais sobre a saúde, visando à indicação, para o órgão ambiental competente, da necessidade de estudos e ações de promoção da saúde mais aprofundados na área. Essa agência americana desenvolve atividades de saúde pública especificamente associadas com a exposição, real ou potencial, a agentes perigosos emitidos ao ambiente, priorizando a proteção à saúde pública. Essa metodologia tem sido utilizada pelo VIGISOLO, para avaliação de risco à saúde em episódios de áreas suspeitas de contaminação.

A revisão bibliográfica sobre o tema possibilitou uma visão da questão de áreas contaminadas em âmbito nacional e internacional, principalmente em países como EUA, Alemanha, Canadá, Japão e outros países europeus e a identificação das políticas e ações que se apresentavam em cada país, naquele momento. Propiciou o entendimento das causas e dos efeitos ambientais e à saúde das práticas operacionais dos processos produtivos industriais e do gerenciamento não criterioso dos resíduos, como também da questão das

indústrias desativadas e do passivo ambiental que representa a desativação sem critérios ou plano de desativação.

Como se tratava de processo de galvanoplastia, no qual é realizado o recobrimento de superfícies metálicas com metais, houve oportunidade de trabalhar com alguns metais pesados (cádmio, cobre, cromo, níquel e zinco), de grande importância à saúde pública, pois além de bioacumulativos no organismo, alguns deles são considerados carcinogênicos, como o cromo hexavalente e o níquel. O tema iniciado no doutorado, tratando-se de resíduos que contêm metais, segue até hoje, com a incorporação do estudo do chumbo, como outro metal de importância em saúde ambiental.

O levantamento de dados sobre a existência de áreas contaminadas e seu potencial de ocorrência, tanto em âmbito internacional, mas principalmente na RMSP, mostrou que esta era uma questão emergente e com tendência a se agravar, como pode ser constatada nos anos seguintes pelo número de casos de áreas contaminadas que foram sendo identificados na região. Também mostrou a necessidade de se estabelecer uma linha de pesquisa na qual esta temática pudesse ser contemplada. Atualmente no Departamento de Saúde Ambiental este é tema com o qual a docente vem trabalhando, desenvolvido mais recentemente em parceria com docente da área de avaliação e gerenciamento de riscos.

Os resultados mostraram que a ocupação do solo na região de estudo não se limitava ao uso industrial; no entorno da indústria, além do uso residencial, era praticada a criação de animais (bovinos) para leite e corte e plantação de milho para uso humano e animal. A contaminação identificada era devida ao lançamento pretérito de efluentes líquidos industriais sem tratamento, em corpos d'água e no solo, e ao lançamento do lodo galvânico no solo, em área onde houve aterramento posterior (fonte secundária de poluição), e ao lançamento, à época, de efluente líquido submetido a tratamento prévio, mas sem efetiva remoção dos contaminantes. Devido às características geográficas e hidrogeológicas da região, em época de chuvas, a área sofria inundação, fator que contribuiu para a dispersão dos contaminantes, pela re-suspensão dos depósitos junto aos sedimentos de fundo, logo a contaminação não se limitou à pluma subterrânea, mas se expandiu superficialmente também. As análises realizadas no efluente da indústria, em águas superficiais (rios e córregos) e subterrâneas (poços freáticos residenciais), em sedimentos dos córregos, na

vegetação (capim Brachiária), tanto na raiz como caule, e no solo, em épocas subseqüentes, identificou a contaminação e sua evolução. Como exemplo, são apresentadas as Figuras 4 e 5. Também foram colhidas amostras de animais que morreram durante a investigação, vitimados por intoxicação, pois se alimentavam do capim e da água dos córregos próximos. As análises foram realizadas considerando-se os cinco metais utilizados nos processos de galvanização. Os resultados das análises, que indicaram contaminação por metais foram apresentados em trabalho completo em Congresso Nacional (GÜNTHER, 1999).

Figura 4 - Resultados das análises referentes a lodo e vegetação do Córrego das Antinhas, pela posição relativa e metais pesados pesquisados.

Ponto de Coleta	Material	Metais Pesados (mg/l)				
		Cádmio	Cobre	Cromo VI	Níquel	Zinco
F montante (nascente)	Lodo	1,66	17,2	33,5	96,0	363,2
	Caule	nd	6,6	3,6	11,4	50,0
	Raiz	nd	2,1	3,6	64,6	4,6
G local de emissão	Lodo	161,26	292,5	1522,0	317,9	757,6
	Caule	1,88	5,9	7,3	98,5	315,2
	Raiz	22,70	36,2	203,6	95,4	424,3
H jusante (300 metros da emissão)	Lodo	40,44	130,0	1169,0	198,1	766,8
	Caule	6,33	8,9	7,3	166,2	381,8
	Raiz	39,73	20,7	145,4	98,5	400,0
I jusante (600 metros da emissão)	Lodo	56,58	124,9	1021,8	344,9	749,7
	Caule	6,10	6,8	18,2	113,8	335,8
	Raiz	14,91	43,5	261,8	252,3	454,4
Referência Outra Região	Caule	0,01	0,6	0,2	6,6	10,0
	Raiz	0,02	1,4	2,2	4,0	22,0

nd = não detectado

Extraído de: GÜNTHER, 1998

Figura 5 - Resultados das análises à água de poços freáticos, por local de referência, endereço e metais pesados pesquisados.

Ponto de Coleta	Local Amostrado	Metais Pesados (mg/l)				
		Cádmio	Cobre	Cromo VI	Níquel	Zinco
A	R. Pará, 28	9,79	0,004	0,08	6,51	10,5
B	R. Pará, 18	1,95	0,005	nd	4,88	0,71
C	R. Pará, 14	0,20	nd	nd	3,10	nd
D	R. Pará, 10	nd	nd	nd	0,50	nd
E	R. Pará, s/n	0,40	nd	nd	4,31	nd
Refer. I *		0,005	1,0	0,05 - total	-	5,0
Refer. II **		0,01	1,0	0,05 - hexav.	-	5,0

nd = não detectado

* Portaria 36 do Ministério da Saúde, de 19.01.90

** Decreto Estadual 12.486, de 20.10.78 (NTA-60)

Extraído de: GÜNTHER, 1998

Os principais efeitos identificados foram a contaminação por poluentes químicos das águas subterrâneas, única fonte de abastecimento da população local, a morte de dezenas de animais dos sítios vizinhos, a impossibilidade de utilização da área atingida para plantio ou criação de animais e os agravos à saúde referidos pela população, principalmente associados à ingestão de águas contaminadas. A situação não era estanque porém dinâmica, tendendo a se agravar, como ocorre em casos de contaminação nos quais não são tomadas as providências necessárias.

Com os resultados foi possível identificar os fenômenos e as vias de transporte de poluentes nos compartimentos ambientais, além de se evidenciar as vias de exposição humana aos contaminantes, o que é fundamental em análise de risco. A constatação da contaminação da água de poços residenciais levou a Prefeitura Municipal a lacrar os poços contaminados e a exigir que a indústria fornecesse água potável de seu poço artesiano para a população atingida. Levou também à interdição temporária (15 dias) da indústria, e posteriormente interdição definitiva, pelo secretário de Meio Ambiente e ao estabelecimento de um compromisso firmado entre os responsáveis pela indústria e a CETESB, precursor do atual Termo de Ajustamento de Conduta-TAC.

Como conclusão, foi observado que o solo funciona como filtro bio-geo-químico aos contaminantes, liberando-os aos poucos para o aquífero, mas que em função da concentração de metais dispostos no solo e nas águas há extrapolação desse fenômeno de atenuação do solo e a migração dos poluentes. A disposição de lodo galvânico no solo, mesmo com seu aterramento posterior, resultou em área contaminada, que embora adquirida posteriormente pela indústria, continuou a espalhar a pluma de contaminação para a área residencial contígua. As análises da vegetação da região e de vegetação controle (de outra região com iguais características, mas sem contaminação) mostraram a contaminação e retenção de metais na massa vegetal, o que evidenciou a ingestão como via de exposição por meio da cadeia alimentar; mostrou ainda que a vegetação local pode servir como meio de remoção de contaminantes do solo, como é estudado e praticado atualmente pela fitorremediação. Com base no estudo realizado, foi recomendada ao órgão de controle ambiental uma investigação detalhada da área, com vistas à proposição e execução de medidas de remediação, tanto para a recuperação com o fim de se manter o uso atual da região como para a alteração a um uso compatível com a qualidade ambiental alcançada

pela intervenção; assim a metodologia de avaliação de saúde da ATSRD, corresponde à atual avaliação preliminar definida no gerenciamento de áreas contaminadas que a CETESB estabeleceu posteriormente (CETESB, 2001b).

A partir do contato com o problema da disposição de resíduos industriais, o surgimento de áreas contaminadas e os conseqüentes efeitos à saúde, este tema tem integrado as linhas de pesquisa da docente e a disciplina de pós-graduação em poluição do solo. Também tem sido difundidas informações em eventos técnico-científicos do setor, principalmente evidenciando a inter-relação saúde-ambiente da questão.

Um comentário que se pode fazer a trabalhos dessa natureza é a observação do rigor com relação às análises realizadas: de preferência devem ser feitas no mesmo laboratório, evitando-se diferenciações de medidas devido aos equipamentos e protocolos de análises. Da mesma forma devem ser verificados e anotados os limites de detecção dos equipamentos utilizados para a análise.

3.4 Área Contaminada por Resíduos de Indústrias Cerâmicas

Em 2003, o geólogo André Luiz Bonacin Silva, ingressou no Programa de pós-graduação da FSP para desenvolver seu doutoramento sob a orientação dessa docente e como Bolsista do CNPq (*Estudos de recuperação ambiental de áreas contaminadas por resíduos industriais do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, SP*). O tema refere-se ao estudo de recuperação ambiental de áreas contaminadas por resíduos industriais do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes, o maior no gênero no país.

A área selecionada para investigação foi a Região dos Lagos de Santa Gertrudes, cujos lagos artificiais resultaram da retirada do solo para produção cerâmica e posteriormente receberam resíduos industriais do processo produtivo. Essa área figurava como área contaminada no cadastro da CETESB e já havia decisão do órgão ambiental sobre a remoção do solo contaminado e encaminhamento para disposição final em aterro de resíduos perigosos (Classe I). Em 1 de setembro de 2006, essas ações foram ratificadas por meio de Termo de Ajustamento de Conduta-TAC, entre a CETESB e os ceramistas, além

da inclusão de estudos detalhados de caracterização ambiental, recomposição da cobertura vegetal e realização de avaliação de risco final.

Na pesquisa que embasou a dissertação de mestrado (BONACIN SILVA, 2001), o geólogo realizou estudo hidrogeoquímico-ambiental na área, além de outros levantamentos técnicos (BONACIN SILVA et al., 2001), que indicaram estar a contaminação ambiental atrelada a resíduos de indústrias cerâmicas devido ao lançamento passado de efluentes líquidos e disposição inadequada de resíduos sólidos, provenientes das linhas de esmaltação das indústrias cerâmicas locais. O principal contaminante identificado foi o chumbo, com teores no solo superiores a 500 mg/kg, chegando, em alguns casos, a valores superiores a 10.000 mg/kg. Em menor frequência também foram encontrados elevados teores de metais como zinco, cádmio, cromo, níquel, bário e cobre.

A proposta inicial para o doutorado de proceder à avaliação de técnicas para remediação *in situ* teve que ser descartada pela exigência do órgão de controle ambiental na remoção do solo contaminado. Assim, a pesquisa foi redirecionada com enfoque no solo contaminado a ser removido e a possibilidade de recuperação desse resíduo, considerando-se que a disposição final em aterro classe I representava, a princípio, um custo que atingia a cifra de R\$ 1 milhão. Os objetivos da pesquisa foram: caracterização ambiental da área contaminada; acompanhamento das obras de remoção do solo e monitoramento dos potenciais impactos de sua execução; caracterização do solo removido, considerando-o como resíduo sólido, tendo em vista sua destinação adequada; e estudo e teste da incorporação do solo e sedimentos contaminados como parte da matéria-prima de massas cerâmicas das indústrias do pólo de Santa Gertrudes. A hipótese que o resíduo contaminado poderia ser incorporado ao processo produtivo para produção de placas cerâmicas baseava-se na premissa que tais resíduos eram compostos basicamente da mesma matéria-prima tradicional, ou seja, os pelitos (rochas síltico-argilosas) da Formação Corumbataí, aflorante em toda região. Tratava-se desse mesmo tipo de solo, contaminado com pequena parcela de resíduos industriais contendo metais, dispostos inadequadamente sobre o solo, que sofreu ação de processos supérgeos (erosão, transporte, deposição, assoreamento) com o tempo.

Assim, este material contaminado foi removido do ambiente, beneficiado e empregado, em pequenas doses nas massas cerâmicas, consubstanciando uma solução

interessante para a região, pois eliminou os riscos decorrentes do transporte e da disposição final em aterros industriais e promoveu seu reaproveitamento, dentro da perspectiva da minimização de resíduos. Por outro lado, o processamento industrial continuava a gerar resíduos sólidos diariamente, que não eram mais lançados no ambiente, mas armazenados nas dependências das indústrias e que também reclamavam por um destino adequado. Essa alternativa, portanto, serviria tanto para o passivo representado pelo solo contaminado (passado) como pelo passivo atual, representado pela geração diária de resíduos do processo produtivo cerâmico.

Como resultado da investigação, obteve-se uma caracterização completa da área de estudo, constando de: levantamento topográfico planialtimétrico, com adaptação computacional e os dados tratados pelo software DATAGEOSIS, integrados a uma plataforma tipo Computer Aided Design-CAD; locação e amostragem do solo em pontos representativos com equipamento Geoprobe 54 DT, (16 pontos) e com trado manual (8 pontos); levantamento geofísico para delimitação da interface entre o pacote de solo/sedimentos e a formação dos pelitos originais, utilizando-se do método Ground Penetrating Radar-GPR, em três perfis; análises químicas das amostras de solo para chumbo, cádmio e zinco, em Espectrofotômetro de Absorção Atômica-EEA ou por forno de grafite-GFAAS acoplado ao espectrofotômetro e de boro com método potenciométrico, equipamento titulador automático 751GPD Titrino Metrohm. Os resultados das análises do solo foram distribuídos espacialmente para permitir a individualização dos níveis mais contaminados e foram representados em 2D e 3D. Essa distribuição permitiu a realização da cubagem dos teores dos contaminantes com uso de software de mineração GEMS, versão 6.0. A análise e interpretação tridimensional dos resultados identificaram dois pacotes principais de solo/sedimentos (corpos cinza e lilás) e o chumbo como principal contaminante. Assim, foi realizada parametrização em função dos teores de chumbo e dos cenários de intervenção mais restritivo (APMáx e uso agrícola), segundo valores orientadores da CETESB vigentes à época das investigações, isto é, porções com teores de chumbo superiores a 200 mg/kg (CETESB, 2001c). Foram realizadas amostragem de águas subterrâneas por meio de poços de monitoramento, com medição do nível d'água, que possibilitou a confecção de mapa potenciométrico para verificação dos fluxos de água subterrâneo; coleta de água intersticial da zona não saturada por meio de três lisímetros de

sucção e cápsula porosa; execução de ensaios de infiltração *in situ*, da zona não saturada e amostragens não deformadas, para análise física do solo (condutividade hidráulica em meio saturado, densidade aparente, umidade, porosidade total e efetiva); foram ainda realizadas extrações sequenciais seletivas segundo métodos padronizados e complementarmente foram executados testes de toxicidade oral e cutânea aguda, em duas amostras do solo dos locais mais contaminados.

Quanto ao solo contaminado removido, este foi classificado segundo a norma NBR 10.004 da ABNT, ainda não revisada naquele momento (ABNT, 1987a, 1987b, 1987c). O solo removido foi misturado, em percentagens determinadas, às massas cerâmicas compostas de matérias-primas siltico-argilosas naturais, previamente à queima e simulando o processo produtivo das indústrias cerâmicas, em quatro tipos diferentes de amostras (do solo com maior teor de contaminantes, aos resíduos da linha de esmaltação). Dessas misturas foram preparados corpos de prova (Figura 6) e queimados, tanto em indústria local, como também no Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais-CCDM, da UFSCAR. As amostras cruas e aquelas queimadas passaram por ensaios tecnológicos, para avaliação de características físicas, por caracterização química (Pb, Cd e Zn) e testes de classificação com base em ensaios de lixiviação e solubilização (ABNT, 2004), por caracterização mineralógica (difratometria de raios X) e ensaios toxicológicos.

Figura 6 - Identificação dos corpos de prova cerâmicos.

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

A contaminação do solo foi constatada pelo teor de contaminantes presentes, na faixa de valores:

- chumbo: entre 2 e 20.060 mg/kg;
- cádmio: entre <0,02 e 3,22 mg/kg;
- zinco: entre 18 e 1.381 mg/kg;
- boro: entre <15 e 1.459 mg/kg;
- boro solúvel: entre <15 e 346 g/kg.

Esses valores indicam efetiva contaminação quando comparados aos valores orientadores da CETESB para o chumbo principalmente (Figura 7), mas também para o cádmio e zinco e também em comparação com a amostra de referência (branco).

Figura 7 - Mapa de isotores médios de chumbo na área contaminada estudada.

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

Os gráficos de teores de contaminante por profundidade estão nas Figuras 8 e 9, respectivamente, para pontos de significativa contaminação (corpos cinza e lilás). Os resultados da cubagem do solo, com teores > 200 mg/kg (valor de intervenção), indicaram para o corpo lilás volume igual a 593,1 m³, correspondente a 723,5 toneladas e para o corpo

cinza, volume de 731,8 m³ e massa de 892,9 toneladas, totalizando 1.324,9 m³ e 1.616,3 toneladas de solo com necessidade de remoção (Figuras 10 e 11). A representação dessas áreas é apresentada na Figura 12.

Figura 8 - Teores de chumbo, cádmio, zinco e boro, em relação à profundidade, em ponto de sondagem no corpo cinza.

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

Figura 9 - Teores de chumbo, cádmio, zinco e boro, em relação à profundidade, em ponto de sondagem no corpo lilás.

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

Figura 10 - Representação espacial do corpo contaminado lilás.

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

Figura 11 - Representação espacial do corpo contaminado cinza.

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

Figura 12 - Mapa com a comparação da área em que o chumbo encontra-se com teores ≥ 200 mg/kg* e o zinco com teores ≥ 500 mg/kg*.

* valores de intervenção para zinco nos cenários APMáx ou uso agrícola (CETESB, 2001a)

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

Com relação às águas subterrâneas, constatou-se elevada contaminação por boro em alguns poços (até 612 mg/L) e concentrações significativas de chumbo (até 0,39 mg/L) nas áreas contaminadas. Quanto às análises químicas das águas superficiais do entorno da área contaminada estudada, indicaram que o boro estava em concentrações superiores dos limites previstos pelo CONAMA (2005) para corpos d'água da classe 2, tanto a montante quanto a jusante da área de detalhe, enquanto chumbo e cádmio estiveram abaixo.

O solo contaminado foi classificado como resíduo classe I – perigoso, tanto na versão da norma da ABNT, 1987, como da ABNT, 2004, quando efetuados testes em corpos de prova (pré-queima). Em proporção de mistura de 1:5 entre solo contaminado e solo não contaminado, ainda assim a mistura continua como resíduo perigoso; em proporção de 1:20 apresenta classificação IIa (não perigoso, não inerte), devido à solubilização do alumínio, o que indica que a remoção deve ser criteriosa, no sentido de reduzir impactos ambientais e riscos à saúde, principalmente de ordem ocupacional. Nos testes efetuados em amostras queimadas (corpos de prova) indicaram que mesmo adicionando-se 50% de solo contaminado, as placas cerâmicas resultantes são enquadradas como resíduo não perigoso (extrato lixiviado < 1 mg/L Pb), o que é positivo para opção das misturas, conforme Figura 13. Do ponto de vista tecnológico, misturas de solo contaminado ou de resíduos atualmente gerados (“raspas”), em proporção de até 2%, podem ser efetuadas, mediante controle de qualidade no processo produtivo e o devido cuidado em sua manipulação. Aspectos geoquímico-ambiental, toxicológicos e de segurança ocupacional também indicaram como viável a alternativa de mistura, respeitando-se condições controladas de remoção e transporte do solo, manipulação, controle de qualidade nos processos de mistura e gerenciamento e controle dos resíduos sólidos e efluentes gerados.

