

EDITORIAL

A Companhia de Saneamento do Paraná apresenta mais uma edição da **Sanare – Revista Técnica da Sanepar**. Nossa matéria de capa traz a Avaliação do sistema reator Ralf e flotação por ar dissolvido no tratamento de esgoto sanitário. O pós-tratamento dos efluentes está sendo estudado em instalação piloto e em escala real. Nesta edição apresenta-se os resultados do monitoramento na Estação de Tratamento de Esgoto Cambuí, construída em Campo Largo, município da Região Metropolitana de Curitiba e da instalação piloto na ETE Ronda (Ponta Grossa-PR), que opera com efluente anaeróbio.

Entre os outros temas abordados está o Modelo de Gestão da Sanepar, que impôs mudanças de cultura e flexibilização para ampliação de fronteira no setor de saneamento básico do Brasil. Nesta edição é apresentada a fundamentação teórica que subsidiou a estruturação do modelo implantado em 1998. Na próxima, serão publicados o modelo teórico-conceitual do Sistema de Gestão da Sanepar (SGS) e os resultados obtidos pela Empresa desde a adoção do Modelo de Gestão por Unidades de Negócios.

O Prosanear, modalidade de financiamento gerenciado pela Caixa Econômica Federal, beneficiou a periferia de Curitiba e atingiu plenamente o objetivo de, além da implantação do sistema de esgotamento sanitário, promover o desenvolvimento comunitário, educação ambiental e exercício de cidadania por meio de ações de caráter social. O Prosanear São Domingos e Adjacências consagrou-se como modelo de saneamento integrado, referencial para outros Programas, cidades e países.

Ainda não são conhecidos todos os efeitos do cloro como desinfetante e a presença de trihalometanos na água tratada. A Sanepar se propôs a discutir o assunto e publica dois trabalhos sobre o tema, que ainda requer mais pesquisas. Em Os trihalometanos na água de consumo humano é discutido o uso de alternativas à cloração. Em outro trabalho é apresentado o resultado da pesquisa que avaliou o processo de desinfecção em uma indústria de alimentação.

Os resíduos sólidos, coleta e disposição final continuam sendo um grande desafio para os setores de saneamento básico e de saúde pública. São apresentados os resultados da avaliação qualitativa e quantitativa dos resíduos produzidos na Estação de Tratamento de Água Cafezal, em Londrina - PR; e uma análise da coleta dos resíduos sólidos domiciliares de Ivaiporã – PR.

Em continuidade às pesquisas sobre o lodo proveniente do tratamento do esgoto doméstico são apresentados os trabalhos Avaliações de propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Eutroférico tratado como lodo de esgoto por

dois anos consecutivos e Viabilidade de ovos de helmintos em lodo de esgoto tratado termicamente em leitos de secagem.

CONSULTORIA, INTERCÂMBIO E PESQUISA NA SANEPAR

O Grupo Específico de Consultoria, Intercâmbio e Pesquisa (Gecip), é responsável pela gestão do desenvolvimento, divulgação, transferência e internalização das novas tecnologias e serviços desenvolvidos pela Sanepar, buscando a agregação de valor aos produtos da Empresa.

Projetos em andamento no âmbito do Gecip:

Delegação da Guatemala

Delegação procedente da Guatemala visitou a Sanepar para conhecer o projeto que a Companhia desenvolve na área de micromedicação. Os visitantes foram recebidos pelo Gecip e USMV. A delegação era composta por diretores e técnicos de empresas municipais daquele país e também por representantes da Arad, empresa fabricante de hidrômetros.

Este material deverá embasar uma política homogênea para toda a Empresa, garantindo a integridade das redes e a eficiência das estações de tratamento. Após a definição dos critérios técnicos, serão iniciados os estudos para a política tarifária a ser aplicada para este tipo de serviço.

Evento sobre esgotos industriais

Relatório elaborado em conjunto com consultores contratados foi apresentado e discutido entre os profissionais da Sanepar. O objetivo do trabalho é definir os critérios técnicos de recebimento de esgotos não-domésticos nas redes da coletoras de esgotos.

Inicialmente foram avaliadas as políticas praticadas em outros estados e países e, com base na experiência internacional, foram definidos os padrões de qualidade de esgoto não-doméstico a serem exigidos, adaptados às condições paranaenses.