Para completar, as amostras toxicológicas efetuadas tanto em laboratório privado (irritação cutânea, irritação ocular, toxicidade cutânea aguda e toxicidade oral aguda), como nos laboratórios da CETESB em amostras cruas (toxicidade aguda com bactérias luminescentes, *Vibrio fischeri*) não apresentaram indícios de toxicidade; mesmo em amostras representativas das duas áreas mais contaminadas isso não ocorreu. Considerando-se que esses são apenas testes iniciais, os resultados favoráveis apresentados devem ser considerados como complementares aos testes de lixiviação e solubilização

indicados em norma técnica. No caso estes últimos indicaram condições mais agressivas e devem ser considerados como indicadores de toxicidade. Esta é uma área a ser desenvolvida, carecendo de análise de quais testes seriam aplicáveis e mais adequados, considerando-se as limitantes analíticas (protocolo de preparação de amostras) e ainda assim, buscando testes, que de preferência não envolvam animais.

Figura 13 - Lixiviação do chumbo em testes efetuados em corpos de prova.

Obs. - notação para amostras com misturas: N = “natural” (crua); Q = queimada.

Extraído de: BONACIN SILVA, 2006

A pesquisa resultou na apresentação e publicação de cinco trabalhos em congressos nacional e internacional, conforme segue: *BONACIN SILVA e GÜNTHER, 2004a*; *BONACIN SILVA e GÜNTHER, 2004b*; *BONACIN SILVA et. al., 2004c*; *GÜNTHER e BONACIN SILVA, 2004*; e *BONACIN SILVA e GÜNTHER, 2005*.

No programa de verão da FSP/USP de 2005, foi ministrado, pela docente e o doutorando, curso de extensão sobre o tema Caracterização de Áreas Contaminadas, resultado da interação acadêmica.

O estudo, que tem seu mérito também por ter tratado a questão da contaminação ambiental dentro de uma visão sistêmica e global, além de um exemplo de recuperação de

resíduos perigosos de acordo com os preceitos da minimização de resíduos, atenta para a complexidade e a multidisciplinaridade envolvida nas questões de áreas contaminadas. Evidencia a importância da caracterização da área contaminada e dos resíduos resultantes e o emprego de diversas e modernas tecnologias de forma integrada. Sugere uma evolução em relação aos trabalhos de consultoria que têm sido realizados nesse tema com uma visão estreita e unilateral. Do ponto de vista acadêmico-científico, o número de disciplinas tratadas na pesquisa de doutorado foi incomum e difícil de ser reproduzido em situação de projeto devido aos recursos necessários. Apesar disso esse doutorado pode ser considerado como um trabalho de referência para estudos em áreas contaminadas, no tocante à visão holística e integrada que a questão requer. Evidencia ainda que há muitas frentes a investigar, como a questão dos testes de toxicidade e do surgimento de outros resíduos no processo produtivo, como os resíduos resultantes da depuração de gases, recentemente implantado nas indústrias cerâmicas por necessidade de controle da poluição atmosférica. Indica que, no país, essa área temática está apenas começando e devido às poucas investigações disponíveis e sua dinamicidade, além da inter-relação ambiente-saúde, justifica sua incorporação nas linhas de pesquisa do Departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP.

3.5 Áreas Contaminadas e Desenvolvimento Urbano-Industrial

No rastro do processo de expansão urbano-industrial, baseado no modelo de produção e consumo e nas formas de reprodução do capital, que caracterizam as sociedades capitalistas do século XX, encontram-se a contaminação ambiental e os danos à saúde decorrentes, considerados como externalidades às matrizes produtivas. Como tal, são relegadas à sociedade, que deve arcar, involuntariamente, com os custos de seu gerenciamento. As áreas contaminadas decorrem de diferentes fontes de poluição, com destaque para as atividades industriais, os sistemas de tratamento e disposição de resíduos e as relacionadas ao armazenamento e distribuição de substâncias químicas, entre elas a comercialização de combustíveis (CUNHA, 1997).

A Região Metropolitana de São Paulo-RMSP apresenta a maior ocorrência de áreas potencialmente contaminadas do Brasil, como resultado da contaminação por produtos e resíduos perigosos, devido ao crescimento industrial explosivo que a região experimentou a partir da década de 1950, época em que se consolidou o setor produtivo automobilístico e outras atividades produtivas catalisadoras de força de trabalho. Nessa região, registra-se também o maior número de ocorrências de áreas contaminadas, indicadas no cadastro de áreas contaminadas da CETESB (CETESB, 2005). Na última divulgação, ocorrida em novembro de 2007, 2272 ocorrências no território paulista constam do cadastro; mais de 50% espalham-se pela RMSP e 33% no município de São Paulo. Bairros de industrialização precoce como Lapa, Barra Funda, Bom Retiro, Brás, Mooca e Ipiranga, localizados ao longo da ferrovia Santos-Jundiaí e às margens dos rios Tietê e Tamanduateí, importantes vias de transporte, registram número significativo de indústrias desativadas e áreas contaminadas. Segundo VALENTIM (2007), atualmente, muitos dos usos do solo metropolitano mostram-se incompatíveis com o nível de contaminação nele presente, acarretando situações de risco a seus habitantes; a questão torna-se mais aguda quando os passivos encontram-se em ambientes sujeitos a intenso processo de expansão ou reestruturação urbana. Esses passivos ambientais, cuja contaminação extrapola os limites territoriais da indústria, figuram como fator de risco à população do entorno. O grau e a velocidade de dispersão dos contaminantes dependem de uma gama de fatores associados, que vão desde a quantidade e características do contaminante, passando pelas condições dos compartimentos ambientais afetados, onde se processam os fenômenos de transporte de poluentes e incluem as vulnerabilidades ambientais existentes e o tempo de exposição.

Na Vila Carioca, distrito do Ipiranga, a empresa Shell do Brasil foi alvo de denúncia e de ação civil pública ambiental, por contaminação do ambiente. Detectada a partir de 1992 pelo órgão estadual de controle ambiental, a contaminação por metais pesados e substâncias organocloradas alcançou repercussão na mídia somente em 2002, quando foi constatado que havia ultrapassado os limites territoriais da empresa, submetendo a população vizinha ao risco de exposição aos contaminantes (VALENTIM, 2007). Pesquisas foram realizadas sobre este que é um dos casos emblemáticos de área contaminada no município de São Paulo, como a dissertação do arquiteto VALENTIM, (2005). Nessa área, a socióloga Joyce Maria de Araujo, realizou seu doutorado sob a orientação dessa docente

(*Contaminação ambiental por resíduos perigosos na Vila Carioca: uma interpretação da teoria social na abordagem da saúde ambiental*) e como bolsista do CNPq.

O enfoque do doutorado baseou-se no referencial teórico da sociologia ambiental, principalmente em autores que incorporam a questão ambiental em suas reflexões. Urlick BECK e Anthony GIDDENS, que introduziram a questão do risco na teoria social, construindo o conceito de *sociedade de risco*. Para BECK (1997; 2003), sociedade de risco é aquela que reparte seus males e danos, pois há uma lógica de distribuição de riscos na sociedade que afeta desigualmente a população. Os efeitos das situações de risco são propagados de modo desigual e atingem, de forma mais iníqua, segmentos pauperizados ou desprotegidos da sociedade. Indivíduos em melhores condições socioeconômicas teriam mais facilidades de se proteger ou minimizar os efeitos de situações de risco. GIDDENS (1997, 1998), por trazer suas reflexões sobre problemas ambientais nas sociedades modernas, demonstrando que a etapa da industrialização do capitalismo teria sido responsável pela degradação ambiental no final do século XX; e ainda quando trata das externalidades, ou seja, os efeitos das atividades econômicas que são externalizados, não pagos pelos agentes econômicos envolvidos e sim por terceiros, que de forma involuntária acabam arcando com os custos daquelas transações. Por fim, HANNIGAN (1995), quando aborda a temática do risco sob a ótica da construção social de riscos ambientais, apresentando uma discussão sobre os atores que interagem na arena social do risco. HANNIGAN considera os estudos de PALMLUND (1992 apud HANNIGAN, 1995), que define seis papéis que os atores envolvidos podem desempenhar: *geradores de risco, portadores de risco, defensores dos portadores de risco, investigadores do risco, árbitros do risco e informadores do risco*.

Com esse referencial teórico, a investigação teve por objetivo identificar interpretações sociais sobre o conceito de situação de risco, manifestadas pela população exposta (portadores de risco), residente no entorno da área contaminada estudada. As interpretações sociais da população exposta dizem respeito à percepção (entendimento) que a população tem do risco representado por estarem na área contaminada e sob a situação específica da contaminação. Detectando-se como a população percebe o risco a que está exposta, podem-se traçar estratégias para se trabalhar medidas e ações de promoção da

saúde, nas quais a população participa como protagonista da melhoria de suas próprias condições de saúde.

Nessa pesquisa, foi utilizada a abordagem qualitativa de pesquisa e instrumentos variados de coleta de dados. Os resultados apontaram para a existência de interpretações diferenciadas sobre o conceito de situação de risco na localidade, indicando diversidade de concepções entre a população exposta. Pode-se constatar que as propostas de Beck quanto à formação de fóruns de negociações e de ressarcimentos e, principalmente, para a vida política participativa, não se constituem em práticas sociais da população atingida. Os riscos de contaminação ambiental são sistematicamente produzidos, mas não se transformam em debate público. Confirmou-se que a contaminação ambiental e os agravos à saúde são computados como externalidades pelo sistema produtivo industrial, frente às quais a população vem organizando estratégias de enfrentamento, com base na participação coletiva e na solidariedade.

A discussão e os resultados da pesquisa foram submetidos e aceitos para publicação na Revista Saúde e Sociedade e encontra-se no prelo (ARAÚJO e GÜNTHER. *Riscos à saúde em áreas contaminadas: contribuições da teoria social*).

Discutindo-se a questão da inter-relação ambiente-saúde, que à época embasava o contexto da implementação programática de ações de vigilância ambiental em saúde, foi publicado trabalho em congresso internacional, em co-autoria com a orientanda, como um dos primeiros trabalhos que direcionavam este foco para as áreas contaminadas (ARAÚJO e GÜNTHER, 2002).

Ainda investigando os efeitos ambientais e à saúde do modelo de industrialização por que passou o país, principalmente os grandes centros urbanos, alia-se à questão dos problemas decorrentes da operação dos processos produtivos industriais e ao lançamento, no ambiente, dos resíduos decorrentes da produção, a questão das áreas degradadas/contaminadas decorrentes da desinstalação industrial. Devido ao alto grau de industrialização a RMSP também passou, de maneira mais intensa, pelo fenômeno da desindustrialização (SÁNCHEZ, 2001): a desativação de indústrias e o abandono de áreas potencialmente contaminadas, constituindo-se em passivos ambientais, em várias áreas de sua jurisdição. Áreas anteriormente industrializadas estão tendo novos usos e funções,

sendo a reutilização do terreno praticado à revelia de medidas de avaliação e controle dos danos e riscos que a ocupação pregressa pode ter ocasionado ao ambiente e à saúde pública; o modelo de gestão de empreendimento praticado no país não tem contemplado, de forma preventiva ou corretiva, as intercorrências do processo de desinstalação industrial.

Dentro dessa perspectiva, foi realizada investigação sobre áreas potencialmente contaminadas da desinstalação de indústrias no município de São Bernardo do Campo, município da RMSP que se destaca pela intensa industrialização observada até o final da década de 1980 e pela desindustrialização a partir de então, com o chamado processo de interiorização do crescimento econômico do Estado de São Paulo. A pesquisa realizada pelo doutorando Antonio Donizete Giuliano, orientado por essa docente, levantou as áreas potencialmente contaminadas após desativação industrial e os usos posteriores, no município de São Bernardo do Campo, SP. Para o período compreendido entre 1990 e 2002, houve a desativação de 1617 indústrias no município, segundo cadastro municipal, com predominância no Centro e bairros de Rudge Ramos, Taboão, Baeta Neves e Planalto, sendo que 91% ocorreu em apenas 17 (sub-bacia do Tamanduateí) dos 34 bairros. As atividades industriais foram classificadas segundo critério de risco em alto, médio e baixo e este critério foi aplicado às indústrias desativadas, resultando em mapeamento por bairro e por grau de risco. 475 áreas (30%) apresentaram grau de risco alto e 58% grau médio a alto, gerando mapeamento identificado por simbologia de risco. Dados parciais foram publicados em congresso internacional (GÜNTHER, 2002; GIULIANO e GÜNTHER, 2002).

Ampliando o escopo da questão dos determinantes sociais e ambientais das áreas contaminadas e incorporando a dimensão do planejamento urbano na revitalização dos *brownfields*, coloca-se a questão da integração de políticas públicas de ambiente, saúde e desenvolvimento urbano, de forma sustentável e participativa. A implementação de políticas públicas de gestão integrada nesta área é importante, pois há interfaces entre os setores envolvidos. Há a questão ambiental, da área degradada ou contaminada que necessita ser remediada e/ou revitalizada para um uso futuro ambientalmente sustentável; há necessidade de reintegração das áreas degradadas ao tecido urbano, de modo a estarem perfeitamente ajustadas aos usos do solo e funções sociais da propriedade; há a questão da exposição humana aos contaminantes e os efeitos na saúde e o custo que representa o

acompanhamento da saúde dos expostos. Assim, visando à economia de recursos e à racionalidade e eficácia das ações, estes setores devem focar o tema de modo inter-setorial e de forma integrada, na promoção da reutilização segura dessas áreas e sua reintegração ao tecido urbano. Da mesma forma, os outros dois setores: setor privado e sociedade civil não podem ficar alijados do processo. O primeiro, pelo montante dos recursos que ações dessa natureza representam e a inviabilidade de seu aporte unicamente pelo setor público. O segundo, porque os novos usos contemplados pela revitalização urbana devem atender aos interesses da sociedade, portanto, seu envolvimento e participação na tomada de decisão devem ser contemplados. Ademais, a população afetada pela degradação/contaminação merece ser informada sobre os impactos que sofre e os riscos à saúde a que está exposta e, portanto, deve participar de forma ativa na tomada de decisão do processo de revitalização da área.

Com este enfoque, foi publicado artigo que trata da questão das áreas degradadas e contaminadas do ponto de vista de sua ocorrência, caracterização e das demandas e tendências de revitalização urbana, no espaço da Região Metropolitana de São Paulo, enfocando aspectos ambientais e de saúde, no contexto da poluição, da degradação ambiental e das políticas públicas envolvidas (GÜNTHER, 2006).

Também foi apresentado e publicado artigo em congresso internacional que trata da questão do passivo ambiental e o princípio da tutela do meio ambiente (GÜNTHER e SOUZA, 2004). O trabalho traz à tona a questão da incorporação do meio ambiente como objeto da tutela do direito. Embora já se conte com grande número de leis de cunho ambiental emitidas, estas se encontram dispersas, dificultando o trabalho do jurista; nesse sentido, os princípios desempenham relevante função, de servir de elo de ligação para aferir a concretização da justiça. Outra questão a ser lembrada é a do termo *passivo ambiental* que tem sua gênese no momento em que o custo de reparação dos danos ambientais passa a ser considerado no cálculo do valor de uma empresa para efeito de sua venda, privatização ou fusão com outra companhia. No entanto, esse mesmo termo tem sido utilizado para conotar o acúmulo de danos infringidos ao meio ambiente por uma determinada atividade, que em muitos casos não pode ser avaliada de forma econômica ou material (LAZANHA, 2005).

3.6 Biomarcadores

O conhecimento dos riscos à saúde humana relacionados à exposição ambiental a agentes químicos perigosos tem desafiado pesquisadores. A maior parte das situações de exposição ambiental a contaminantes químicos caracteriza-se como exposições a baixas doses e em longo prazo, resultando em pequenos incrementos de risco à saúde. Abordagens epidemiológicas tradicionais, que avaliam os indicadores de mortalidade e morbidade, apresentam fatores limitantes: não especificidade dos efeitos biológicos; tempo de latência entre exposição e magnitude do efeito, principalmente para efeitos carcinogênicos; e limitações dos estudos epidemiológicos para detectar pequenos incrementos de risco.

Dentro desse contexto, outros métodos têm sido investigados para permitir melhores associações entre condições de exposição a substâncias perigosas e riscos à saúde humana, com destaque para os biomarcadores considerados como promissores.

Situação de estresse causada por um contaminante no organismo normalmente desencadeia uma cascata de eventos biológicos; em tese, cada um desses eventos pode funcionar como biomarcador. Biomarcador é qualquer substância, estrutura ou processo que pode ser medido dentro de um organismo ou em seus produtos, que influencie ou prediga a incidência de efeitos deletérios ou doença (OMS, 2001). Podem ser determinados após exposição a fontes alimentares, ambientais ou ocupacionais para elucidar relações de dose e efeito em avaliação de risco, diagnose clínica e outras formas de monitoramento (VAN der OOST et al., 2003), sendo divididos em três categorias: biomarcadores de exposição, de efeito e de suscetibilidade (OMS 2001). Como muitos desses podem preconizar efeitos em longo prazo, os dados obtidos permitem, *a priori*, intervenções prévias a efeitos irreversíveis. A utilização de uma sequência coordenada de biomarcadores pode revelar a presença de agentes químicos biologicamente ativos ou formas de contaminação biologicamente inertes (HANDY et al., 2003). Esta triagem de agentes ativos mediante utilização inicial de biomarcadores não específicos pode, além de revelar a presença de contaminantes não inicialmente suspeita (HANDY et al., 2003), também restringir e direcionar outras avaliações ambientais como as físico-químicas, reduzindo custos (HANDY et al., 2003, OMS, 2001). Em situações onde os efeitos de exposições

podem estar sobrepostos, os biomarcadores podem apresentar o estado cumulativo total (OMS, 2001).

Por outro lado, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos-HPAs⁵ são uma das principais classes de contaminantes decorrentes de atividades antropogênicas, cuja contribuição petrogênica (derrames de petróleo e derivados) destaca-se como fonte importante de contaminação ambiental. Considerando-se essa fonte, no ambiente são abundantes o benz(a)antraceno, fluoranteno, pireno, criseno, benzo(a)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno (1,2,3-c,d)pireno e benzo (ghi)perileno, mas existem mais de 100 tipos diferentes de HPAs, geralmente presentes como misturas complexas e não como composto isolado (ATSDR, 1995).

Derivados de petróleo resultam na formação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos-HPAs, muitos deles, carcinogênicos para humanos. Sua ampla distribuição ambiental associada a diversas atividades humanas tem suscitado preocupações sobre os impactos destas exposições à saúde, especialmente em centros urbanos, onde se encontram diversas áreas com problemas de contaminação por hidrocarbonetos derivados de petróleo, principalmente resultantes da distribuição e comercialização. Nesse sentido, o estudo de biomarcadores voltou-se aos HPAs.

Em 2004, aproveitando a oportunidade do ingresso do biólogo Sérgio Silveira Franco no mestrado em Saúde Pública, o tema dos biomarcadores foi sugerido para investigação, com bolsa do CNPq e sob orientação da docente (*Aplicação de biomarcadores à avaliação de risco ambiental em exposições a hidrocarbonetos policíclicos aromáticos*). A pesquisa teve por objetivo realizar um estudo de atualização sobre a questão da aplicação de biomarcadores em exposições a HPAs, levantando os estudos recentes sobre validação, suas vantagens e limitações, visando subsidiar sua aplicação à avaliação de risco ambiental. A metodologia envolveu busca bibliográfica de bases de dados pertinentes ao tema por busca de termo livre, o que resultou nas bases: MEDLINE, BIOLOGICAL ABSTRACT, ASFA, ZOOLOGICAL RECORDS e CAB ABSTRACT. Nessas bases, os artigos encontrados passaram pelo critério de seleção: abordar a utilização de biomarcadores para avaliação de efeitos de HPAs, com ênfase aos

⁵ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos-HPAs são substâncias químicas constituídas por compostos orgânicos com dois ou mais anéis aromáticos fundidos formados por átomos de carbono e hidrogênio.

trabalhos que apresentam metodologias já validadas e trabalhos que visem à validação de novas metodologias e abordagens e tiveram seus resumos revisados para a seleção final. A fase de análise dos artigos selecionados agrupou informações sobre tipos disponíveis de biomarcadores para HPAs e a caracterização dos estudos desenvolvidos, com a visão de subsídio à avaliação de risco.

Os resultados da pesquisa indicaram o aumento da aplicação de biomarcadores na avaliação de risco. Entre os biomarcadores já validados disponíveis para avaliação de exposição humana à HPAs destacam-se o 1-hidroxipireno urinário, para monitoramento de exposição, e os adutos de HPA-DNA em linfócitos, como marcador de dose efetiva. A avaliação de frequência de AC e de indução MN destacam-se como promissores marcadores citogenéticos de efeito precoce, ainda em processo de validação. Artigo com esses resultados foi submetido à Revista Cadernos de Saúde Pública e aceito para publicação no próximo número de 2008 (FRANCO *et al.*, 2008).

A pesquisa teve o mérito de introduzir a questão dos biomarcadores na linha de pesquisa de atuação da docente e mostrou se tratar de importante ferramenta que deve ser considerada nos novos estudos de avaliação de risco de exposição humana a contaminantes químicos, como é o caso das áreas contaminadas, somando-se aos métodos tradicionais. A bibliografia que constou da revisão foi basicamente internacional, embora já exista no país pesquisadores que tratem da questão dos HPAs, mas direcionados para avaliações desses contaminantes no ambiente, como é o caso de PEREIRA NETTO (2005, 2006).

Em 2005, houve oportunidade de iniciar pesquisa sobre biomarcador para exposição a chumbo, na qual o esmalte dentário foi utilizado como biomarcador de exposição remota ou crônica ao metal. A exposição ao chumbo (Pb) tem sido associada ao estabelecimento de comportamento anti-social em países do hemisfério norte. Nestes países, a contaminação humana por Pb foi associada à violência urbana, à redução do rendimento profissional na fase adulta e à destinação de verbas de saúde pública para a prevenção e tratamento desta contaminação. A investigação que integra o doutoramento da odontóloga Kelly Polido Kaneshiro Olympio (*Correlação entre exposição a chumbo e comportamento anti-social em adolescentes – um estudo de caso-controle*), bolsista CAPES sob orientação dessa

docente e co-orientação do Prof. Etelvino José Henriques Bechara do IQ/USP, foi realizada e encontrou correlação entre várias variáveis.

O objetivo geral do estudo foi investigar uma possível correlação entre a concentração de chumbo [Pb] presente no esmalte dentário de adolescentes de 14 a 18 anos de idade e o estabelecimento de comportamento anti-social e prática de atos infracionais. Ainda, buscou desenvolver metodologias para avaliação de riscos em áreas contaminadas por chumbo. A pesquisa, iniciada em unidades da FEBEM, não pode ser completada com esta população de estudo, devido a mudanças administrativas internas desta fundação. No entanto, seguiu buscando adolescentes residentes em bairros violentos do município de Bauru, SP, e incorporando o gênero feminino. A variável teor de chumbo no esmalte dentário foi associada estatisticamente a várias outras variáveis colhidas por meio de aplicação de questionários aos adolescentes e seus pais, versando sobre desempenho escolar, condições familiares e comportamento social dos jovens. Para a avaliação do comportamento social foram utilizados dois questionários: “Self Report Delinquency” (SRD) (LOEBER *et al.*, 1989) e o “Child Behavior Checklist” (CBCL) (ACHENBACH, 1991), validado no Brasil e adaptado transculturalmente por BORDIN *et al.*, 1995. Análise de regressão logística foi aplicada para verificar a correlação entre comportamento anti-social e [Pb] no esmalte dentário e para investigar fatores de confusão verificados nos questionários.

Atualmente, a violência de crianças e adolescentes é um problema social mundial. Apesar de a violência não ser um problema específico da área da saúde, ela afeta a saúde. Como afirma AGUDELO (1990), “ela representa um risco maior para a realização do processo vital humano: ameaça a vida, altera a saúde, produz enfermidade e provoca a morte como realidade ou como possibilidade próxima”.

Em 1960, nos Estados Unidos, o limiar (*threshold*) aceito para chumbo em crianças era de 60 µg/dL. Estudos de acompanhamento em cidades americanas encontraram que 10 a 20% da amostra apresentavam níveis de chumbo acima de 40 µg/dL, reforçando a conjectura de que parte das dificuldades de aprendizado e de desordens comportamentais (manifestações subclínicas) poderia ser atribuída à contaminação por Pb. Na década de 1970, de cinco estudos sobre níveis de Pb e comportamento em crianças sem sinais ou

sintomas de intoxicação foram realizados; três deles relataram associação entre chumbo e QI (DE LA BURDE *et al.*, 1972; LANDRIGAN *et al.*, 1975; PERINO e ERNHART, 1974) e dois não estabeleceram esta relação (KOTOC, 1972; LANSDOWN *et al.*, 1974). Nesses estudos, duas questões devem ser consideradas: número pequeno de indivíduos na amostra e utilização do sangue como biomarcador para chumbo. Como o sangue é marcador de curto prazo para Pb, onde só permanece por 35 dias, pode mascarar exposições anteriores. Três outros estudos de meta-análise confirmaram que exposições a baixos níveis de Pb estavam associadas a deficiências de QI (NEEDLEMAN e GATSONIS, 1990; SCHWARTZ, 1993; POCOCK *et al.*, 1994). Em resposta a estes dados, em 1991, o Centro de Controle de Doenças (Centers for Disease Control and Prevention - CDC) revisou seus limites de níveis aceitáveis de chumbo no sangue e baixou o limite de 60 µg/dL, para o valor atual de 10 µg/dL. Dados mais recentes apontam a manifestação de deficiências de cognição, atenção e comportamento em crianças com níveis de chumbo na faixa de 3 a 5 µg/dL de sangue (LANPHEAR *et al.*, 2000).

Apesar de o sangue refletir exposições recentes de maneira confiável, sendo o marcador mais largamente utilizado (RAIBINOWITZ, 1995), não significa que seja perfeito. A deposição de chumbo é muito maior em tecidos esqueléticos do que em tecidos moles (HU *et al.*, 1998), assim o osso é considerado marcador mais fidedigno para exposição crônica a chumbo, mas não utilizado em humanos por requerer biópsia óssea, procedimento altamente invasivo. O dente tem sido reconhecido por providenciar útil registro de incorporação de chumbo em longo prazo (SHAPIRO *et al.*, 1972) e por refletir exposição anterior (remota), mesmo depois que o nível de chumbo no sangue tenha retornado ao normal (NEEDLEMAN e BELLINGER, 1991), mediante procedimento chamado biópsia de esmalte dentário para determinações de chumbo em esmalte superficial.

No Brasil, a legislação atual estabelece 60 µg/dL como concentração sanguínea máxima de chumbo tolerada para que um trabalhador seja afastado do trabalho, o que é extremamente alta quando comparado com a literatura e legislação internacionais. Assim, o estudo visa também estimular políticas públicas de saúde para prevenção de intoxicação por

chumbo, o que já é realizado de maneira eficiente em outros países como os Estados Unidos e o Japão.

Este trabalho envolve além do Departamento de Saúde Ambiental, o Departamento de Epidemiologia da FSP, o Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da USP e o Departamento de Bioquímica da Faculdade de Odontologia de Bauru. Encontra-se em fase final e artigo de revisão foi submetido à Revista Panamericana de Salud Pública/Pan American Journal of Public Health (*OLYMPIO et. al.. Neurotoxicity and aggressiveness triggered by low-level lead in children*).

Paralelamente a esta, outra investigação está em curso (*Correlação entre a concentração de chumbo no sangue durante a formação dentária e no esmalte de dentes permanentes irrompidos de crianças expostas à contaminação ambiental*), ainda trabalhando com a concentração de chumbo no esmalte dentário como biomarcador de exposição remota e a concentração de chumbo no sangue como biomarcador de exposição presente. A investigação acompanha crianças expostas à contaminação ambiental por chumbo da indústria Ajax, empresa recuperadora de chumbo, atualmente fechada. Estudo de chumbo no sangue das crianças expostas foi executado por ocasião do episódio de contaminação e embasou doutorado na área de concentração Saúde Ambiental da FSP. As mesmas crianças que na época se encontravam em processo de formação dentária, estão sendo acompanhadas e avaliadas, a partir da irrupção dos dentes permanentes, a cada ano, para se avaliar a concentração de chumbo no esmalte dentário e seu comportamento com o tempo. O objetivo é estabelecer a correlação entre ambas as concentrações e se há perda ou aumento da [Pb] com o tempo, na mesma população.

3.7 Avaliação Crítica

As pesquisas desenvolvidas pela docente, com foco nos resíduos de processos produtivos industriais, vêm considerando a estratégia da minimização de resíduos como ponto de partida. Esse enfoque tem se mostrado adequado, pois não visa o resíduo em si e sua geração quantitativa como um problema a ser gerenciado. O alvo é a busca de alternativas para reduzir ao máximo os resíduos a serem gerenciados, por meio de sua não

geração ou por sua valorização. A pesquisa nas indústrias do pólo cerâmico de Santa Gertrudes confirmou a vantagem dessa estratégia, ao evidenciar a possibilidade de recuperação total dos resíduos industriais e dos resíduos removidos das áreas contaminadas, ao invés de sua disposição no solo, mesmo que em aterros de resíduo classe I.

As investigações têm sido trabalhadas dentro do conceito de risco à saúde humana, a partir da liberação de contaminantes no ambiente, principalmente com a disposição de resíduos no solo, por ser esse um receptor universal de resíduos. Os impactos ambientais e os efeitos à saúde consideram as rotas de transmissão, os mecanismos de transporte de poluentes nos compartimentos ambientais e as vias de acesso ao organismo humano, para os diferentes grupos de expostos. Essa é uma abordagem que deve continuar nas pesquisas da docente, pois se acredita que as questões de contaminação ambiental por resíduos não devam ser encaradas somente como um problema ambiental. Como há reflexos importantes na saúde humana, caracteriza-se também como problema de saúde ambiental e de saúde pública, devendo essa dimensão sempre ser considerada.

Os estudos de casos de contaminação têm se mostrado adequado e têm evidenciado a necessidade de uma boa caracterização do objeto de estudo (processo produtivo, resíduos gerados, áreas contaminadas, grupos expostos). Na caracterização é importante lançar mão dos novos equipamentos e tecnologias disponíveis e não descuidar do rigor na coleta de amostras, análise e interpretação dos dados. Deve-se também, principalmente, atentar para o limite de detecção de equipamentos, quando se trabalha com traços de substâncias químicas no ambiente e o que isso representa. Assim, estudar processos produtivos setoriais ou casos de áreas contaminadas e propor métodos e ações, em atendimento à meta de minimizar resíduos, visando minimização de impactos e de riscos à saúde, como também a avaliação dos efeitos à saúde humana, é fundamental para a pesquisadora. Essa abordagem deve continuar a ser adotada nas investigações futuras, pois propicia o atendimento aos propósitos ambientais e aos requisitos da vigilância ambiental em saúde.

Limitante para a pesquisa acadêmica é o custo do emprego de equipamentos mais modernos e de análises laboratoriais de certos contaminantes. Nesse sentido, é importante a associação com outras instituições da própria universidade ou externas, para sua viabilização. Outro ponto importante é que em avaliação ambiental e à saúde, o plano de

amostragem e o número de amostras devem ser bem definidos e executados, para garantir a representatividade estatística e a abrangência na área de influência da contaminação. Assim, a metodologia da pesquisa bem delineada e o assessoramento de profissional da área estatística tornam-se imprescindíveis e tem sido buscado continuamente nas pesquisas da docente.

Como a pesquisadora defende a introdução da dimensão saúde na gestão integrada de áreas degradadas e áreas contaminadas, há um campo aberto para pesquisas em *brownfields*, em indústrias desativadas e nos estudos de revitalização urbana e ocupação futura do espaço, em condições seguras. Pretende-se ampliar pesquisas nesse contexto.

As investigações em biomarcadores mostraram que esses se configuram como ferramenta importante a ser explorada. A pesquisa que utilizou o biomarcador esmalte dentário para chumbo resultou na proposição de nova metodologia de análise de chumbo em dente, o que está em fase final de redação para publicação. Mostrou também a dificuldade de pesquisa em humanos, tanto com relação à manutenção da amostra estatisticamente representativa, como na localização da amostra e no acesso à mesma. O acesso à FEBEM, inicialmente permitido, foi proibido, com a mudança de direção da instituição e a pesquisa não pode prosseguir no desenho metodológico inicialmente proposto. Essa é uma das limitantes da pesquisa em saúde, mas da qual não se deve abrir mão, em prol do rigor científico. Da mesma forma, deve-se considerar que pesquisas dessa natureza requerem tempo de investigação, esforço e persistência do pesquisador e não produzem resultados imediatos como em outras áreas de conhecimento. Por isso, em muitos casos são preteridas como pesquisas de pós-graduação.

4. RESÍDUOS ESPECIAIS

4.1 Introdução

Alguns tipos de resíduos sólidos, por apresentarem características peculiares, são denominados de resíduos especiais, os quais podem representar perigo à saúde humana e ao meio ambiente, exigindo cuidados intensivos no seu acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final. Como *resíduos especiais* serão aqui considerados aqueles que merecem atenção especial em seu gerenciamento, em função de seu grande volume ou de sua periculosidade, excetuando-se os resíduos industriais já tratados em capítulo anterior. Essa categorização não se prende à origem do resíduo, mas considera a necessidade de uma coleta separada e um fluxo específico, em função das especificidades que apresentam. Mesmo dentro dos resíduos domiciliares ou comerciais encontram-se resíduos especiais como, por exemplo, os de pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, resíduos volumosos e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Outros são tratados como *especiais* devido à sua origem, como os resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, resíduos de portos e aeroportos ou resíduos agrícolas.

A maneira mais apropriada de gerenciamento para cada tipo de resíduo considerado como especial é definida em função das características quantitativas e qualitativas do mesmo, sua origem e a possibilidade de minimização. Assim tão variadas serão as formas de gerenciamento, quanto diferentes forem os tipos de resíduos nessa área temática.

4.2 Resíduos de Serviços de Saúde

Os resíduos de serviços de saúde-RSS compreendem grande variedade de resíduos, com distintas características e classificações, considerando-se as inúmeras e diferentes atividades que são realizadas nos estabelecimentos de saúde. São resíduos gerados por qualquer estabelecimento que, direta ou indiretamente, preste serviço ligado à saúde humana ou animal em qualquer nível de atenção: prevenção, diagnóstico, tratamento,

reabilitação ou pesquisa. Em decorrência de suas características físico-químicas e infecto-contagiosas, necessitam ser segregados e gerenciados de forma adequada, visando minimizar os impactos intra e extra-unidades. Nos estabelecimentos de saúde, os RSS podem contribuir para agravar as condições sanitárias do ambiente, influenciando nos índices de infecção hospitalar e de acidentes ocupacionais. No ambiente externo à unidade de saúde, os RSS devem ser encaminhados para destino adequado, evitando a poluição ambiental e as situações de risco que representam a sua disposição no solo sem controle.

Após várias propostas de classificação para os RSS, atualmente, há um consenso entre a área da saúde e meio ambiente. Segundo a Resolução ANVISA RDC 306 (2004) e Resolução CONAMA 358 (2005), os RSS são classificados em cinco grupos, que auxiliam a segregação e permitem gerenciamento específico em função das características inerentes a cada grupo, conforme segue:

Grupo A – Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que por suas características, podem apresentar risco de infecção.

Grupo B – Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

Grupo C – Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados nas normas do Conselho Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria, ou não prevista.

Grupo D – Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

Grupo E – Materiais perfurocortantes ou escarificantes.

Excetuando-se os resíduos do grupo D (comuns), todos os demais são passíveis de gerenciamento específico, incluindo a etapa de tratamento para descaracterização e redução do perigo ou decaimento da radioatividade, antes de serem encaminhados para disposição

no solo. Atualmente, é prática comum nos estabelecimentos de saúde a segregação de alguns resíduos para recuperação, como é o caso das embalagens de papelão e plástico, ou solvente e líquido revelador de raio X.

Durante muito tempo a discussão com relação à questão dos RSS recaiu sobre a parcela dos resíduos infectantes, pelo risco de incidência de doenças infecto-contagiosas que representa seu manejo inadequado. A proposta de coleta diferenciada dos RSS, separando-os da coleta regular de resíduos sólidos urbanos foi a primeira iniciativa nesse sentido. A segregação dos infectantes dos demais resíduos de saúde, veio no sentido de possibilitar encaminhar para tratamento adequado essa parcela que apresenta características de patogenicidade. Vários métodos de tratamento para resíduos infectantes surgiram e são empregados com a função de promover a desinfecção ou esterilização, reduzindo ou eliminando os agentes patogênicos eventualmente presentes.

Atualmente a grande preocupação está na parcela representada pelos resíduos químicos perigosos, cuja prática corrente era, e ainda o é em muitos estabelecimentos, o lançamento no esgoto sanitário ou envio conjunto com os resíduos infectantes para tratamento em unidades não projetadas para eliminação das substâncias químicas presentes.

Por exigência das resoluções anteriormente citadas, há necessidade de que cada estabelecimento gerador de RSS elabore seu plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde-PGRSS, o qual integra a documentação necessária à operação dos estabelecimentos de saúde. Trata-se de documento obrigatório e exigido pela vigilância sanitária, quando da inspeção ao estabelecimento. O gerenciamento e os procedimentos propostos no plano devem estar implantados na unidade de saúde, o que exige um esforço da direção e de todos os funcionários, além de uma integração com as demais atividades realizadas no estabelecimento, para que haja ganho efetivo com sua implementação. Após a elaboração do plano, que define em detalhes as atividades a serem praticadas ou ajustadas e os requisitos para colocá-las em prática, torna-se importante o envolvimento da área administrativa, para a provisão dos recursos materiais, da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar-CCIH e a capacitação dos recursos humanos para a efetiva implantação e operacionalização do plano a contento.

As responsabilidades devem ser determinadas de forma clara, para que não sejam colocadas em risco as comunidades intra e extra-hospitalar. A organização das atividades, a tecnologia utilizada e a capacitação do pessoal determinam também a quantidade e a qualidade dos resíduos gerada no estabelecimento de saúde. O diretor do estabelecimento de saúde tem a responsabilidade máxima pelos resíduos gerados dentro do estabelecimento. Entretanto, existem outros responsáveis, em diferentes níveis, como por exemplo, o comitê de higiene e segurança do hospital, os chefes dos serviços especializados, o chefe do serviço da limpeza e o chefe de engenharia e manutenção (OPAS, 1997).