Projeto Iraí

Um amplo estudo de caráter interdisciplinar e multiinstitucional sobre o novo manancial abastecedor de Curitiba, o lago Iraí, está em andamento desde o início de 2002. O projeto é financiado a fundo perdido pela Finep, com recursos do Fundo Setorial de Recurso Hídricos. Desse trabalho participam a Universidade Federal do Paraná (UFPR); a Fundação Universidade Federal do Paraná (Funpar); a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR); e o Museu de História Natural Capão da Imbuia (MHNCI).

O objetivo desse trabalho é oferecer respostas para os problemas de eutrofização detectados no lago Iraí. O lago foi formado entre 2000 e 2001.

Gestão de Mananciais

Teve início a nova etapa do Plano Integrado de Gerenciamento de Mananciais que prevê reuniões entre a Sanepar e entidades de âmbito regional. O projeto busca o desenvolvimento de ferramentas capazes de garantir a manutenção da qualidade da água tais como: plano de gestão e manejo para mananciais de abastecimento público; critérios para planejamento de uso e ocupação do solo urbano em áreas de mananciais; instrumentos de valoração dos custos de degradação dos mananciais que orientem os projetos de recuperação e/ou conservação de mananciais; e ainda a definição de alternativas de desenvolvimento econômico compatíveis com as áreas de mananciais.

Esse projeto é financiado pela Finep, coordenado pela PUC-PR, e executado em parceria com a PUC-PR, UFPR, IAP, Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais (Deser) e Sanepar.

Cinco bacias foram eleitas para desenvolvimento do projeto no âmbito da Sanepar: Rio Tamanduá (Foz do Iguaçu, S. Terezinha e Itaipu); Rio Itaqui (Campo Largo e Balsa Nova); Rio do Campo (Campo Mourão); Rio das Pedras (Guarapuava) e Rio Pirapó (Maringá, Iguaçu, Sarandi, Astorga, Sabáudia, Marialva, Mandaguari, Jandaia do Sul, Apucarana e Cambira).

Evento Amanco

A Amanco, fabricante de tubos e conexões de PVC, patrocinou evento em Curitiba sobre tecnologia de tubulações plásticas. Especialistas holandeses trouxeram informações sobre o estado da arte na fabricação e utilização de tubulações plásticas na Europa. Esse tipo de evento responde à estratégia de desenvolvimento tecnológico de ambas as empresas - Sanepar e Amanco, baseada no conceito de aperfeiçoamento de processos ao nível da cadeia

cliente-fornecedor. Para tanto, o intercâmbio de informações tecnológicas é fundamental.

MODELO DE GESTÃO DA SANEPAR TEORIA E CONCEITO

Abel Correa de Oliveira

Bruno Henrique Rocha Fernandes

Resumo

Este trabalho apresenta um modelo teórico-conceitual estruturado em rede que acompanha tendências, evolução e características das organizações.

É apresentado o caso da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), empresa estatal com participação privada, responsável pelo saneamento básico de 342 dos 399 municípios paranaenses.

A Companhia desenvolveu um modelo organizacional que impôs mudanças de cultura e flexibilização para ampliação de fronteira no setor de saneamento brasileiro.

Palavras-chave: valor, governança, interpelação, mercado

Abstract

This paper presents a network theoretical-conceptual model which shows trends, the evolution and features of organizations. It is related to Sanepar, the Sanitation Company of Paraná, the state company with private investment that is responsible for the basic sanitation of 342 of the state's 399 municipalities.

Sanepar has developed an organizational model that resulted both in changes in the company's culture and in making it more flexible in terms of expansion in the Brazilian sanitation sector.

Key words: value, corporate governance, questioning, market

Introdução

A dinâmica de desenvolvimento das organizações no último século deu-se, fundamentalmente, por meio de diversificação. Trata-se de um fenômeno mundial; que permitiu o surgimento de grandes grupos a partir da entrada em outros mercados distintos de sua área de atuação original.