O contato com o tema resíduos de serviços de saúde ocorreu por ocasião do mestrado, época em que a sociedade, em âmbito mundial, estava preocupada com a possibilidade de transmissão de doenças infecciosas a partir da disposição de RSS, em decorrência do advento da síndrome da imunodeficiência adquirida-aids. No começo dos anos 80, a aids emergiu como um dos mais complexos e ameaçadores problemas da década (NABER, 1989), chegando a ser chamada *doença do século*. Essa doença trouxe a reboque a preocupação e o interesse com relação ao manejo dos resíduos infectantes. Em decorrência dessa preocupação, foram incorporados, nas práticas médicas, diversos materiais descartáveis, o que contribuiu para o significativo aumento dos RSS. Na época, o tema para a pesquisa de mestrado não só foi atraente pelos aspectos técnicos do gerenciamento, mas porque despontava também como uma questão de saúde pública.

A dissertação (RISSO, 1993b) baseada na pesquisa *Caracterização de resíduos de serviços de saúde – amostragem quantitativa e qualitativa de resíduos em hospitais da cidade de São Paulo* foi um dos primeiros trabalhos acadêmicos a enfocar os RSS e, como resultado da revisão bibliográfica, apresentou as inúmeras e distintas denominações atribuídas a esse tipo de resíduo, sua composição e estimativas da taxa de geração, de acordo com vários autores. Apresentou as etapas do gerenciamento, internas e externas, e os tipos de tratamento empregados, que na época se voltavam para a questão da infectividade dos resíduos.

Pela necessidade de obtenção de dados sobre as características e composição dos RSS, foi realizado um estudo de caracterização em estabelecimentos hospitalares do município de São Paulo. A amostra recaiu sobre hospitais de médio porte (100 a 150 leitos)

e de atenção geral, considerada mais representativa. Foram selecionados aleatoriamente dois hospitais, entre os 34 hospitais constantes de listagem da Secretaria de Estado da Saúde, e seis setores prioritários de atendimento (centro cirúrgico e obstétrico, copa e cozinha, laboratório de análises clínicas, pronto socorro ou ambulatório, unidade de internação ou enfermaria e unidade de terapia intensiva). Foi efetuada análise gravimétrica (quantitativa) e microbiológica (qualitativa) envolvendo sete indicadores microbiológicos selecionados.

No decorrer do trabalho prático, tanto o preparo das amostras como as análises laboratoriais foram consideradas operações de risco ocupacional e tiveram que ser interrompidas. O laboratório de Instituto Adolpho Lutz encontrou problemas em trabalhar com resíduos infectantes. Mesmo assim, todos os agentes microbiológicos puderam ser detectados pela metodologia proposta, porém o método da enxaguadura apresentou limitações, pois permitiu detectar apenas os microorganismos que se encontravam na superfície, porém não aqueles que estavam incorporados aos resíduos. Em alguns setores foi detectada a presença conjunta de *Pseudomonas* e *Staphylococcus aureus*, responsáveis por infecção hospitalar, onde não deveria estar ocorrendo, como centro cirúrgico, copa e cozinha, unidade de internação e ambulatório. A pesquisa indicou a possibilidade de recuperação de alguns materiais dos resíduos, como papel e plástico, e apontou práticas indesejadas como encaminhamento de restos orgânicos para engorda de suínos, o que era proibido em legislação. Indicou ainda a necessidade de implantação de gerenciamento para os RSS e de estabelecimento de legislação, em âmbito nacional, para uniformizar a linguagem e estabelecer os instrumentos e procedimentos básicos. Indicou também que o manejo dos RSS deve ser executado seguindo critérios operacionais, sanitários e de segurança, independentemente da quantidade de microorganismos encontrados e do setor a que se refere. O gerenciamento criterioso e bem feito é a chave para a minimização de impactos ambientais e efeitos à saúde, decorrentes da manipulação dos RSS.

A experiência com o tema permitiu assessorar o município de Natal, em 1989, no gerenciamento interno de RSS, em unidades hospitalares; em decorrência, Natal foi o primeiro município brasileiro a editar legislação municipal sobre o tema. Houve convite também para assessorar o *Plan general de residuos hospitalários para la Gran Caracas*, em 1991, além de participar de grupo técnico para a elaboração de normas técnicas da

ABNT (NBR 12.807, NBR 12.808, NBR 12.809, NBR 12.810) e de revisar Guia sobre gerenciamento interno de RSS (OPAS, 1997).

A partir de 1997, foi efetuado acompanhamento da pesquisa da mestrande Alda Maria Pequeno Costa (COSTA, 2001), orientada pela Bióloga Dorothy Carmem Pinatti Casarini, como apoio à orientação. O objeto de estudo foram 19 hospitais localizados na Região Metropolitana da Baixada Santista, para os quais foi estudado e proposto um Modelo Básico de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, incorporando todos os itens exigidos pela Resolução Conjunta Estadual Nº 1/1998, SS/SMA/SJDC e em atendimento às exigências da Resolução CONAMA Nº 5/1993. Esse modelo foi aplicado a cada hospital e o PGRSS resultante foi respectivamente implantado nas unidades hospitalares. Houve acompanhamento e avaliação da implantação, apontando as dificuldades encontradas ao longo do processo e as modificações de ações e de procedimentos verificadas após implantação dos planos. A pesquisa concluiu que o Modelo Básico de PGRSS utilizado mostrou-se como instrumento adequado, devido à facilidade de aplicação e praticidade, evidenciadas pelos bons resultados obtidos. Após a implantação do PGRSS, todas as unidades hospitalares participantes passaram por sensíveis mudanças, principalmente com relação à percepção das questões relacionadas aos RSS, o que induziu à mudança comportamental. Indicou ainda que a capacitação dos funcionários e a avaliação das ações devem fazer parte da rotina da unidade hospitalar, assim como a supervisão deve ser contínua e cuidadosamente gerenciada.

Essa experiência e a utilização do referido modelo básico contribuíram para a criação do curso *Elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS)*, ministrado como extensão universitária dentro do Programa de Verão da FSP, de 2002 a 2006, no qual a engenheira Alda integrou o corpo docente. Este curso possibilitou formar profissionais de diversos estados brasileiros, os quais foram responsáveis pela elaboração e implantação de vários PGRSS, em atendimento às exigências da legislação.

No período de 2001 a 2003, a docente atuou como co-orientadora do médico Irany Santana Salomão, que realizou o curso de mestrado no Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente junto à Universidade Estadual de Santa Cruz, em Ilhéus, Bahia (SALOMÃO, 2003). A pesquisa focalizou os RSS produzidos nos

centros cirúrgicos de dois hospitais de grande porte, que prestam atendimentos eletivos e emergenciais, do município de Itabuna, BA. O médico cirurgião priorizou o estudo nesse setor hospitalar, considerado como área crítica de infecção, buscando analisar o gerenciamento efetuado para os RSS e estudar formas de minimização de resíduos. Foi realizada avaliação das práticas correntes com relação à manipulação dos resíduos, efetuada análise gravimétrica dos resíduos gerados e realizadas entrevistas com aplicação de questionários aos funcionários que atuam no setor, no sentido de levantar o conhecimento específico sobre gerenciamento de RSS. Concluiu-se que o gerenciamento dos RSS em ambos os centros cirúrgicos era insatisfatório, assim como o fluxo dos resíduos, sobretudo pela inobservância da legislação pertinente; nenhuma das etapas de gerenciamento interno era atendida em nenhum dos dois hospitais. Com exceção das peças anatômicas e dos resíduos perfurantes e cortantes, os demais eram encaminhados como resíduos infectantes (tipo A). A análise gravimétrica mostrou que aproximadamente 82% dos resíduos gerados no setor centro cirúrgico eram resíduos comuns (tipo C), com possibilidade de aproveitamento, desde que segregados adequadamente. No entanto, esses resíduos eram descartados como resíduos infectantes (tipo A). Assim, concluiu-se ser possível minimizar o volume de resíduos infectantes nos centros cirúrgicos, mesmo sendo esse considerado como área crítica, por meio da implantação de um PGRSS, que priorize a segregação na origem e o acondicionamento diferenciado. Com relação ao elemento humano que atua nos centros cirúrgicos, verificou-se total desconhecimento com relação aos RSS e falta de equipamentos de proteção individual para o pessoal de limpeza. Os hospitais não contavam com uma política de gerenciamento dos RSS, nem com programa de capacitação dos funcionários antes da investigação. Como desdobramento prático da pesquisa, foi possível elaborar e implantar planos de gerenciamento de RSS nos dois hospitais estudados, com o apoio do Projeto Reforço à Reorganização do Sistema Único de Saúde-REFORSUS, do Ministério da Saúde e do CCIH dos hospitais.

Como resultado dessa pesquisa, artigos foram publicados (*SALOMÃO et al., 2004; GÜNTHER et al., 2003*) e trabalhos foram apresentados e publicado em congressos nacionais (*SALOMÃO et al., 2003; SALOMÃO et al., 2005*).

Atualmente sobre este tema, estão sendo conduzidas duas pesquisas: *Inventário de resíduos químicos em um hospital geral e de grande porte, no município de São Paulo e*

Plano de gerenciamento de RSS em unidade básica de saúde, dentro do escopo da orientação de monografias de cursos de especialização.

4.3 Resíduos de Pneus Inservíveis

Na década de 1990, no Brasil, discussões começaram a ser travadas sobre a questão dos pneus inservíveis, como resíduos que mereciam atenção devido ao aumento da geração, à disposição inadequada, à importância sanitária e à importação de pneus de países desenvolvidos. A quantidade de pneus inservíveis tem aumentado significativamente, acompanhando o crescimento do parque automobilístico nacional. A frota atual supera 51,2 milhões de veículos e cresceu 74% com relação à frota de 2000 (DENATRAN, 2008). Considerando-se que, em média, cada veículo produz cerca de dois pneus inservíveis ao ano (MAGANHA e KOMATSU, 1999), estima-se em mais de 100 milhões de pneus inservíveis gerados no Brasil, só em 2008. Levantamento efetuado por BERTOLLO, (2002) em diversos municípios paulistas estimou a geração média anual *per capita* de 0,14 pneus, resultando que aproximadamente 6 milhões de pneus são descartados anualmente no Estado de São Paulo.

Os pneus são estruturas rígidas, manufaturados para ter vida longa e superar os constantes impactos, por isso são difíceis de serem eliminados; atualmente os aterros sanitários não os recebem inteiros, pois quando compactados, tendem a voltar à forma original acumulando ar e outros gases em seu interior. Esse fato faz com que o pneu retorne à superfície, causando movimentação na massa de resíduos aterrada e quebrando a cobertura do aterro. Essa exposição acaba atraindo insetos, roedores e pássaros, além de provocar liberação de gases do aterro e abrir locais para infiltração de águas pluviais (BLUMENTHAL, 1993). Pneus são difíceis de ser armazenados, ocupando grande espaço, mesmo quando empilhados; quando expostos, por sua conformação e facilidade de acúmulo de água, tornam-se criadouros de insetos vetores de doenças, como o *Aedes aegypti*, mosquito transmissor da dengue. Representam ainda risco de incêndio; quando em chamas, há dificuldade de extinguir o fogo, pois possuem 75% de espaço livre, sendo difícil controlar as chamas com água ou cortar o suprimento de oxigênio local. A água, utilizada

para apagar as chamas, aumenta a produção de óleo de pirólise decorrente da queima e transporta esse líquido para o ambiente, podendo contaminar o solo e as águas superficial e subterrânea (JANG et al, 1998). Esse material oleoso resultante da queima do pneu, por ser derivado de petróleo, em contato com a água a torna imprópria para o consumo (IPT, 2000). Além disso, a queima de pneus ao ar livre causa poluição do ar, pois libera espessa camada espessa de fumaça negra e de odores ao ambiente. A emissão atmosférica é problemática, pois é composta por poluentes como óxido de carbono, óxido de enxofre e compostos voláteis, bem como poluentes atmosféricos perigosos, tais como hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs), dioxinas, furanos, ácido clorídrico, benzeno, bifenilas policloradas (PCBs), arsênio, cádmio, níquel, zinco, mercúrio, cromo e vanádio (MAGANHA e KOMATSU, 1999).

Em 1989, a Convenção da Basileia, que tratou da questão do transporte transfronteiriço de resíduos, já havia discutido o problema da importação de pneus de países desenvolvidos. Embora os pneus recebidos nessas condições venham para recuperação em processos de reforma (recapagem, recauchutagem e remoldagem), em última instância, acabam por ficar no país, aumentando a quantidade de resíduos a ser gerenciado, ao mesmo tempo em que resolve a questão do destino desses resíduos no país exportador. Assim, a recauchutagem como forma de reutilização, amplia o tempo de rodagem em meios de transporte, mas não resolve o problema do destino do pneu ao final de sua vida útil.

Dez anos depois, a Resolução CONAMA Nº 258 (1999) proibiu o descarte de pneus inservíveis em aterros sanitários, rios, lagos, terrenos baldios e no mar, como também a queima a céu aberto e estabeleceu metas anuais, a serem cumpridas a partir de 2002, para as empresas fabricantes e importadoras de pneumáticos, quanto à coleta e destino aos pneus inservíveis existentes no território nacional, com relação às quantidades fabricadas e/ou importadas. Em cumprimento à resolução, a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos-ANIP implantou o programa nacional de coleta e destinação de pneus inservíveis no território nacional, em parceria com distribuidores, revendedores e prefeituras municipais, instalando centros de recepção, denominados Ecopontos, tem a seu cargo o suporte para logística de funcionamento e suporte econômico para o destino dos pneus coletados.

Em 2002, o ingresso da engenheira Carla Mayumi Passerotti de Moraes na pós-graduação, sob orientação da docente, trouxe oportunidade de desenvolver pesquisa sobre o tema pneus inservíveis, com bolsa da FAPESP (*Reciclagem de pneus - viabilidade de aplicação de alternativas para utilização de pneus usados em grande escala*). Considerando as exigências da resolução CONAMA Nº 258 (1999) e a necessidade de dar destino a um número cada vez maior de pneus inservíveis, a pesquisa teve por objetivo estudar os métodos empregados para recuperação de pneus usados, em grande escala, identificando as possibilidades e pontos críticos de cada processo. Foram estudados três processos: pirólise, co-processamento em fornos de cimento e utilização em capa asfáltica.

A pesquisa mostrou a existência no país de métodos capazes de absorver grande quantidade de pneus inservíveis sem a necessidade de grandes modificações nos processos produtivos. Os processos estudados mostraram-se como boas alternativas para destino dos pneumáticos inservíveis. A pirólise é um processo interessante para o reaproveitamento de pneus, pois este acaba tornando-se matéria-prima para o processo. Processo de pirólise é utilizado pela PETROBRÁS/SIX, no município de São Mateus do Sul, onde a planta utiliza o mineral xisto betuminoso para extração de óleo, gás e outros componentes. Na pirólise, emissões resultantes do emprego de pneus usados juntamente com o xisto não diferem em qualidade daquela realizada apenas com o mineral xisto. O óleo obtido do processo é utilizado como óleo combustível e o gás produzido é consumido pela indústria ou engarrafado e distribuído pelas revendedoras regionais de gás de cozinha. O resíduo da pirólise de xisto e pneus tem indicação para uso em termoelétricas devido ao seu elevado poder calorífico.

O co-processo de pneus em fornos de cimento mostrou-se interessante e muito aplicado, devido à recuperação energética que o pneu proporciona por seu alto poder calorífico, o que resulta em economia de energia no processo. A utilização de resíduos sólidos como fonte de energia é prática usual em muitos países. No processamento, o pneu é totalmente consumido ou incorporado ao produto, não produzindo resíduo final. O grande número de indústrias cimenteiras e a distribuição geográfica no país são fatores que permitem absorver grande quantidade de pneus, o que mostrou ser esta a melhor opção de destino para o caso brasileiro. No entanto, o co-processamento de pneus deve atender à necessidade de licenciamento ambiental de tal atividade e aos critérios de controle da

poluição do ar estabelecidos pelo órgão de controle ambiental do Estado no qual a indústria cimenteira estiver instalada.

A utilização de pneus inservíveis em capas asfálticas no país encontrava-se, à época, em estudo para determinação de taxas de mistura e granulometria. Projeto piloto mediante acordo entre a PRODESAN-Programa de Desenvolvimento de Santos e o laboratório de materiais da Faculdade Politécnica da USP-SP foi realizado, utilizando o pavimento borracha-asfalto em trechos problemáticos na cidade, que necessitavam de constantes reparos quando pavimentados com a mistura tradicional de asfalto. Os resultados iniciais foram alentadores, indicando melhoria na qualidade do asfalto e boa alternativa para vias de baixo trânsito, mas a continuidade das pesquisas trará respostas quanto à questão da durabilidade do pavimento.

Os processos estudados apresentaram-se como alternativas que devem ser empregadas para consumir os pneus usados gerados anualmente, ajudando também a diminuir o passivo ambiental já existente. Todos promovem a recuperação desse resíduo, porém o custo dos processos e a falta de fornecimento regular de pneus comprometem o funcionamento dos mesmos. A pesquisa mostrou ainda que o gargalo neste sistema é a coleta dos pneus, assim programa de coleta bem estruturado e com abrangência nacional é importante. Incentivo à pesquisa, estabelecimento de normativa e fiscalização quanto à destinação correta dos pneus inservíveis e programas de informação e sensibilização da população foram destacados como ações necessárias para encaminhamento da solução da questão.

Como resultado da pesquisa, foi publicado artigo: *MORAIS e GÜNTHER, 2003a*, além de trabalhos apresentados em eventos e publicados nos respectivos anais: *MORAIS e GÜNTHER, 2002a*; *MORAIS e GÜNTHER, 2002b*; *MORAIS e GÜNTHER, 2003b*, *MORAIS e GÜNTHER, 2003c*; *MORAIS e GÜNTHER, 2004a*; *MORAIS e GÜNTHER, 2004b*; *MORAIS e GÜNTHER, 2004c*.

4.4 Resíduos de Pilhas e Baterias

O extraordinário desenvolvimento tecnológico das últimas décadas tem possibilitado o incremento do uso de aparelhos portáteis, movidos a pilhas ou baterias recarregáveis. Após o prazo de vida útil esses componentes tornam-se resíduos sólidos, reclamando um local adequado para sua disposição, pois muitos deles possuem contaminantes ambientais.

No Brasil, até 1999, todas as pilhas e baterias podiam ser descartadas com os resíduos domiciliares. O país foi o primeiro na América Latina a estabelecer normativa sobre estes resíduos, por meio da Resolução CONAMA Nº 257 (1999). Essa resolução estabeleceu que pilhas e baterias cuja composição contivesse chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos deveriam ter gerenciamento específico, mediante coleta diferenciada e tratamento adequado, responsabilizando fabricantes e importadores pelo fluxo reverso e sujeitando-os às penalidades da Lei de Crimes Ambientais, caso isso não ocorra. Meses depois foi aprovada a Resolução CONAMA Nº 263 (1999), em complementação à anterior, determinando a inclusão das pilhas do tipo miniatura e botão e estabelecendo o limite de até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniatura e botão.

A coleta seletiva de pilhas e baterias usadas tem sido implantada em vários países e o retorno do público tem sido favorável. As iniciativas mostram que o principal problema não está na coleta e sim no tratamento e a disposição final dados aos resíduos coletados. Esses resíduos são passíveis de reciclagem para recuperação do metal contido e como métodos de tratamento estão a incineração em incineradores especiais, encapsulamento em materiais inertes, processos químicos, processos pirometalúrgicos, reprocessamento para recuperação de matérias primas, entre outros (WIAUX, 1991). Qualquer que seja o tratamento selecionado é recomendável a segregação por tamanho e componentes químicos, por questões econômicas, técnicas e ambientais. Embora o ganho ambiental seja importante, a reciclagem desses resíduos não é traz vantagens de curto prazo, em termos econômicos. Diferentemente de outros resíduos recicláveis, que têm um valor comercial agregado, para se reciclar as pilhas e baterias o gerador deve assumir o custo logístico de coleta, armazenagem e reciclagem do material. Parte-se do pressuposto que o programa não

é auto-sustentável, ao contrário de outros programas de reciclagem, como de alumínio e de papel (FIRJAN, 2000).

Em termos ambientais o problema do lançamento de pilhas e baterias sem tratamento no ambiente prende-se ao fato da possibilidade de liberação de metais pesados para os compartimentos ambientais e as rotas que os levam até o homem, principalmente pela via da cadeia alimentar. Exemplo é a utilização, em solos agriculturáveis, de composto orgânico produzido a partir de RSU. Por serem bioacumulativos, os metais pesados acabam se depositando no organismo, podendo afetar as funções orgânicas. As vias de exposição ao organismo humano são ingestão e contato dérmico e inalação, em ambiente ocupacional. São consideradas como perigosas todas as pilhas e baterias recarregáveis de níquel-cádmio (Ni-Cd), utilizadas em telefones celulares e sem fio, brinquedos e de uso doméstico e geral e quase todas as baterias do tipo botão e as do tipo fixo, embutidas no equipamento, embora apresentem diferentes níveis de periculosidade. Atualmente a tendência é reduzir ao máximo o teor de substâncias perigosas na composição desses componentes, como é o caso do mercúrio, que inclusive está proibido em alguns países, como o Brasil. No entanto, há um mercado paralelo representado pelas pilhas e baterias ilegais, comercializadas por valor menor, e por isso amplamente consumidas.

Com o ingresso, em 1999, da engenheira química Nivea Maria Vega Longo Reidler no mestrado em Saúde Pública, sob a orientação da docente e como bolsista do CNPq, foi realizado estudo sobre os resíduos constituídos por pilhas e baterias (*Resíduos gerados por pilhas e baterias usadas: uma avaliação da situação brasileira, 1999–2001*). A pesquisa foi direcionada às baterias portáteis dos tipos primário (pilha) e secundário (bateria recarregável), destinados ao uso pelo consumidor comum. Investigou a situação dos resíduos de pilhas e baterias usadas no Brasil, no período de 1999–2001, após o estabelecimento da Resolução CONAMA 257 (1999), que regulamenta essa questão. Levantamento sobre todos os tipos de pilhas e baterias existentes e sua composição foi efetuado e foi realizada avaliação da legislação vigente no país sobre o tema, quanto à sua aplicabilidade e do ponto de vista sanitário e ambiental, visando à identificação das ações necessárias para o gerenciamento eficiente desses resíduos, de maneira a mitigar e prevenir riscos à saúde e ao ambiente, representados por seu descarte inadequado. Buscou-se ainda

apurar a necessidade de inclusão, na legislação até então vigente, de outros tipos de pilhas e baterias não especificados no texto da legislação.

Após levantamento dos tipos de pilhas e baterias portáteis disponíveis no mercado para consumo, foram identificados, nos produtos encontrados, os principais metais considerados como fontes de possível contaminação ambiental e de maior periculosidade, para os quais foram abordados alguns aspectos considerados relevantes para a compreensão da questão. Para verificar a eficácia da legislação quanto à sua aplicabilidade, foi realizada, no município de São Paulo, uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, por meio de entrevistas e análise de dados utilizando-se a técnica de análise do *Discurso do Sujeito Coletivo*. O público alvo das entrevistas contou com os seguintes atores: população consumidora; revendedores; fornecedores e especialistas no tema. A triangulação das informações obtidas possibilitou uma visão reveladora da real situação da questão no país.

Entre os problemas identificados, destacaram-se: a falta de comunicação entre os atores da cadeia; a carência de estrutura de coleta eficiente e de fácil acesso; e inexistência de fiscalização para o cumprimento das exigências estabelecidas pela legislação. A pesquisa concluiu que é necessário proceder à atualização da legislação vigente, o que até hoje ainda não foi efetivado, pois a resolução não traz restrições ao níquel, por exemplo, diferentemente do que acontece com a legislação em outros países. Evidenciou ainda a carência de programas de sensibilização e conscientização da população para o problema do descarte inadequado de pilhas e baterias, que levasse à participação de todos os setores envolvidos para a segregação na fonte e coleta seletiva desses resíduos. Com base no estudo, recomendou-se a coleta e o tratamento apropriado e disposição final adequada de todos os tipos de pilhas e baterias usadas, o que deveria ser levado por meio de parceria entre setor empresarial e governo, com envolvimento da população, para a gestão eficiente e economicamente viável desses resíduos no Brasil.

Como resultado prático, a pesquisa deu origem ao Programa Papa-Pilhas, patrocinado por uma instituição financeira privada, a qual se interessou pelo tema e resolveu investir em uma das recomendações do estudo, dentro de seu programa de responsabilidade socioambiental. A referida instituição, um banco comercial, tomou conhecimento da pesquisa por meio de uma publicação dos resultados em congresso

internacional e investiu em um projeto que trabalhasse uma solução sustentável para o problema, dos pontos de vista ambiental, social e econômico.

O Papa-Pilhas começou como um projeto-piloto em três cidades selecionadas por critérios pré-estabelecidos (Campinas, João Pessoa e Porto Alegre) e, após seis meses de sua implementação, foi transformado em programa de abrangência nacional, presente nas 27 capitais e pontos estratégicos, como o território de Fernando de Noronha e outras cidades onde o banco possui agências. O Programa Papa-Pilhas foi estendido a empresas interessadas em realizar a coleta de pilhas e baterias usadas. O programa já obteve adesão de cerca de 200 empresas, entre elas TIM, Gerdau, 3M, Votorantim e Johnson & Johnson. Outras 300 companhias cadastradas já se candidataram à adesão. Atualmente o Programa conta com mais de 1.800 pontos de coleta em todo o Brasil. Até dezembro deste ano, a expectativa é chegar a 3.170, segundo o informado pelo Banco.

Publicações sobre o tema foram efetuadas: *REIDLER e GÜNTHER, 2000; REIDLER e GÜNTHER, 2002a; REIDLER e GÜNTHER, 2002b; REIDLER e GÜNTHER, 2003.*

4.5 Resíduos da Construção Civil

Enquadram-se na categoria dos Resíduos da Construção Civil-RCC, aqueles oriundos de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, comumente denominados de entulho. São subdivididos em quatro classes, de A a D, em função de suas características com relação à reciclagem (CONAMA, 2002). Compreendem entre 41% e 70% da massa de resíduos sólidos gerados na área urbana e a geração *per capita* varia de 230 a 760 Kg/habitante/ano, de acordo com estimativa resultante de estudo em 10 cidades brasileiras (PINTO, 1999).

A indústria da construção civil, um dos pilares da economia nacional e expressivo gerador de empregos diretos e indiretos, contribui significativamente para a geração crescente dos RCC, principalmente em épocas de crescimento econômico, no entanto, caracteriza-se pela precariedade e/ou indisponibilidade de dados e informações sobre a

geração e o gerenciamento desses resíduos. Por outro lado, as pequenas obras e as reformas domésticas também contribuem para a geração de RCC e são, provavelmente, um dos principais agentes causadores da deposição irregular em vias e logradouros públicos.

A disposição inadequada desses resíduos acarreta degradação ambiental, por meio do assoreamento de corpos d'água, danos aos sistemas de drenagem e atração de vetores de doenças, o que assume contornos dramáticos, particularmente nos grandes centros urbanos. Como efeitos somam as obstruções do sistema de drenagem, inundações, interrupção do sistema viário e comprometimento do tráfego de pedestres e veículos e da paisagem urbana (VALENÇA 2008; PINTO, 1999). A deposição irregular em áreas públicas é comum em municípios brasileiros e representa um custo adicional para os serviços de limpeza urbana, arcado por toda a sociedade. No período de 1993 a 2002, a coleta pública corretiva no município de São Paulo recolheu cerca de 8 milhões de toneladas de RCC de áreas públicas que sofreram deposição irregular; equivalendo a um valor de R\$ 263 milhões, em valores correspondentes à deposição em aterros (SCHNEIDER e PHILIPPI JR, 2004). JOHN e AGOPYAN (2001) levantaram o volume potencial do mercado de coleta e transporte de entulho, para o município de São Paulo, e estimaram o custo *per capita* anual entre R\$ 8,00 e R\$ 11,00, na época.

Assim a gestão dos RCC insere-se no contexto de dois macro-setores da economia: a cadeia produtiva da indústria da construção civil, ou o *construbusiness*, e a indústria do gerenciamento dos resíduos sólidos, dois gigantes da economia urbana nacional. No entanto, a viabilização de qualquer sistema de gerenciamento dos RCC depende das operações de dezenas de pequenas e micro empresas coletoras e transportadoras de entulho que atuam na interface desses dois setores (VALENÇA, 2008).

Na gestão dos RCC, os municípios brasileiros, principalmente de médio e grande porte, vêm contando com a participação de empresas privadas na prestação de serviços de coleta e remoção. As empresas coletoras de entulho atuam no vácuo deixado pelos serviços de limpeza urbana municipal, quando os RCC passaram a ser considerados de responsabilidade do gerador e deixaram de integrar os RSU, cabendo, assim, ao poder público a fiscalização e o controle da prestação dos serviços prestados pelas empresas privadas. JOHN et al., (2003) afirmam que uma política de gestão baseada exclusivamente

na regulamentação do transporte e da disposição final dos RCC não é suficiente para garantir o controle da deposição irregular. Há necessidade de um gerenciamento integrado e de planos de gerenciamento dos RCC, que contemplem a questão da minimização dos resíduos, pois há possibilidade da prática da reciclagem de muitos materiais presentes no entulho, desde que o gerenciamento se dê segundo critérios pré-estabelecidos.

Em 2005, a Caixa Econômica Federal (PINTO e GONZÁLEZ, 2005), em parceria com o Ministério das Cidades e o Ministério do Meio Ambiente, publicou o manual *Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil*, com o objetivo de orientar os municípios brasileiros na condução do processo de adequação às determinações da Resolução CONAMA 307 (2002). O manual apresenta o cenário da nova política de gestão para os RCC, se insere dentro do conceito de gestão integrada e apresenta um roteiro básico para elaboração de diagnóstico da situação e diretrizes para definição de plano integrado de gerenciamento de RCC. Apresenta ainda os critérios e procedimentos de modalidade de financiamento pela Caixa, especialmente para empreendimentos vinculados a esse tipo de resíduos (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

Em 2000, o engenheiro civil Luiz Otávio de Almeida Castro ingressou no mestrado sob orientação da docente, para desenvolver pesquisa sobre a questão dos RCC no município de Santos, SP (*Destinação dos resíduos da construção e demolição na área insular do município de Santos e seus impactos sanitários e ambientais*). A investigação teve por objetivos: identificar, mapear e avaliar os principais locais de disposição inadequada de resíduos na área urbana do município santista e propor alternativas para melhoria das condições encontradas, visando à redução da situação de risco ambiental e efeitos à saúde encontrados, com a finalidade de contribuir para propostas de políticas públicas municipais sobre o tema. A metodologia envolveu observação de campo, com registro fotográfico e inquérito de vizinhança em áreas selecionadas, caracterizando-as mediante preenchimento de ficha cadastral e critérios pré-estabelecidos. A seleção das áreas utilizou como base uma listagem da Secretaria de Meio Ambiente, da Prefeitura Municipal de Santos, que identificava e localizava os principais pontos de disposição irregular de resíduos na malha urbana. Os instrumentos de coleta de dados foram a ficha cadastral para áreas contaminadas da CETESB, adaptada pelo pesquisador e um questionário enviado aos coletores de RCD, também adaptado pelo pesquisador a partir de cadastro semelhante

fornecido pela empresa I&T - Informações e Técnicas em Construção Civil. Os dados foram mapeados, e mostraram que o problema de deposições irregulares é significativo no município, além de identificar por ponto do mapa, os potenciais impactos ambientais e à saúde. Ao final foram elaboradas recomendações de alternativas para o gerenciamento adequado dos RCD no âmbito do município, considerando-se as peculiaridades locais.

Como resultados foram apresentados e publicados trabalhos em eventos científicos: *CASTRO e GÜNTHER, 2004a; CASTRO e GÜNTHER, 2004b*.

Em 1999, surgiu a oportunidade de orientar a mestrand *Joyce Maria de Araújo*, bolsista do CNPq, que realizou sua pesquisa sobre a questão das caçambas coletoras de RCC dispostas no ambiente urbano e os impactos decorrentes (*Caçambas coletoras de resíduos e riscos à saúde pública: um enfoque segundo a atenção primária ambiental*). A investigação focou a caçamba metálica, sua introdução em via pública e no espaço urbano, e os requisitos que regem a disposição do mobiliário urbano em cidades brasileiras, com o intuito de ressaltar aspectos referentes à saúde ambiental e à qualidade de vida urbana. Como equipamento que integra o sistema de coleta e transporte de RCC, a caçamba coletora é importante, pois ao mesmo tempo em que possibilita o acondicionamento dos resíduos, o confinamento resultante reduz a dispersão no ambiente, a degradação da paisagem urbana e os incômodos e a exposição dos transeuntes. Essa prática tem sido intensificada e generalizada a partir da década de 1990 nos municípios brasileiros de médio e grande porte, com participação de empresas privadas, muitas vezes não regularizadas. Assim, a instalação de caçambas na área urbana, sem critérios e sem observância de requisitos mínimos com relação ao planejamento urbano, tem trazido problemas de ordem estética, sanitária e acidentes com veículos de transporte e pedestres.

O estudo de caso realizado na zona oeste do município de São Paulo mostrou a presença de não-conformidades na maioria dos casos observados, como: localização inadequada, falta de pintura reflexiva, presença de matéria orgânica ou resíduos perigosos, objetos cortantes e pontiagudos ultrapassando os limites da caçamba, entre outros. Concluiu que é necessário considerar outras questões afetas ao uso deste equipamento no meio urbano e a necessidade de uma abordagem intersetorial, que integre as políticas públicas de limpeza urbana, de planejamento urbano e de saúde, que considerem os aspectos de saúde

ambiental, preserve os valores estéticos e a paisagem urbana, além da necessidade básica da remoção dos RCC. A pesquisa trabalhou, portanto, dentro do contexto da promoção da saúde e qualidade de vida. Como resultado foi publicado artigo em periódico: *ARAÚJO e GÜNTHER, 2007* e apresentado trabalho em conferência internacional: *ARAÚJO e GÜNTHER, 2001*.

Atualmente pesquisa está sendo desenvolvida com o objetivo de propor um sistema de planejamento informatizado, que propicie ao município a organização e coleta de todos os dados necessários para a implantação do plano de gerenciamento de RCC, e consequentemente sua atualização periódica. Essa pesquisa (*Proposta de sistema de planejamento para o gerenciamento de resíduos da construção civil*) conta com a participação da doutoranda Rosimeire Midori Suzuki Rosa Lima, ingressante em 2008 e orientada pela docente, que desenvolverá o sistema para o município de Londrina, Paraná.

4.6 Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

Atualmente, muitos produtos pós-consumo contendo substâncias perigosas fazem parte da massa de resíduos sólidos domiciliares no país e são considerados como resíduo comum, quando deveriam ser classificados como resíduos especiais. Por serem descartados como resíduo domiciliar, seguem o fluxo dos RSU e acabam, em geral, dispostos no solo em aterros de resíduos. São resíduos de tintas, produtos químicos diversos, medicamentos, lâmpadas fluorescentes, pilhas, baterias e equipamentos eletroeletrônicos, dentre outros.

Especialmente os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) têm apresentado crescimento preocupante, em virtude dos avanços tecnológicos e da alta taxa de descarte, provocada por modismos, redução dos preços dos produtos e estratégia do setor produtivo de encurtamento progressivo da vida útil dos equipamentos, também denominada obsolescência planejada (COOPER, 2004; WIDMER *et al.*, 2005; HILTY, 2005). Estimativas da União Européia indicam que a taxa *per capita* de geração de REEE, nos países membros, varia entre 4 e 20/kg/ano (HILTY, 2005). Nos EUA, os REEE representam de 2 a 5% dos resíduos sólidos urbanos (KANG e SCHOENUNG, 2005) e, em 2000, 4.600 mil toneladas foram encaminhadas aos aterros americanos (USEPA, 2002).

Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) são definidos como aqueles produtos que necessitam de eletricidade para funcionamento, como equipamentos de informática, de som e vídeo, de telefonia fixa e móvel, dispositivos de iluminação, eletrodomésticos de grande e pequeno porte, ferramentas e brinquedos eletrônicos, entre outros, segundo a Diretiva 2002/95 da União Européia (PARLAMENTO EUROPEU, 2003). Diversos estudos têm indicado a presença de substâncias perigosas em produtos ou componentes eletrônicos e seu potencial de contaminação do ambiente e das populações (ANDRADE, 2002; LEE *et al.*, 2004; LINCOLN *et al.*, 2007; MATSUTO *et al.*, 2004). Substâncias perigosas têm sido empregadas em crescente variedade e quantidade, incorporadas nos produtos ou como aditivos nos processos de produção (WIDMER *et al.*, 2005; HILTY, 2005), como é o caso do chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio, bário, berílio, retardantes de chama bromados e cromo hexavalente, sendo algumas dessas substâncias classificadas como carcinogênicas. Outra característica comum à maioria dos EEE é a grande diversidade de materiais em um mesmo produto, principalmente quando se trata de material de informática. Um computador, por exemplo, possui mais de trinta e dois elementos químicos diferentes, além de plásticos de diversos tipos com substâncias anti-chama e plastificantes (SECO, 2006), o que implica na segregação dos distintos materiais no caso de recuperação. Assim, embora muitos desses produtos possuam materiais com valor agregado como ouro, prata, platina, materiais ferrosos e alumínio, tamanha complexidade dificulta sua recuperação, pois exige a utilização de tecnologias e instalações apropriadas, mão-de-obra especializada, tratamento e disposição final adequada dos rejeitos perigosos, além de cuidados de proteção à saúde dos trabalhadores.

Esse é um tema novo para o qual há muito pouca pesquisa no país. Nesse ano de 2008, houve convite para integrar grupo de pesquisa para desenvolvimento do projeto de cooperação internacional sob o título de *Avaliação da geração, destinação e impacto ambiental de resíduos elétricos e eletrônicos em domicílios do município de São Paulo, SP, Brasil*, coordenado pelos Professores Maria Eugenia Gimenes Boscov, da Escola Politécnica da USP e pelo Professor Bernd Bilitewski, da Technische Universität Dresden (Alemanha), financiado pela CAPES. Integram este projeto duas doutorandas, sob a orientação da docente: Ângela Cássia Rodrigues (*Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: avaliação das tendências de geração e destinação em domicílios do*

Município de São Paulo, SP) e Nivea Maria Vega Longo Reidler (Gerenciamento dos resíduos elétricos e eletrônicos no campus Butantã da USP).

O objetivo da pesquisa é avaliar o fluxo domiciliar de geração e destinação dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) no município de São Paulo, por meio de estudo estatístico, com amostra representativa. Para tanto serão investigados três momentos: o estágio da posse dos EEE, o estágio de fim de vida dos EEE, quando se transformam em REEE e o estágio da destinação dos REEE. Para o primeiro estágio será necessário o levantamento dos tipos e quantidades de EEE em uso e o tempo de aquisição; no segundo, os fatores que determinam o fim de vida e as atitudes dos usuários frente a este aspecto; no último estágio, serão levantados os diferentes destinos dados aos equipamentos em desuso, visando identificar as formas de reaproveitamento, tratamento e disposição final. Na segunda parte da pesquisa serão estudados e avaliados os impactos causados pela inclusão indiscriminada de REEE nos RSU, para disposição em aterros de resíduos. O projeto prevê a troca de experiências com pesquisadores alemães, que atuam e pesquisam sob as orientações das diretivas da União Européia e em um país onde as políticas públicas no setor estão bem desenvolvidas e aplicadas. Espera-se com este projeto exploratório a obtenção de informações quantitativas e qualitativas para proposição de gerenciamento adequado para os REE, que embasarão estudos futuros e subsidiarão políticas públicas para o setor.