A lógica subjacente à diversificação é relativamente simples. Um empreendedor monta um negócio; obtendo sucesso na empreitada, com excesso de caixa e visão de oportunidade, logo se põe a procurar outros mercados para entrar. Neste processo de identificação e entrada em novos mercados, de caráter muitas vezes emergente (MINTZBERG, 1985) foram se constituindo, no Brasil e no mundo, verdadeiros impérios empresariais. Assim surgiram grupos internacionais como General Eletric, com negócios na área de entretenimento (NBC), mercado financeiro (GE Capital), locomotivas (GE Locomotives), instrumentos, químicos e plásticos, leasing de aeronaves e outros. No Brasil, o modelo se repetiu em grupos como Votorantim, atuando em setores como alumínio (CBA), metais (Mineira de Metais), cimento (Cimentos Portland), química (Nitro Química), papel e celulose, banco, energia, entre outros. Percebe-se que a expansão nem sempre se dava para negócios correlacionados.

Ressaltam-se alguns pressupostos que sustentaram o modelo de crescimento baseado na diversificação. Primeiro, a simplicidade da economia. Diante da carência de produtos e serviços em diversos setores, qualquer produto que se introduzisse, a preço acessível, teria boa probabilidade de êxito. No Brasil, o crescimento sustentou-se até o início da década de 80 no chamado processo de substituição de importações, tendo-se em vista a economia introvertida. Um segundo pressuposto era a lógica subjacente que comandava as relações empresariais: economia de mercado e poder de barganha nas negociações. Um dos modelos de estratégia empresarial mais utilizados para análise industrial durante a década de 80 foi o modelo das cinco forças, de PORTER (1986). Sob tal enfoque, as relações empresariais são entendidas como relações do estilo ganha-perde: o comprador, por exemplo, através de seu poder de barganha, procura aumentar suas margens pressionando e reduzindo as margens das empresas do setor fornecedor.¹

Conseqüência da análise das cinco forças são estratégias de integração vertical para frente, ou para trás, como alternativas de se contrabalançar relações de poder desiguais entre fornecedores e compradores. O resultado é o aumento no grau de diversificação do negócio.

A partir da década de 90, com o advento das novas tecnologias de informação e telecomunicações, o crescimento exponencial do comércio entre os países, a formação de blocos de livre comércio – conjunto de transformações agrupadas sob o nome de globalização – há incremento da concorrência entre empresas. A busca da eficiência e inovação torna-se imperativa. Empresas internacionais passam a invadir o domínio de empresas de atuação regional. Estas, por sua vez, são forçadas a adotar padrões de preço, qualidade e atendimento próprios de concorrentes internacionais, sob o risco de sucumbirem às novas condições. No Brasil, em particular, o impacto da globalização foi potencializado a partir da implantação do Plano Real, em maio de 1994, que conferiu estabilidade e maior transparência às relações econômicas no país. Não é coincidência que a partir daí tenha crescido consideravelmente o número de aquisições de empresas locais por concorrentes internacionais.

Vários conglomerados empresariais foram atropelados pela mudança de rumos. Alguns ficaram pelo caminho; outros sobreviveram, graças a um processo muitas vezes doloroso de adaptação e ajuste em suas estratégias de atuação. Neste contexto é que se tornou forte o discurso da mudança organizacional, nos vários matizes que assumiu: reengenharia, downsizing, terceirização, parcerias e alianças estratégicas, entre outros.

De forma geral, tais mudanças visavam um ajuste das empresas em termos de eficiência e produtividade, a fim de adaptá-las a padrões internacionais. Buscou-se, na maioria dos casos, proceder uma análise profunda da estrutura de custos das empresas, a fim de eliminar o desnecessário e focar as operações apenas naquilo que agregasse valor – os chamados core business. Foi neste contexto que surgiram e começaram a se desenvolver as redes intra e interorganizacionais, e noções como cadeia de valor, que apresenta forte poder explicativo sobre as mudanças empresariais.

1 Não se pretende dizer que o modelo das cinco forças tenha ditado a estruturação industrial. em parte, isto pode ter ocorrido. No entanto, o mais provável é que o modelo tenha sido concebido a partir de práticas já existentes entre indústrias estabelecidas

Cadeia de valor - constelação de valor e redes organizacionais

A noção de cadeia de valor pode ser utilizada como metodologia de análise e ferramenta para implantação de mudanças organizacionais. Na prática, poucas vezes foi utilizada sistematicamente como ferramenta de mudança durante o período de grandes mudanças organizacionais nas décadas de 80 e 90. No entanto, oferece um referencial teórico interessante para investigar a transformação industrial neste período. Por trás de muitas mudanças organizacionais, não é difícil captar uma lógica de fundo visando diminuir custos

que não aumentam o valor agregado para produtos e serviços entregues ao clientes.