Paralelamente, a pesquisa sobre REEE no campus da USP objetiva a elaboração de modelo institucional de sistema de gestão integrada de REEE, replicável a outras instituições. Para tanto será realizado diagnóstico da situação dos EEE e REEE, mediante projeto piloto, em parceria com o Centro de Computação Eletrônica da USP-CCE e do Programa USP Recicla, do qual a docente é a atual coordenadora na Faculdade de Saúde Pública.

4.7 Revisão Crítica

As pesquisas com resíduos sólidos especiais trouxeram a oportunidade de trabalhar com temas atuais, amplamente estudados e discutidos em países industrializados, mas ainda

pouco explorados em países em desenvolvimento, como o Brasil. Assim, muitas das pesquisas configuraram-se como exploratórias e descritivas.

As pesquisas com resíduos de serviços de saúde-RSS indicaram que é o gerenciamento desses resíduos, intra e extra-unidade, o determinante mais importante dos impactos no ambiente, na saúde e nos níveis de infecção hospitalar. Importa mais conhecer as condições do gerenciamento dos RSS e adequá-lo para um gerenciamento integrado, que determinar a composição quantitativa e qualitativa dos resíduos, no sentido de caracterizar o risco. Essa adequação deve ser feita mediante a elaboração e implantação do plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde-PGRSS. Manipular a parcela infectante dos resíduos para obter dados qualitativos da presença de agentes biológicos não é seguro e nem recomendável, além de ser difícil conseguir amostras representativas dos diferentes setores e das distintas condições em que operam os inúmeros tipos de estabelecimentos de saúde. Assim, indicadores nessa matéria devem sempre ser vistos com ressalvas. Recomenda-se classificar, com relação ao risco, os setores dos estabelecimentos de saúde, como, por exemplo, em área crítica, semi-crítica e não crítica, que enveredar na classificação do resíduo gerado nos distintos setores. A palavra de ordem no gerenciamento de RSS continua sendo *segregação*, por tipo e na fonte geradora, seguida de coletas diferenciadas para envio dos distintos resíduos a destino também adequado, buscando a máxima recuperação dentro de padrões de segurança ambiental e à saúde.

Atualmente, a demanda de pesquisa para os RSS recai sobre os resíduos químicos (Grupo B), pois, via de regra, são inadequadamente lançados na rede coletora de esgotos ou enviados para a coleta de resíduos infectantes, muitas vezes, ampliando os riscos. Há lacuna de conhecimento sobre o assunto e falta de dados sobre quais produtos químicos são utilizados, sua composição e as condições de uso. Por outro lado, a legislação sobre RSS é insuficiente para tratar a questão dos RSS químicos. Nesse contexto, o tema é importante para investigação dentro do enfoque da saúde ambiental. A pesquisa que está sendo desenvolvida em um grande hospital geral do município de São Paulo vem contribuir para um primeiro diagnóstico da situação dos RSS químicos em estabelecimentos de saúde e direcionar pesquisas futuras.

Da mesma forma, com relação ao gerenciamento de RSS, atualmente faltam estudos em unidades de saúde não hospitalares. O indicador de geração de resíduos por número de leitos não é aplicável a outras unidades. Assim, pesquisas devem se voltar para esse universo e buscar outros indicadores de geração, como massa/número de atendimento, por exemplo. Nesse sentido, a pesquisa em curso, sobre o PGRSS no Centro de Saúde Geraldo Paula Souza - uma unidade básica de saúde - pretende contribuir com essa proposta.

Os estudos dos resíduos de componentes de equipamentos elétricos e eletrônicos, como pilhas, baterias e CD-ROM mostraram que as propostas para gerenciamento devem se basear na segregação desses do fluxo de resíduos comuns, em função das características de periculosidade, pela possibilidade de recuperação de metais e pela necessidade de tratamento.

Recomenda-se que sejam estudados sistemas de coleta diferenciada para cada modalidade de resíduos especiais, conforme o modelo papa-pilhas, com previsão de bônus ou ônus para o consumidor, visando a efetividade do sistema. Para tanto, os resultados das pesquisas devem gerar conhecimento para embasar políticas públicas no setor, consideradas fundamentais para o gerenciamento adequado. Essas políticas devem incorporar princípio como: a prevenção da poluição mediante práticas que promovam a minimização de resíduos; a gestão compartilhada pelo poder público, iniciativa privada e sociedade civil; e a responsabilidade estendida do produtor/importador, entre outras, para que possam lograr êxito. Recomenda-se ainda que sejam regulamentadas e estipulem metas graduais e sucessivas a serem perseguidas.

Pesquisas com categorias emergentes de resíduos especiais, como é o caso dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos-REEE, são importantes. Há carência de dados tanto com relação a diagnósticos situacionais, para embasar estimativas, como para conhecimento dos dados quantitativos e qualitativos do consumo, geração e destinação. Esses dados básicos contribuirão para a definição de temas futuros de pesquisa e trarão uma visão geral da problemática das categorias consideradas.

As duas pesquisas sobre REEE, que se encontram em andamento, seguem nessa linha. A realização dessas pesquisas em conjunto com outras instituições, nacionais e

internacionais, integrando pesquisadores de diferentes formações, amplia o alcance das possibilidades e permite melhor discussão e proposição de alternativas para a questão.

Quanto ao tema resíduo da construção civil-RCC, cujas pesquisas realizadas basearam-se em diagnósticos situacionais e recomendações de melhorias, logo estudos de caso, acredita-se que o momento é propício para estudos sobre mecanismos que facilitem a elaboração, implantação e atualização periódica dos planos de gerenciamento, exigidos pela legislação vigente. Nesse sentido, proposição de modelos de planos e sua informatização estão sendo priorizados.

Outro tema atual e importante, cuja pesquisa encontra-se em andamento, trata dos resíduos gerados em portos. O projeto que estuda os resíduos de cargas abandonadas no Porto de Santos inicia uma linha que carece de investigação. As pesquisas podem focar em estudos para a melhoria da gestão dos resíduos em áreas portuárias, necessitando assim de plano de gerenciamento integrado, ou na vigilância ambiental em saúde, quando tratar do perigo de entrada de agentes etiológicos por meio dos resíduos das embarcações, como é o caso da gripe aviária.

Entretanto, embora várias pesquisas tenham sido realizadas com relação a esta área temática e tenham sido apresentadas e publicadas em congressos do setor, acredita-se que poderiam ter maior alcance quanto à divulgação e difusão de conhecimentos, se publicadas em periódicos científicos. Assim, esse é um ponto que deve ser alterado e constitui-se em meta futura para a pesquisadora.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho é uma sistematização crítica dos conhecimentos produzidos em pesquisa e em trabalhos técnicos pela docente, por seus orientados e por grupos de pesquisa com sua participação. Enfatizou-se o tema resíduos sólidos, área de maior dedicação da pesquisadora. Foram enfocados os trabalhos e contribuições nas áreas temáticas: resíduos sólidos urbanos; resíduos industriais e áreas contaminadas; e resíduos especiais, com destaque aos aspectos mais importantes desenvolvidos no percurso das pesquisas no contexto da saúde ambiental.

Como tema recente e abrangente, a questão dos resíduos sólidos suscita interesse e cativa a pesquisadora. Observa-se que muito trabalho foi realizado, mas muito mais há para pesquisar e conhecer. Especialmente é necessário fazer a interligação entre os conhecimentos teóricos adquiridos, a prática da saúde ambiental e as políticas públicas nos setores ambiente e saúde. As questões que o tema envolve são dinâmicas, enquanto reflexos da evolução da sociedade, e emergenciais, pois o consumo dos recursos ambientais segue em ritmo acelerado e os resíduos lançados no ambiente ameaçam a sustentabilidade ambiental do planeta, com conseqüências danosas para a saúde e bem estar das populações.

O foco das linhas de pesquisa ao longo da vida acadêmica da pesquisadora tem sido direcionado para *resíduos sólidos das atividades antrópicas*, tema que serve de fio condutor para integrar a atuação em áreas das ciências exatas, como a engenharia ambiental - quando a mesma trata dos estudos de avaliação e controle de poluição ambiental – e como a atuação mais voltada às ciências sociais, a política e gestão ambiental e a vigilância em saúde ambiental.

As pesquisas têm sido direcionadas para a abordagem das questões relativas a impactos ambientais e situações de risco à saúde dentro, do enfoque da prevenção à poluição e promoção da saúde, buscando preencher lacunas no conhecimento existente, ou a abertura de novas frentes emergentes de pesquisa. A fundamentação teórica que abriga as propostas metodológicas da docente é aquela que considera a inter-relação sociedade-ambiente-saúde como temas indissociáveis, interdependentes e complementares. Busca-se trabalhar também com abordagens integradas, visão sistêmica, noções de complexidade e multidisciplinaridade na análise e solução de problemas de saúde e ambiente.

As pesquisas têm sido desenvolvidas com a visão do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final, e da gestão integrada, considerando-se a intersectorialidade e interinstitucionalidade como pontos-chave, além da integração dos atores envolvidos: poder público, iniciativa privada e sociedade civil. Tem buscado integrar a população estudada ou exposta, trabalhando na perspectiva da participação social, tanto na busca de conhecimento, quanto na tomada de decisão das alternativas e também na proposição de políticas públicas ambientais e de saúde.

Os resultados das experiências nessa área até agora, têm reforçado a tese da docente de que a questão dos resíduos sólidos tem uma abrangência muito além da estritamente ambiental. Não pode ser considerada uma questão restrita de engenharia, visando simplesmente ao desenvolvimento de tecnologias para a solução de problemas que emergem da sociedade continuamente. Mais do que uma mudança de comportamento, as alternativas de solução suscitam uma mudança cultural e essa deve começar nas instituições que geram conhecimento e formam novos pesquisadores.

No processo de preservação do meio ambiente e de proteção à saúde, na ótica da saúde ambiental, contemplando ações de prevenção e de promoção, a academia tem papel fundamental e determinante. Mas, poder público, empresas, ONGs e instituições em geral e a sociedade civil não devem se eximir da responsabilidade que lhes cabe. Deve ser reforçado o conceito de gestão compartilhada, com integração de todos os setores da sociedade e atores envolvidos.

As pesquisas com resíduos sólidos especiais mostraram que, no Brasil, grandes indústrias têm, de modo geral, muito mais conhecimento acumulado sobre seus próprios produtos, problemas, riscos e legislações pertinentes, que pesquisadores da academia. Esse fato possivelmente se dá, pela necessidade que as indústrias têm de se precaver, aliada aos recursos financeiros disponíveis. Nesse contexto, propõem-se esforços também na busca de parcerias com empresas, que possam apoiar pesquisas acadêmicas com isenção, propiciando agilidade nos resultados, nos moldes do que ocorre em países industrializados. Enquanto, em países como os da União Européia, América do Norte e alguns da Ásia, existe um esforço conjunto para a obtenção de soluções sustentáveis e que contemplem todos os setores da sociedade, verifica-se no Brasil um panorama caótico nesse sentido.

Associações setoriais da indústria existem aqui, para fazer lobby em causa própria e trabalhar para que legislações sejam promulgadas de acordo com suas conveniências, como é o caso dos resíduos de pneus, pilhas e baterias e eletro-eletrônicos, entre outros.

Temas como resíduos especiais emergentes, modelos de gestão integrada e indicadores de gestão, áreas contaminadas, revitalização urbana de *brownfields*, avaliação de risco à saúde e biomarcadores humanos constituem-se em assuntos importantes para novas pesquisas e serão priorizados dentro da perspectiva de investigações futuras.

Na seqüência dos estudos dentro das linhas de pesquisa de atuação da docente, novas pesquisas já estão sendo conduzidas para:

- Correlacionar a concentração de chumbo no sangue e no esmalte dentário de crianças expostas a contaminação ambiental (Pesquisa)
- Desenvolver metodologias para ampliar diálogos e reduzir conflitos entre *stakeholders* que acessam recursos naturais, água e solo, na Bacia do Alto Tietê, dentro da perspectiva da Aprendizagem Social (Grupo de Pesquisa)
- Avaliar a qualidade da água acessada por população assentada em área periurbana irregular e correlacionar com condições de saúde da população e condições ambientais do domicílio (Grupo de Pesquisa)
- Avaliação do fluxo domiciliar de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo, com vistas a propor gerenciamento de REEE e subsidiar política pública no setor (Pesquisa e doutorado de Angela Cassia Rodrigues)
- Diagnóstico e avaliação da geração dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos na USP, com vistas a proposição de plano de gerenciamento integrado (Doutorado de Nívea M. Vega Longo Reidler)
- Estudo da relação entre exposição a chumbo e comportamento anti-social em adolescentes (Doutorado de Kelly Polido Kaneshiro Olympio)
- Avaliação da Sustentabilidade dos Programas Municipais de Coleta Seletiva (Doutorado de Gina Rizpah Besen)

- Avaliação das políticas que interferem na gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios da Amazônia (Doutorado de Paulo Maurício Oliveira Pinho)
- A construção de estratégias integradas para a sustentabilidade: Políticas públicas estaduais de meio ambiente e de saúde do Estado de Mato Grosso (Doutorado de Glória Regina Calháo Barini Néspoli)
- Proposta de sistema de planejamento para o gerenciamento de resíduos da construção civil (Doutorado de Rosimeire Midori Suzuki Rosa Lima)
- Diagnóstico e avaliação de resíduos gerados em terminais de contêineres do Porto de Santos, visando proposição de estão ambiental sustentável (Mestrado de Marcio Lourenço Gomes)
- Avaliação da cobertura jornalística sobre contaminação do solo por resíduos sólidos, em jornais paulistanos (Mestrado de Maria Daniela Araujo Vianna).

Até o presente, as pesquisas desenvolvidas não tiveram um encadeamento lógico, foram antes desenvolvidas por oportunidades apresentadas, ou por interesse dos próprios pós-graduandos. Pretende-se, agora, focar em temas específicos e aprofundar as investigações, como também ampliar publicação de resultados de pesquisas em periódicos de maior fator de impacto.

Como metas futuras, pretendem-se implantar o Laboratório de Resíduos Sólidos e Qualidade do Solo no Departamento de Saúde Ambiental, buscar trabalhar com novas técnicas de pesquisa, como questionários eletrônicos e com avaliação de riscos à saúde, estudando o emprego da diretriz da ATSDR, como instrumento de avaliação preliminar, entre outras metodologias. A importância de encorajar o uso de métodos padronizados para avaliação de exposição vem no sentido de permitir comparações entre casos de contaminação e de combinar resultados de vários estudos epidemiológicos (PHEBY et. al., 2002). No entanto, devem ser vistos com cuidado, porque não há um modelo único e as situações estudadas são diversas e específicas.

Acredita-se que as pesquisas desenvolvidas até o presente, as perspectivas de continuidade e o envolvimento com novas tecnologias e metodologias sejam contribuições importantes para o desenvolvimento da área de saúde ambiental no país.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma técnica NBR-10004: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro; 1987 a.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma técnica NBR-10005: lixiviação de resíduos sólidos – procedimento. Rio de Janeiro; 1987 b.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma técnica NBR-10006: solubilização de resíduos sólidos – procedimento. Rio de Janeiro; 1987 c.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma técnica NBR-10004: resíduos sólidos – classificação (versão revisada). Rio de Janeiro; 2004.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2007. São Paulo; 2007.
- Achenbach TM. Manual for the child behavior checklist/4-18 and 1991 profile: Department of Psychiatry – University of Vermont; 1991.
- Agudelo SF. La violencia: un problema de salud pública que se agrava en la región. Bol Epidemiol OPS. 1990;11:1-7.
- Ambrósio LA, Günther WMR. Mutirão ambiental no córrego da Água F, Vera Cruz, SP. In: Krasilchic M, Pontuscka NN, Ribeiro H (organizadores). Pesquisa Ambiental: construção de um processo participativo de educação e mudança. 1ª ed. São Paulo: EDUSP; 2006. p. 180-192.
- Andrade R. Caracterização e classificação das placas de circuito impresso de computadores como resíduos sólidos [dissertação de mestrado]. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP; 2002.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 306, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília (DF): Diário Oficial da União de 10 dez 2004.
- Araujo JM. Caçambas coletoras de resíduos e riscos à saúde pública: um enfoque segundo a atenção primária ambiental. [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2000.
- Araujo JM. Contaminação ambiental por resíduos perigosos na Vila Carioca: uma interpretação da teoria social na abordagem da saúde ambiental [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2005.
- Araujo JM, Günther WMR. Abordagem integrada saúde-ambiente em áreas contaminadas. In: Anais do 28. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; 2002; Cancún, México. [CD-ROM]. v.1.
- Araujo JM, Günther WMR. Caçambas coletoras de resíduos da construção e demolição no contexto do mobiliário urbano: uma questão de saúde pública e ambiental. Rev Saúde e Soci. 2007; 16: 145-154.
- Araujo JM, Günther WMR. Riesgos para la salud pública en el acondicionamiento de residuos. In: Anais de la 17. Conférence Mondiale de Promotion de la Santé et D'Éducation pour la Santé; 2001; Paris, França. v.1.

Arteiro MG, Günther WMR. Expansão urbana, acesso aos serviços de saneamento e impactos à saúde na sub-bacia Tietê cabeceiras. In: Anais da 3. Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul; 2005; São Paulo, Brasil.

Arteiro MG, Günther WMR. Estudo ecológico em localidade atendida pelo programa saúde da família: condições de saneamento e de saúde de crianças de 0 a 2 anos. In: Anais do 4. Congresso Brasileiro Ciências Sociais e Humanas em Saúde, 10. Congresso da Associação Latino Americana de Medicina Social e 29. Congresso da Associação Internacional de Política de Saúde – Equidade, Ética e Direito à Saúde: desafios à Saúde Coletiva na mundialização; 2007a; Salvador, Brasil.

Arteiro MG, Günther WMR. Saneamento em área periurbana do município de Guarulhos: acesso aos serviços e reflexos na saúde de crianças de 0 a 2 anos. In: 24. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2007b set 2-7; Belo Horizonte, Brasil.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Evaluación de riesgos en salud por la exposición a residuos peligrosos. Atlanta, (GA); 1992.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Atlanta, (GA); 1995.

Barreira LP. Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2005.

Basel Convention. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal [Internet]. [acesso em 09 maio 2008]. Disponível em: <http://www.basel.int/text/documents.html>

Batstone R, Smith Jr JE, Wilson D, editors. The safe disposal of hazardous wastes: the special needs and problems of developing countries. Washington (DC): The World Bank; 1989. v.1. (World Bank Technical Paper, 93).

Beck U. Risk society: towards a new modernity. Londres: Sage Publications; 2003.

Beck, U. From industrial society to the risk society: questions of survival, social structure and ecological enlightenment. In: REDCLIFT, M.; WOODGATE, G. (Ed.). The sociology of the environment. Aldershot: Edward Elgar, 1995. v. 3. p. 79-105.

Bertollo SAM. Avaliação laboratorial de misturas asfálticas densas modificadas com borracha reciclada de pneus [tese de doutorado]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da USP; 2002.

Besen GR, Ribeiro H, Jacobi PR, Günther WMR, Demajorovic J. Evaluation of sustainability of municipal programmes of selective waste collection of recyclables in partnership with scavengers organizations in Metropolitan São Paulo. In: Kurian J, Nagendran R, Thanasekaran K. (organizadores). Sustainable solid waste management. Chennai: Allied Publishers Pvt; 2008, p. 90-96.