Cadeia de valor é a seqüência de etapas que, partindo dos insumos, vai agregando valor até chegar ao produto ou serviço final. NORMANN e RAMIREZ (1993:65) defendem que Toda empresa ocupa uma posição na cadeia de valor. Cadeia acima, fornecedores fornecem insumos. A empresa então acrescenta valor a estes insumos, antes de passá-los corrente abaixo para o próximo agente da cadeia, o cliente (seja outro negócio ou o cliente final).

A análise da cadeia de valor é, assim, um processo para decompor as diversas etapas que compõem a formação de um produto/ serviço. Implica um exame sistemático de todas as atividades na composição de um produto/ serviço, a fim de separar etapas que agregam e que não agregam valor. Etapas que não agregam valor, como estoques, controles de qualidade realizados a posteriori etc são eliminadas. A reengenharia pode ser enquadrada como forma de análise da cadeia de valor, uma vez que visa identificar etapas que não agregam valor e eliminá-las.

Mas há, ainda, um segundo objetivo derivado desta análise: identificar os elos da cadeia de valor que são mais frágeis – de custos altos face às alternativas de mercado – e terceirizar com empresas de baixo custo, ou formar joint ventures que propiciem economia de escala e, conseqüentemente, menores custos.

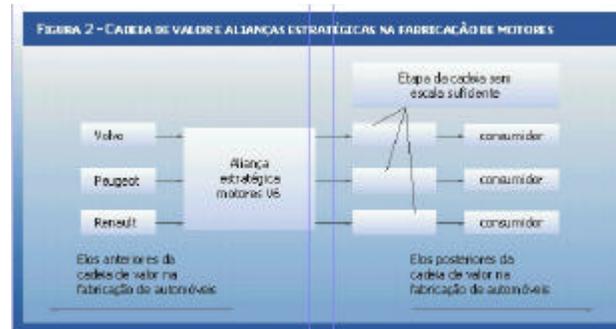
Um exemplo sobre como a cadeia de valor pode ser utilizada como ferramenta para interpretar parcerias e consórcios empresariais é o caso da construção de um gasoduto.

Três companhias estavam interessadas: British Petroleum, Shell, e Exxon. Construir três gasodutos para atender às necessidades das três empresas separadamente atentaria contra a racionalidade econômica e implicaria em investimentos elevados para todos. A solução encontrada foi uma aliança estratégica para o transporte do petróleo, com independência nas atividades de exploração, no princípio da cadeia de valor, e na refinação e distribuição, nos elos subseqüentes. O projeto é apresentado na figura 1.



Outro caso refere-se à aliança estratégica entre Volvo, Renault e Peugeot para a produção de motores V6. Tradicionais concorrentes no mercado europeu, as

empresas optaram pela associação, pois, individualmente, não possuíam escala para bancar o desenho e engenharia de motores inovadores. Vale ressaltar que, tanto em elos anteriores da cadeia de valor, como em etapas posteriores, as companhias mantêm sua independência, colocando no mercado carros concorrentes. A figura 2 ilustra esta situação.



As associações e parcerias que podem ser feitas ao longo de uma cadeia de valor nem sempre se dão de modo linear e seqüencial. Tampouco incidem sobre apenas um elo da cadeia. Pelo contrário, a partir do momento que uma empresa percebe os benefícios deste tipo de estratégia, é freqüente que adote iniciativas desta natureza em outros elos da cadeia de valor, envolvendo outros parceiros. Quando isso se dá, torna-se mais apropriado designar-se a configuração resultante por constelação de valor, uma rede de relações entre "fornecedores, aliados estratégicos, associados, clientes trabalhando juntos para co-produzir valor" (NORMANN E RAMIREZ, 1993: 66).