Besen GR, Ribeiro H, Viveiros M, Jacobi PR, Günther WMR. Construção de indicadores de sustentabilidade para programas municipais de coleta seletiva e organizações de catadores desafios conceituais e metodológicos. In: Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2007 set 2-7; Belo Horizonte, Brasil.

Blumenthal MH. Tires. In: Lund HF. The McGraw-Hill Recycling Handbook. Nova York: Mc Graw-Hill; 1993. p. 18.1-18.62.

Bonacin Silva AL, Günther WMR. Hydrogeochemical and environmental characterization of contaminated areas by wastes of ceramic industries in Santa Gertrudes Region, Brazil. In: Proceedings of the 32 International Geological Congress; 2004a; Florence, Italy.

Bonacin Silva AL, Günther WMR. Remediation of contaminated soil/sediments by their removal and reuse as raw material in ceramic industries: the case of Santa Gertrudes, Brazil. In: Proceedings of the 32. International Geological Congress; 2004b; Florence, Italy.

Bonacin Silva AL, Günther WMR. Uso de solo e sedimentos contaminados por resíduos de indústrias cerâmicas como matéria-prima de massas cerâmicas da indústria de revestimentos Resultados parciais. In: Anais do 29. Congresso Brasileiro de Cerâmica; 2005; São Pedro, Brasil.

Bonacin Silva AL, Günther WMR., Alves NP, Noronha MF, Silva WB. Utilização de solo e sedimentos contaminados por resíduos de indústrias cerâmicas como matéria-prima para massas cerâmicas: estudos em Santa Gertrudes, SP. In: Anais do 48. Congresso Brasileiro de Cerâmica; 2004c; Curitiba, Brasil. v.1.

Bonacin Silva AL. Caracterização ambiental e estudo do comportamento do chumbo, zinco e boro em área degradada por indústrias cerâmicas – região dos lagos de Santa Gertrudes, SP [dissertação de mestrado]. São Paulo: Instituto de Geociências da USP; 2001.

Bonacin Silva AL; Hipólito R; Ferreira JA; Oliveira MG. Management of contaminated areas – the case of Fazenda de Itaqui drainage basin, surrounded by glazed ceramics industries in Santa Gertrudes, Brazil: preliminary results. In: Proceedings of the 31. Congress of IAH; 2001; München, Germany. p.1135-1137.(IAH/Balkema Publication, 2).

Bonacin Silva, AL. Estudos de recuperação ambiental de áreas contaminadas por resíduos industriais do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, SP. [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2006.

Bordin IAS, Mari JJ, Caeiro MF. Validação da versão brasileira do “Child Behavior Checklist” (CBCL): inventário de comportamentos da infância e adolescência - dados preliminares. Rev ABP-APAL. 1995;17(2):55-66.

Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, (DF): Senado, 1988.

Brasil. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2008. Dispõe sobre as diretrizes nacionais para o saneamento básico, altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União de 11 jan 2007; retificado no Diário Oficial da União. 11 jan 2007.

Brasil. Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Lei de crimes ambientais. Diário Oficial da União. 13 fev 1998.

- Bringhenti JR, Günther WMR, Zandonade E, Braga FS, Laignier ITR. Application of indicators in planning and managing separate collection of municipal solid waste – case study. In: Book of Abstracts of the World Congress and Exhibition-ISWA 2005; 2005a nov 6-10; Buenos Aires, Argentina. p. 97.
- Bringhenti JR, Günther WMR, Zandonade E, Braga FS. Estabelecimento de indicadores nos processos de coleta seletiva. In: Anais do 11. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental–Silubesa; 2004a; Natal, Brasil. v.1.
- Bringhenti JR, Günther WMR, Zandonade E, Reis JAT, Santos MC. A utilização de indicadores como ferramenta para a gestão de programas de coleta seletiva de resíduos. In: Anais do 24. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2007 set 2-7; Belo Horizonte, Brasil.
- Bringhenti JR, Laignier ITR, Santana RD, Günther WMR, Silva WR, Martins EP. Estabelecimento de indicadores em programas de coleta seletiva. In: Anais do 29. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2004b; San Juan, Puerto Rico. v.1.
- Bringhenti JR, Laignier ITR, Santana RD, Günther WMR, Silva WR, Martins EP. Gestão de programas de coleta seletiva por postos de entrega voluntária no município de Vitória, ES. In: Anais do 29. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2004c; San Juan, Puerto Rico. v.1.
- Bringhenti JR, Laignier ITR, Santana RD, Günther WMR, Silva WR. A participação social em programas de coleta seletiva por postos de entrega voluntária no município de Vitória, ES. In: Anais do 4. Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente – SESMA; 2005b; Vitória, Brasil.
- Bringhenti JR, Lima CR, Baptista FRM, Günther WMR. Estabelecimento de indicadores nos processos de coleta seletiva. In: Anais do 22. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2003a; Joinville, Brasil. v.1.
- Bringhenti JR, Lima CR, Baptista FRM, Günther WMR. Planejamento de programas de coleta seletiva por postos de entrega voluntária. In: Anais do 5. Seminário Estadual de Saneamento e Meio Ambiente; 2003b; Vitória, Brasil. v.1.p.1-13.
- Bringhenti JR, Lima CR, Baptista FRM, Günther WMR. Planejamento de programas de coleta seletiva por postos de entrega voluntária. In: Anais do 22. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2003c; Joinville, Brasil. v.1.
- Bringhenti JR, Lima CR, Zandonade E, Braga FS, Ferreira EZ, Günther WMR. Estabelecimento de indicadores nos processos de coleta seletiva. In: Anais do 5. Seminário Estadual de Saneamento e Meio Ambiente; 2003d; Vitória, Brasil. v.1.p.1-15.
- Bringhenti JR, Zandonade E, Braga FS, Laignier ITR, Günther WMR. A aplicação de indicadores no planejamento e gestão de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos (estudo de caso). In: Anais do 4. Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente – SESMA; 2005c; Vitória, Brasil.
- Butterworth J, Ducrot R, Faysse N, Janakarajan S, editors. Peri-urban water conflicts: supporting dialogue and negotiation. Delft (NLD): IRC International Water and Sanitation Centre, 2007 (Technical Paper Series, 50).

Castro LOA, Günther WMR. Deposições irregulares de resíduos da construção civil no município de Santos, SP, Brasil. In: Anais do 4. Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde; 2004b; Santos, Brasil, 2004a, v.1.

Castro LOA, Günther WMR. Impactos decorrentes de deposições irregulares de resíduos da construção civil no município de Santos, São Paulo, Brasil. In: Anais do 29. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004b. San Juan, Puerto Rico. v.1.

Cecchini, A., Rizzi P. Is urban gaming useful? *Simulation and Gaming* 32, 4, p. 507-521, 2001.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Pesquisa Ciclossoft. [atualizado em abr 2008; acesso em 1 ago 2008]. Disponível em: http://www.cempre.org.br/cempre_informa.php?lnk=ci_2008-0304_negocios.php

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório 2001a [relatório na internet]. [acesso em 5 ago 2008]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>

CETESB – Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório 2005 [relatório na internet]. São Paulo; 2006 [acesso em 28 mai 2008]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>

CETESB – Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório 2006 [relatório na internet]. São Paulo; 2007 [acesso em 28 mai 2008]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>

CETESB – Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas do Estado de São Paulo [relatório na internet]. São Paulo; 2001c [acesso em 14 jun 2008]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo_geral.asp.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Cadastro de áreas contaminadas [atualizado em nov 2005; acesso em 5 ago 2008]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/cadastro.asp

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas [manual na internet]. São Paulo; 2001b [acesso em 11 maio 2008]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp

Clark R. Infectious waste: a survey of handling practices in Lincoln, Nebraska. *J Environ Health*. 1989;51:206-8.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999. Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequados. Brasília (DF): Diário Oficial da União de 22 jul 1999.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 258, de 30 de junho de 1999. Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. Brasília (DF): Diário Oficial da União de 02 dez 1999.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 263, de 12 de novembro de 1999. Inclui no artigo 6º da Resolução CONAMA 257, de 30 de junho de 1999, 0o inciso IV. Brasília (DF): Diário Oficial da União de 22 dez 1999.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília (DF): Diário Oficial da União de 17 jul 2002.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília (DF): Diário Oficial da União de 18 mar 2005.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília (DF): Diário Oficial da União de 04 mai 2005.

Cooper T. Inadequate life? Evidence of consumer attitudes to product obsolescence. *Consum Policy*. 2004;27:421-49.

Costa AMP. Elaboração e avaliação da implantação de um "Modelo Básico" de plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em unidades hospitalares da Região Metropolitana Santista [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2001.

Costa Leite LEHB, Mahler CF, Brito Filho LF, Günther WMR. Avaliação do potencial de receitas derivadas do biogás de aterros. In: Anais do 23. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2005; Campo Grande, Brasil.

CPEHS - Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales: generalidades. Toluca, (MEX); 1985. (ECO-Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1).

Cunha RCA. Avaliação de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas: estudo de caso [tese de doutorado]. São Paulo: Instituto de Geociências da USP; 1997.

Czeresnia D. The concept of health and the difference between promotion and prevention. *Cad Saúde Pública*. 1999; 15 (4): 701-10.

De la Burne B, NcLin S, Choate S. Does asymptomatic lead exposure in children have latent sequelae? *J Pediatr*. 1972; 81: 1088-91.

DENATRAN- Departamento Nacional de Trânsito. Registro nacional de acidentes e estatísticas de trânsito. Anuário RENAEST 2007: jan - dez. Extração em Abr 2008. Dados sujeitos à alterações. Republicado em abr 2008 – Anual [acesso em: 1 ago 2008]. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/renaest/>

- Dias SMF, Günther WMR. Avaliação da educação ambiental no gerenciamento dos resíduos sólidos no Campus da Universidade Estadual de Feira de Santana. *Sitientibus*. 2006; (35): 7-28.
- Dias SMF, Günther WMR. Avaliação de programas de educação ambiental voltados para o gerenciamento do lixo: o caso da UEFS – dados preliminares. In: *Anales del 28. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*; 2002; Cancún (MEX). [CD-ROM] v.1.
- Dias SMF, Günther WMR. Avaliação de projeto de educação ambiental para a coleta seletiva de lixo do município de Mucugê, Bahia: dados preliminares. In: *Anais do 22. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 2003; Joinville, Brasil. v.1.
- Dias SMF, Günther WMR. Comunicação ambiental no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. In: *Anais de 23. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 2005; Campo Grande, Brasil.
- Dias SMF, Günther WMR. Materiais informativos utilizados no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. In: *Anais do 5. Fórum Brasileiro de Educação Ambiental em Goiânia*; 2004; Goiânia, Brasil. v.1.
- Ducrot R, Carvalho Y, Barban V, Jacobi PR, Günther WR. Building capacities to tackle the infrastructural and environmental crisis in São Paulo: Role-playing games for participatory modelling. In: Butterworth J, Ducrot R, Faysee N, Janakarajan S. editors. *Peri-urban water conflicts: supporting dialogue and negociation*. Delft (NLD): IRC International Water and Sanitation Centre (Technical Paper, 50); 2007. p. 77- 112.
- Duke R. D. A personnal perspective on the evolution of gaming. *Simulation and Gaming* 31, 1, p. 79-85, 2000.
- Durán de La Fuente H, compilador. *Gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos: un enfoque de política integral*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y Caribe de las Naciones Unidas-CEPA/Cooperación Técnica Alemana-GTZ; 1997.
- EPA – Environmental Protection Agency. *Cost estimating tools and resources for addressing sites under the brownfields initiative*. Washington (DC): EPA-625-R-99-001; 1999.
- EPA – Environmental Protection Agency. *The solid waste dilemma: an agenda for action*. Washington (DC): 1989.
- EPA – Environmental Protection Agency. *Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States: facts and figures for 2006* [internet]. Washington (DC); 2007 [acesso em 1 ago 2008]. Disponível em: <http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/pubs/msw06.pdf>.
- EPA – Environmental Protection Agency. *Poluttion prevencion 2 – basic information* [atualizado em 10 jan 2008; acesso em 1 ago 2008]. Disponível em: <http://www.epa.gov/p2/pubs/basic.htm>
- FMENCNS - Federal Ministre for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. *Waste situation in Germany: Overview* [atualizado em mar 2006; acesso em 1 ago 2008]. Disponível em: http://www.bmu.de/english/waste_management/doc/3431.php
- Ferreira ABH. *Novo dicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira; 1986.

FIRJAN -Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Guia para coleta seletiva de pilhas e baterias. Rio de Janeiro: FIRJAN; 2000.

Forattini OP. Aspectos epidemiológicos ligados ao lixo. In: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública; Organização Mundial da Saúde, Organização Pan-Americana da Saúde. Lixo e saúde pública, São Paulo: Faculdade de Saúde Pública; 1969. p. 3.1-3.19.

Franco SS, Nardocci AC, Günther WMR. PAH biomarkers for human health risk assessment: a review of the state-of-the-art. *Cad Saúde Pública*. 2008; suppl 4: s 569 – s 589.

Franco SS. Aplicação de biomarcadores à avaliação de risco ambiental em exposições a hidrocarbonetos policíclicos aromáticos [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2006.

FSP-Faculdade de Higiene e Saúde Pública/USP, Organização Pan-Americana da Saúde/OMS. Seminário sobre “O problema do lixo no meio urbano”. São Paulo: Salesianas; 1965.

Furtado A. T. Ecologia e desenvolvimento: os desafios da atual crise mundial. *Ciênc Amb*, 1991; 3:15-29.

Giddens A. Risco, confiança, reflexividade. In: Giddens A, Beck U, Lash S. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo:UNESP; 1997. P.219-54.

Giddens A. Risk society: the context of British politics. In: FRANKLIN, J, editor. *The politics of risk society*. Cambridge: Polity Press; 1998.

Giuliano AD, Günther WMR. Áreas potencialmente contaminadas por fontes industriais desativadas do município de São Bernardo do Campo, SP: dados iniciais para criação de instrumentos de gestão municipal. In: *Anais do 28. Congresso Inter-americano de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 2002; Cancún, México. [CD-ROM]. v.1.

Gouveia JLN, Günther WMR. Emergency situations due to discharge of chemical wastes in the state of São Paulo, Brazil, from 1978 to 2004. In: *Book of Abstracts of the World Congress an Exhibition-ISWA 2005*; Buenos Aires, Argentina. p. 49.

GRI – Gabinete de Relações Internacionais. Deposição de resíduos em aterros [acesso em 5 ago 2008], Disponível em: http://www.gri.maotdr.gov.pt/Website/Legislacao_Topico.aspx?TopicoID.

Günther WMR. Resíduos sólidos e limpeza urbana: perspectivas atuais e futuras. *Revista Limpeza Pública*; 1996; São Paulo, Brasil. 43: 17-9.

Günther WMR. Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos industriais contendo metais pesados: estudo de caso [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 1998.

Günther WMR. Área contaminada por disposição inadequada de resíduos industriais de galvanoplastia. In: *Anais do 20. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 1999; Rio de Janeiro, Brasil. v.1. [CD-ROM].

Günther WMR. Saúde ambiental comprometida pelos resíduos sólidos. In: *Anais do Seminário sobre Resíduos Sólidos*; 1999; São Paulo. v.1.

Günther WMR. Saneamiento ambiental y promoción de la salud en pequeñas comunidades rurales del estado de São Paulo, Brasil. In: Anales de la 17. Conférence Mondiale de Promotion de la Santé et D'Éducation pour la Santé; 2001; Paris. France. v.1. p. 110.

Günther WMR. Áreas contaminadas por resíduos industriais perigosos e usos posteriores à desinstalação industrial: algumas questões de saúde pública. In: Anais do 28. Congresso Inter-americano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2002; Cancún, México. v.1. [CD-ROM].

Günther WMR. Poluição do solo. In: Alves AC, Philippi Jr A., Bruna GC, Romero MA, Pelicioni MCP, Mancuso PCS. Educação ambiental e sustentabilidade. São Paulo: Manole; 2003. p. 195-215.

Günther WMR. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. São Paulo Perspect. 2006; 20:105-17.

Günther WMR, Araujo JM. Educação ambiental: abordagem institucional para a gestão ambiental. In: Anais do 26. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 1998; Lima, Peru. [CD-ROM].

Günther WMR, Araújo JM, Araújo M, Andrade VLR.. A educação ambiental na empresa: contribuições de uma abordagem institucional para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável. In: Anais do Seminário Ciência e Desenvolvimento Sustentável da Universidade de São Paulo; 1997; São Paulo, Brasil. v.1. p. 190-3.

Günther WMR, Ribeiro H. Saneamento ambiental e promoção da saúde a partir da educação ambiental em pequenas comunidades do estado de São Paulo. In: Anais do 27. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000; Porto Alegre, Brasil. [CD-ROM.] p. 1-8.

Günther WMR, Bonacin Silva AL. Uso de solo e sedimentos contaminados por resíduos de indústrias cerâmicas como matéria-prima para massas cerâmicas para a indústria de revestimentos - metodologia aplicada ao caso de Santa Gertrudes, SP. In: Anales del 29. Congreso International de Ingenieria sanitária y Ambiental; 2004; San Juan., Puerto Rico. v. 1.

Günther WMR, Grimberg E. Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en América Latina y Caribe. São Paulo: AIDIS/IDRC; 2006.

Günther WMR, Ribeiro H, Jacobi PR, Besen GR, Demajorovic J. Programas de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores: indicadores de sustentabilidade. In: Anais da RESILIMP 2006 – Seminário Internacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública e ISWA Beacon Conference; 2006a mai 9-12; São Paulo; Brasil.

Günther WMR, Ribeiro H, Jacobi PR, Besen GR, Demajorovic J, Viveiros MV. Sustentabilidade de programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores. In: Anais do 30. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006b. Punta Del Este, Uruguai. v.1.

Günther WMR, Razzolini MTP, Cardoso MRA. Condições de saneamento e saúde em assentamentos periurbanos, município de Suzano, São Paulo, Brasil. In: Anales de la Conference Latinoamericana de Saneamiento-LATINOSAN 2007, Santiago de Cali, Colômbia. v.1.

- Günther WMR, Souza LK. A minimização do passivo ambiental e os princípios do direito para a tutela do meio ambiente. In: Anais do 29. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2004; San Juan, Puerto Rico. v.1.
- Günther WMR, Wiebeck H, Piva AM. Reciclagem de plástico: necessidade de maior incentivo. *Revista Limpeza Pública*. 1999; (51): 20-4.
- Günther WMR, Wiebeck H, Piva, AM. Reciclagem de plástico: necessidades de maior incentivo. In: Anais do 26. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 1998; Lima, Peru. [CD-ROM].
- Handy RD, Galloway TS, Depledge MH. A proposal for the use of biomarkers for the assessment of chronic pollution and in regulatory toxicology. *Ecotoxicology*. 2003; 12 (1-4):331-43.
- Hannigan JA. Constructing environmental risks. *Environmental sociology: a social constructionist perspective*. Londres: Routledge; 1995. p. 92-127.
- Hansen H, De Rosa CT, Pohl H, Fay M, Mumtaz MM. Public health challenges posed by chemical mixtures. *Environmental Health Perspectives*; 1998; Dec; 106 (Suppl 6):1271-80.
- Hilty, L. M. Electronic waste - an emerging risk ? • Editorial, *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 25, n. 5, 2005, P. 431-435, Elsevier.
- Hu H, Rabinowitz M, Smith D. Bone lead as a biological marker in epidemiologic studies of chronic toxicity: conceptual paradigms. *Environ Health Perspect*. 1998; 106 (1): 1-8.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico-PNSB 2000. Rio de Janeiro; 2002.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios. Rio de Janeiro; 2001.
- IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: Páginas e Letras, 2000.
- Jacobi P, Besen GR, Demajorovic J, Ribeiro H, Günther WMR. Programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores na região metropolitana de São Paulo – sustentabilidade socioeconômica, sanitária e ambiental. In: Anais do 3. Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade; 2006; Brasília, Brasil.
- Jang JW, Yoo TS, Oh JH, Iwasaki I. Discarded tire recycling practices in the United States, Japan and Korea. *Resour Conserv Recycling*;1998; 22(1-2): 1-14.
- John VM, Agopyan V. Reciclagem de resíduos da construção civil. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil; 2001.
- John VM, Ângulo SC, Miranda LFR, Agopyan V, Vasconcelos F. Strategies for innovation in construction and demolition waste management in Brazil. Escola Politécnica da USP, São Paulo: Departamento de Engenharia Civil; 2003.
- Kang H, Schoenung JM. Electronic waste recycling: a review of US infrastructure and technology options. *Resour Conserv and Recycling*; 2005; 45(4) p: 1-33.

- Kotoc D. Development of children with elevated blood levels: a controlled study. *J Pediatr.* 1972;80:57-61.
- Kuhn TS. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva; 1978.
- Lamanna SR, Günther WMR. Compostagem caseira como instrumento de educação ambiental e redução de resíduos sólidos urbanos em Campos do Jordão, São Paulo. In: Anais do 2º Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos, 2007, Viña del Mar, Chile. v.1.
- Landrigan PJ, Whitworth RH, Baloh RW, Staehling NW, Barthel WF, Rosenblum BF. Neuropsychological dysfunction in children with low-level lead absorption. *Lancet.* 1975; 1: 708-12.
- Lanphear BP, Dietrich K, Auinger P, Cox C. Cognitive deficits associated with blood lead concentrations <10 µg/dL in US children and adolescents. *Public Health Rep;* 2000; 115:521-9.
- Lansdown RG, Shepherd J, Clayton BE, Delves HT, Graham PJ, Turner WC. Blood lead levels, behavior and intelligence. A population study. *Lancet.* 1974; 1:538-41.
- Lazanha LKS. Subsídios jurídico-sociais para formulação de políticas públicas: revitalização de áreas degradadas por contaminação no Estado de São Paulo [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2005.
- Lee CH et al. An overview of recycling and treatment of scrap computers. *Journal of Hazardous Materials;* 2004; 114 (1-3): 93-100.
- Leff E. Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez; 2001.
- Lincoln JD et al. Leaching assessments of hazardous materials in cellular telephones. *Environ. Sci. Technol;* 2007; 41(7): 2572-2578.
- Loeber R, Stouthammer-Loeber M, Von Kammen W, Farrington D. Development of a new measure of self-reported antisocial behavior for young children: prevalence and reliability. In: Klein MW ed. Cross national research in self-reported crime and delinquency. Dordrecht, NDL: Kluwer Academic Publishers; 1989; p. 203-25.
- Maganha MFB, Komatsu CE. Pneus como Alternativa Energética. In: Anais do 5. Congresso Brasileiro de Cimento (CBC); 1999; nov 8-12, São Paulo, SP.
- Mahler CF, Ferreira MA, Günther WMR. Characteristics of Brazilian landfill leachates and variation climatics. In: Proceedings of the International Conference on Energy, Environmental and Disasters-INCEED 2005a; Charlotte, United States.
- Mahler CF, Ferreira MAS, Günther WMR. Landfill leachate monitoring: a case study. In: Proceedings of the 20. International Conference on Solid Waste Technology and Management; 2005b; Philadelphia, United States [CD-ROM]. p. 287-96.
- Mahler CF, Ferreira MA, Günther WMR. Studies of landfill leachate in Brazil. In: Proceedings of the 10. Saridinia2005 International Waste Management and Landfill Symposium; 2005c; Cagliari, Italy.
- Matsuto T, Jung CH, Tanaka N. Material and heavy metal balance in a recycling facility for home electrical appliances. *Waste Management;* 2004; 24 (5): 425-436.

- Minayo MCS. A violência social sob a perspectiva da saúde pública. *Cad Saúde Pública*. 1994; 10: 7-18.
- Morais C, Günther WMR. Retortagem de pneus: uma alternativa para reciclagem de pneus usados. In: *Anais do 5. Simpósio de Gerenciamento Ambiental na Indústria & NISAM'2002 – Ciclo de Conferências sobre Política e Gestão Ambiental*; 2002b; São Paulo, Brasil. v.1.
- Morais CMP, Günther WMR. A relação dos pneus inservíveis com o ressurgimento do dengue. In: *Anais do 1. Congresso Interamericano de Saúde Ambiental*; 2004a. Porto Alegre, Brasil. v.1.
- Morais CMP, Günther WMR. Co-processamento de pneus como alternativa sustentável. *Saneam Ambient*. 2003a; (99): 50-52
- Morais CMP, Günther WMR. Co-processamento de pneus como alternativa sustentável. In: *Anais do 22, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 2003b; Joinville, Brasil. v.1.p. 50-2.
- Morais CMP, Günther WMR. Co-processamento em fornos de clínquer como alternativa de uso de pneus inservíveis. In: *Anais do Workshop*; 2004b; Belo Horizonte, Brasil. v.1. p. 10-10.
- Morais CMP, Günther WMR. Descarte de pneus inservíveis: um problema na Grande São Paulo. In: *Anais do 28. Congresso Inter-americano de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 2002a; Cancún, México. [CD-ROM]. v.1.
- Morais CMP, Günther WMR. Pneus inservíveis: um panorama da problemática e formas de utilização desse resíduo no Brasil. In: *Anais do 29. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2004c. San Juan, Puerto Rico. v.1.
- Morais CMP, Günther WMR. Tecnologias utilizadas para a reciclagem de pneus inservíveis. In: *Anais do 1. Fórum das Universidades Públicas Paulistas - Ciência e Tecnologia em Resíduos*; 2003c. São Pedro, Brasil. v.1.
- Morais CMP. Reciclagem de pneus: viabilidade de aplicação de alternativas para utilização de pneus usados em grande escala [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2002.
- Morin E. O Problema Epistemológico da Complexidade. Lisboa: Publicações Europa-América; 1983.
- MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. Classificação brasileira de ocupações – CBO 2002 [acesso em 1 ago 2008]. Disponível em: <http://www.mtecbo.gov.br/informacao.asp>
- Naber T. Infectious wastes: the question remain. *Waste Age*. May 1989: 89-94.
- Needleman HL, Bellinger D. The health effects of low level exposure to lead. *Annu Rev Public Health*. 1991;12:111-40.
- Needleman HL, Gatsonis C. Low level lead exposure and the IQ of children. A meta-analysis of modern studies. *JAMA*. 1990;263:673-8.

OMS - Organização Mundial da Saúde. Internacional programme on chemical safety (IPCS). Biomarkers and risk assessment: validity and validation. Genebra; 2001. [Environmental Health Criteria, 222].

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde. Representação no Brasil. Guia para o manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimentos de saúde. Brasília (DF): 1997

OPAS – Organización Panamericana de la Salud. Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales em América Latina y el Caribe. Washington, D.C.: 2005.

Paiva LGD, Günther WMR. Alternativas institucionais para disposição final compartilhada de resíduos sólidos urbanos. In: Anais do 28º Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002; Cancún, México. [CD-ROM]. v.1.

Paiva LGD, Günther WMR. Alternativas Institucionais para disposição final compartilhada de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Revista Limpeza Pública. 2003 a; (60): 27-30.

Paiva LGD, Günther WMR. Alternativas institucionais para disposição final compartilhada e RSU no Brasil. In: Anais do Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Urbana-SENALIMP; 2003 b; São Paulo, Brasil. v.1.p.1-13.

Parlamento Europeu. Conselho da União Européia. Directiva n.º 1999/31/CE, de 26 de Abril de 1999. Relativa à deposição de resíduos em aterro. L181/1. Jornal Oficial da União Européia de 16 de julho de 1999. [acesso em 18 abr 2008]. Disponível em: eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:284:0001:0053:PT:PDF

Parlamento Europeu. Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Janeiro de 2003: Relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE), In: Jornal Oficial da União Europeia de 13 de fevereiro de 2003.

Penido Monteiro JH. Manual de gestión de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y Caribe. Tradución de Hérnan Baeza. Rio de Janeiro: IBAM; 2006.

Pereira Netto AD, Barreto RP, Moreira JC, Arbilla G. PAHs in diurnal and nocturnal samples of total suspended particulate in a highly trafficked area of Rio de Janeiro City, Brazil. Bull Environ Contam Toxicol; 2005; 75: 1004-11.

Pereira Netto AD, Krauss TM, Cunha IF, Rego ECP. Polycyclic aromatic hydrocarbons levels in street dust in the central area of Niterói City, RJ, Brazil. Water Air Soil Pollut. 2006; 176: 57-67.

Perino J, Ernhart CB. The relation of subclinical lead level to cognitive and sensorimotor impairment in black preschoolers. J Learn Disabil; 1974;7:26-30.

Pheby D, Grey M, Guist L, Saffron L, Project Team. Waste management and public health: the state of the evidence: a review of the epidemiological research on the impact of waste management activities on health. Bristol (UK): South West Public Health Observatory; 2002.

Pinto TP, González JLR Manual de manejo e gestão de resíduos da construção civil. V.1. Brasília: CAIXA, 2005.

Pinto TP. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana [tese de doutorado]. São Paulo: Escola Politécnica da USP; 1999.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Objetivos do Desenvolvimento do Milênio apregoados pelo PNUD, 2005. disponível em: www.pnud.org.br/odm/. Acesso em 01 ago 2008.

Pocock SJ, Smith M, Baghurst P. Environmental lead and children's intelligence: a systematic review of the epidemiological evidence. *BMJ*. 1994;309:1189-97.

Reidler NMVL, Günther WMR. Gerenciamento de resíduos constituídos por pilhas e baterias usadas. In: Anais do 27. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000; Porto Alegre, Brasil. [CD-ROM]. v.1. p.1-6.

Reidler NMVL, Günther WMR. Impactos ambientais e sanitários causados por descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. *Rev Limpeza Pública*. 2003; (60): 20-26.

Reidler NMVL, Günther WMR. Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas. In: Anales del 28. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002a, Cancún, México. [CD-ROM]. v.1.

Reidler NMVL, Günther WMR. Percepção da população sobre os riscos do descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. In: Anales del 28. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002b, Cancún, México. [CD-ROM]. v.1.

Ribeiro H, Besen GR, Günther WMR, Jacobi P, Demajorovic J. Recycling programs in partner with scavenger associations as a sustainability factor in Metropolitan São Paulo, Brasil. In: Mander Ü, Brebia CA, Tiezzi E, (organizadores). *The sustainable City IV. Urban regeneration and sustainability*. Boston: WIT Press; 2006b. p. 409-18.

Ribeiro H, Günther WMR, Araujo JM. Avaliação qualitativa e participativa de projetos: uma experiência a partir de pesquisa em educação ambiental e saneamento do meio. *Rev Saúde Soc*. 2002; 11(2): 107-28.

Ribeiro H, Günther WMR. A integração entre a educação ambiental e o saneamento ambiental como estratégia para a promoção da saúde e do meio ambiente sustentado. In: Anais do 1. Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública; 2002; Recife, Brasil. Brasília (DF): FUNASA; 2002. v.1, p. 10-18.

Ribeiro H, Günther WMR. A integração entre a educação ambiental e o saneamento ambiental como estratégia para a promoção da saúde e do meio ambiente sustentado. *Biblioteca Virtual de Saúde Pública*, 2003b.

Ribeiro H, Günther WMR. Grupos comunitários e instituições como atores e educação ambiental como instrumento do desenvolvimento sócio-ambiental sustentado. In: Krasilchic M, Pontuscka NN, Ribeiro H (organizadores) *Pesquisa ambiental: construção de um processo participativo de educação e mudança*. São Paulo: EDUSP; 2006. p. 181-212.

Ribeiro H, Günther WMR. Programas municipais de coleta seletiva de lixo como fator de sustentabilidade dos sistemas públicos de saneamento ambiental na região metropolitana de São Paulo. In: Anais do 3. Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública; 2006 mar 26-31; Fortaleza, Brasil. p. 123-29.

Ribeiro H, Günther WMR. Saúde e meio ambiente em pequenas comunidades: um estudo de caso no Estado de São Paulo, Brasil. In: Anais do 6. Congresso Paulista de Saúde Pública; 1999a; Águas de Lindóia, Brasil. v.1. p. 54-5.

- Ribeiro H, Günther WMR. The environment and health small towns suffering from the impact of the global ecological, economic and social crisis: A case study in the State of São Paulo, Brazil. In: Proceedings of the Conference Nature, Society and History; 1999b; Wien (AUT). V1, p.14
- Ribeiro H, Günther WMR. Urbanização, modelo de desenvolvimento e a problemática dos resíduos sólidos urbanos. In: Ribeiro WC (organizadores). Patrimônio ambiental brasileiro. São Paulo: EDUSP; 2003a, p.469-89.
- Ribeiro, H. ; Besen, Rizpah G; Günther, WMR ; Jacobi, PR ; Demajorovic, J. Recycling programs in partnership with scavenger associations as a sustainability factor in Metropolitan São Paulo. In: Mander, U; Brebbia, C A, editors. The Sustainable City IV. Wessex, UK. Wessex Institute of Tecnology; 2006a. v. p. 409-418.
- Risso WM. Aspectos relacionados à saúde ligados a resíduos sólidos. In: Anais do 1. Simpósio Latino-Americano de Resíduos Sólidos; 1993a; São Paulo, Brasil. v.1. p.16.
- Risso WM. Consequência da existência de lixão em relação à saúde pública. In: Anais do Seminário Aterro Sanitário versus Lixão: problemas e soluções; 1994; São Paulo, Brasil. v.1. p.7-21.
- Risso WM. Estudo sobre o potencial risco ambiental decorrente da implantação de usinas de compostagem e incineração de lixo no Município de São Paulo. In: Encontro de Docentes e Pesquisadores da USP sobre Meio Ambiente, 1988a, São Paulo. v.1. p.112-3.
- Risso WM. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: A caracterização como instrumento básico para abordagem do problema [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 1993b.
- Risso WM. Ministério Público de Estado de São Paulo. Processo 606/86, 1ª Vara da Fazenda Municipal. Laudo Técnico Pericial para a Ação Civil Pública Ambiental, requerida pelo Ministério Público do Estado de São Paulo contra a Prefeitura Municipal de São Paulo, referente à instalação de duas Usinas de Incineração e duas Usinas de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos no município de São Paulo, 1988b. 130 p.
- Salomão IS, Günther WMR, Trevizan SDP. Segregação de resíduos sólidos em centros cirúrgicos. Brasília. Anais do 7º Congresso Brasileiro de Saúde Pública, 2003, Brasília (DF) v.1.
- Salomão IS, Trevisan SD, Günther WMR. Segregação de resíduos sólidos em centros cirúrgicos. Rev Control Hosp. 2003;1:24-7.
- Salomão IS, Trevizan SDP, Günther WMR. Segregação de resíduos de serviços de saúde em centros cirúrgicos. Rev Eng Sanitária Ambient. 2004; 9(2):108-11.
- Salomão IS, Trevizan SDP, Günther WMR. Segregação de resíduos de serviços de saúde em centros cirúrgicos. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2005 set; Campo Grande, Brasil.
- Salomão IS. Gerenciamento interno de resíduos sólidos de centros cirúrgicos [dissertação de mestrado]. Bahia: Universidade Estadual de Santa Cruz; 2003.
- Sanchez LH. Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos imobiliários. São Paulo: EDUSP; 2001.

- Schneider DM, Philippi Jr A. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. *Ambiente Construído*; Porto Alegre; 2004. 4(4):21-32.
- Schwartz J. Beyond LOEL's, p values and vote counting: methods for looking at the shapes and strengths of associations. *Neurotoxicology*. 1993;14:237-46.
- SECO - State Secretariat for Economic Affairs. Eletronic waste guide, valuable materials in e-waste. Disponível em: <http://www.ewaste.ch/facts_and_figures/valuable_materials/>. Acesso em: 04 de janeiro de 2006.
- Shapiro IM, Needleman HL, Tuncay OC. The lead content of human deciduous and permanent teeth. *Environ Res* 1972; 5: 467-70.
- Silva AC. A importância dos fatores ambientais na reutilização de imóveis industriais em São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: 2002.
- Silva ALB. Estudos de recuperação ambiental de áreas contaminadas por resíduos industriais do pólo cerâmico de Santa Gertrudes [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2006.
- Tchobanoglous G, Kreith F. Handbook of solid waste management. 2º ed. New York: MacGraw-Hill; 2002.
- Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. New York: MacGraw-Hill; 1993.
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. Clean Development Mechanism Statistics [banco de dados na internet]. Alemanha [acesso em 4 ago 2008]. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html>
- UNFPA – United Nations Population Fund. State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth. New York: UNFPA; 2007.
- United Nations. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1998. [acesso em 18 abr 2008]. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>
- USEPA – U. S. Environmental Protection Agency. Electronics: a new opportunity for waste prevention, reuse, and recycling. Washington, 2002. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epr>>. Acesso em: 10 de julho de 2005.
- Valença MZ. Resíduos da construção civil: o papel das empresas de coleta e transporte de entulho de obras para uma gestão integrada e sustentável na cidade do Recife, a partir da Resolução CONAMA 307/2002 [dissertação de mestrado]. Recife: Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFP; 2008.
- Valentim LSO. Requalificação urbana em áreas de risco à saúde devido à contaminação do solo por substâncias perigosas: um estudo de caso na cidade de São Paulo. [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP; 2005.
- Valentim LSO. Requalificação urbana, contaminação do solo e riscos à saúde: um caso na cidade de São Paulo. São Paulo: Annablume FAPESP; 2007.

- Van der Oost R, Beyer J, Vermeulen NPE. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2003;13:57-149.
- Vidal R., Galhardo A., Ferrer, J. Integrated analyses for pré-sorting and waste collection schemes implemented in Spanish cities. *Waste Management & Research: Journal of the International Solid Wastes Association*; 19 (5): 380-90, Oct.2001.
- VIGISOLO-Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solos Contaminados. Programa Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado. Brasília, DF; 2006. Disponível em <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/programa_vigisolo.pdf> Acesso em 01.abril de 2008.
- Vilela Jr A, Demajorovic J. Modelos e ferramentas de gestão ambiental. São Paulo: SENAC; 2001.
- WHO – World Health Organization, International Program on Chemical Safety (IPCS). Biomarkers and risk assessment: validity and validation. Geneva; 2001. [Environmental Health Criteria, 222].
- Wiaux JP. The sorting-out of spent batteries: from pilot scale to industrial applications. Deerfield Beach, Fl (USA): Wolsky and BDT Inc. Editors, 1991.
- Widmer R. et al. Global perspectives on e-waste, *Environmental Impact Assessment Review*, Vol.25, n. 5, 2005, p. 436-458 Elsevier.
- Wiebeck H, Angeletakis AR, Piva AM, Risso WM, Schwarz LB, Soares MA. Dificuldades na reciclagem do plástico de resíduos sólidos urbanos dos lixões. In: Anais do 3. Congresso Brasileiro de Polímeros; 1995a; Rio de Janeiro, Brasil. v.1. p.1183-6.
- Wiebeck H, Angeletakis AR, Piva AM, Risso WM, Schwarz LB, Soares MA. Difficulties in the plastics recycling of urban solid waste. In: Anais do 4. Simpósio Nipo-Brasileiro de Ciência e Tecnologia; 1995b; Campos de Jordão, Brasil. v.1. p.264-7.
- World Bank. Energy Sector Management Assistance Programme. Handbook for the preparation of landfill gas to energy projects in Latin América and the Caribbean. Preparad by Conestoga-Rovers & Associates for the World Bank, 2002.