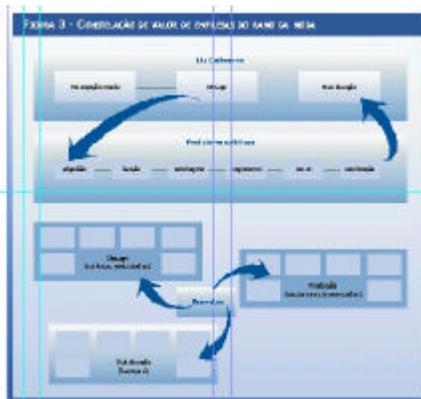
Exemplo de configuração desta natureza é a fábrica de caminhões que a Volkswagen instalou em Resende-RJ, em 1995 (MAXIMIANO e PORTO, 1997). Trata-se de um consórcio modular, onde os próprios fornecedores fazem a montagem do caminhão. A Volkswagen é responsável pelo projeto do veículo, desenho do processo, controle de qualidade e colocação da marca. A lógica que guia o processo é diminuir custos para a montadora e para o processo como um todo, e envolver os fornecedores nos riscos e benefícios do produto final.

A configuração em redes, ou constelação de valor, pode surgir conforme dois processos: um descendente, que é a decomposição da cadeia de valor de uma grande empresa em vários negócios, cada um responsável por seus resultados; outros ascendente, estruturado a partir da união de empreendimentos menores em torno de um projeto maior.

Dois casos da indústria de confecções ilustram tais situações. Kanter et al. (1992) relatam um caso que poderia ser enquadrado dentro da configuração ascendente. Trata-se da Liz Claibourne, empresa de alta costura, que definiu como competência básica captar novas tendências da moda, criar designs inovadores e distribuí-los rapidamente. É significativo notar que, neste processo, a fabricação dos modelos não está incluída. A razão para tanto é que, dentro do processo de criação de valor da empresa, constatou-se que manter unidades fabris não compensava, dada a existência de produtores asiáticos que

poderiam fabricar com qualidade equivalente a menor custo. Daí a terceirização e formação de rede com fornecedores.

Ainda do mesmo setor, a Benetton, multinacional italiana, aponta um caso de configuração ascendente. O que se entende pela marca Benetton é, na verdade, uma infinidade de pequenos negócios alinhavados em torno de um objetivo comum. Para a captação de tendências da moda e concepção de modelos, a empresa contrata estilistas; para a produção, contrata centenas de costureiras; para distribuir e vender seus modelos, conta com o sistema de franquia. Destemodo, a empresa consiste apenas de um núcleo para coordenar uma variedade de empreendimentos. A figura 3 apresenta os casos Liz Claibourne e Benetton.



2 As redes podem ser classificadas em interorganizacionais ou intraorganizacionais. Por redes interorganizacionais entende-se a associação em rede de empresas independentes articuladas em torno de um mesmo projeto. Redes intraorganizacionais refere-se a diversas unidades de negócio de uma mesma empresa ou corporação, cada uma responsabilizada por metas e resultados, e com controles financeiros independentes.

Outro caso representativo, na mesma linha da Benetton, é o da associação das indústrias de confecção de Americana-SP. Diante da crise que se abateu no setor, a partir de meados de 1994, as empresas locais decidiram unir seus esforços em uma série de elos da cadeia de valor – como na contratação de estilistas, compra de equipamentos e softwares especializados, criação de marca única etc. – levando a uma configuração final do setor semelhante à multinacional italiana. A iniciativa ilustra um caso de formação de rede no sentido ascendente².

A organização em rede como resposta a desafios ambientais

As organizações em rede surgiram como resposta a diversos desafios do ambiente empresarial da última década. Entre eles, pode-se citar: o dilema

escala versus flexibilidade; o imperativo da inovação; a necessidade de diminuir custos; o estímulo à postura empreendedora.

O dilema escala versus flexibilidade

O paradigma sobre o qual se estruturou grande parte das empresas até a década de 80 – em particular, a indústria automobilística – foi a economia de escala. Segundo tal paradigma, as empresas deveriam obter, na medida do possível, um volume de produção tal que lhe proporcionasse diminuição dos custos unitários. A lógica é simples: todas as empresas possuem custos que independem da escala de operação. São exemplos os custos de aluguéis, mão-de-obra, set up para preparação de máquinas, entre outros. Assim, um aumento no volume representa uma base maior para rateio de tais custos.

Com a intensificação da concorrência internacional, em grande parte, com o advento das montadoras japonesas, a ênfase passou à flexibilidade da produção. Mais importante do que dispender grande tempo ajustando máquina para, a seguir, produzir o máximo de produtos a fim de diluir os custos de ajuste – e, portanto, produzir para estoque, dado que o mercado não absorveria a produção neste nível – era produzir segundo a demanda. Isto exigiu agilidade para preparar máquinas, a fim de não incorrer em elevados custos fixos de *set up* e poder modificar a produção de modo a acompanhar a demanda. Um dos benefícios desta estratégia foi a redução dos custos de estoque, nada desprezíveis.

Se o sistema japonês relativizou a importância da escala na produção, de modo algum a invalidou. Alto volume de produção contribui significativamente para ratear custos de marketing, pesquisa e desenvolvimento, distribuição, etc, essenciais para a competitividade num mundo globalizado. De modo que a questão que hoje se coloca é como compatibilizar as vantagens da escala com a produção flexível.

A organização em rede procura responder a este desafio à medida em que reúne dentro de uma mesma lógica produtiva diferentes agentes com competência funcional e escala para operar em elos específicos. É o que se reflete na construção do oleoduto das três empresas petroleiras: o investimento, bancado isoladamente por apenas uma delas, teria inviabilizado o projeto, pois não teria escala de operação suficiente para cobrir os custos. Desenvolver o projeto de modo integrado tornou-o viável.

O imperativo da inovação

A concorrência globalizada dá-se, em grande parte, através da inovação. Conta a capacidade de lançar produtos e serviços antes dos concorrentes e, de preferência, surpreendendo-os. Isto exige forte capacidade de investimento de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Empresas locais, de marca consolidada e distribuição abrangente sentem dificuldade em concorrer no novo sistema. Por exemplo, empresas nacionais recentemente vendidas ao capital estrangeiro como Metal Leve, na área de autopeças, e Prosdócimo, no setor de eletrodoméstico, alegaram entre os motivos de sua venda a incapacidade de sustentar os investimentos em P&D para permanecer na competição.

Neste contexto, é significativo que mesmo empresas globalizadas estejam se associando para bancar investimentos em áreas tecnológicas. É o caso do consórcio formado entre Toshiba, Sony e IBM para o desenvolvimento e lançamento do DVD. Trata-se de uma estratégia para reduzir o risco associado à inovação e, ao mesmo tempo, ratear os custos de investimento. Desta forma, mostra-se como a formação de redes contribui para estimular a inovação.

A necessidade

de diminuir custos

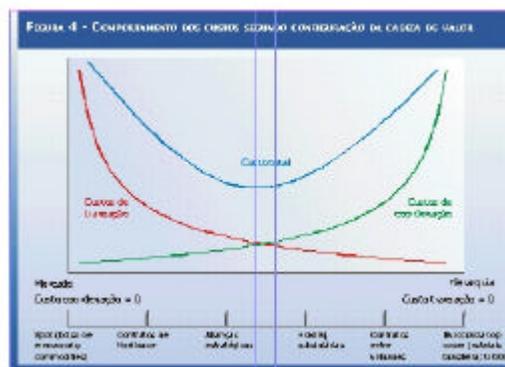
Redução de investimentos em P&D e diminuição de estoques são algumas das reduções de custos que as redes proporcionam. Porém, há outros aspectos associados à questão.

A configuração dos diferentes elos de uma cadeia de valor pode variar dentro de um continuum que vai da economia de mercado pura, num extremo, até a total integração vertical (MILGROM e ROBERTS, 1992). A economia de mercado pura caracteriza cadeias de valor onde cada elo é representado por empresas independentes, que a cada transação buscam no mercado outras empresas ou pessoas com as quais realizar negócios. Tal processo tende a estimular a concorrência, a postura empreendedora e, portanto, a busca de eficiência para se obter competitividade. Contudo, tende a elevar os custos da cadeia como um todo, já que implica em duplicidade – as mesmas operações realizadas em locais distintos sem uma racionalidade que as integre –, elimina benefícios associados à escala e acarreta custos de negociação e transação.

No outro extremo do continuum estão as organizações diversificadas e integradas verticalmente. Um dos benefícios deste tipo de organização é a possibilidade de controle sobre suas operações. As decisões tomadas de modo centralizado, a alocação de recursos segundo definições proveniente do topo da organização propiciam maior coordenação e controle. Entretanto, o acúmulo de

atividades de natureza diversas exige várias instâncias intermediárias – vários níveis hierárquicos – para exercer este fim de controlar e coordenar. Deste modo, organizações integradas tendem a ser fortemente hierarquizadas, com elevados custos de coordenação e controle, mau uso de informações disponíveis localmente e demora para tomada de decisões.

A organização em rede representa um meio termo entre estes extremos, tanto no caso de redes ascendentes como descendentes. Ao estimular parcerias e associações, reduz custos de transação, como prospectar novos clientes e roubá-los a outros concorrentes; ao romper com relações de controle e subordinação, favorece a postura empreendedora e busca da eficiência. A figura 4 apresenta o comportamento padrão dos custos segundo a configuração e forma de controle da cadeia de valor³.



³ Depreende-se da análise que as organizações em rede constituem um estágio intermediário entre uma economia dirigida e a economia de mercado pura

O estímulo à postura empreendedora

A criação de organizações em rede exigem, mais do que qualquer outra forma organizacional, uma reconcepção dos papéis gerenciais segundo as categorias preconizadas por GOSHAL e BARTLLET (1997). De acordo com estes autores, três processos básicos merecem destaque: renovação, integração e empreendedorismo.

O processo de renovação, cuja iniciativa principal cabe à direção da empresa, consiste em criar um sentido de propósito e um nível superior de ambição, enquanto desafia os hábitos adquiridos e a inércia natural da empresa.

O processo de integração, que consiste em ligar bases de conhecimentos e habilidades, e compilar e disseminar as melhores práticas dispersas através das

unidades. Este processo é central para o staff corporativo e as médias gerências.

O processo de empreendedorismo deve ser conduzido pelos responsáveis das unidades de negócios. Este processo consiste em criar e buscar novas oportunidades empresariais, capazes de satisfazer aos padrões de lucratividade desejados pelos acionistas e de qualidade esperados pelos consumidores.

O processo empreendedor é pressuposto básico, uma vez que o modelo supõe uma divisão do risco associado aos empreendimentos. Em vez de funcionários, sujeitos a relações de mando e subordinação, com salários fixos e pouco comprometimento com a atividade, a organização em rede requer empreendedores, responsáveis pelos resultados do elo da cadeia de valor que lhe é confiado. Desta forma, gerentes de unidades de negócios, ou empresas autônomas, segundo a forma que assuma a rede, são estimulados a inovar, buscar novos clientes, formar parcerias, entre outros, com vistas a alavancar os resultados de seu negócio.

A situação em estudo

A fim de se avaliar a efetividade do modelo em redes numa situação concreta, escolheu-se uma organização de controle estatal que vem se estruturando neste formato⁴. Nesta análise procura-se considerar em que medida a empresa em questão vem obtendo os benefícios que a literatura associa às redes organizacionais e, caso contrário, porque o modelo não é plenamente efetivo.

O método adotado para a pesquisa foi o estudo de caso. As informações foram obtidas mediante coleta e análise de dados como relatórios e documentos disponibilizados pela Instituição. Foram também realizadas entrevistas e reuniões com executivos e responsáveis pela implementação da reestruturação.

Segundo YIN (1994:1) o método do estudo é recomendável quando há questões de "como" e "por que", investigador tem pouco controle sobre os eventos, e o foco está num fenômeno contemporâneo em um contexto da vida real.

4 Deve-se ressaltar que o caso não é único: outras empresas estatais vêm adotando modelos similares, como a Caixa Econômica Federal e o Banco do Brasil (SALINAS, MAÇADA, SANTOS, 1998).

Caso Sanepar

A empresa escolhida para o estudo de caso é a Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar. Criada em 1963, com o objetivo de exploração de serviços de

abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado do Paraná. Na ocasião, apenas 25% da população recebia água tratada; dos 243 municípios, havia 60 serviços de abastecimento, e 19 cidades com serviços de esgoto. Atualmente, atende cerca de 99% para uma população de 7,6 milhões de pessoas no Estado do Paraná com água tratada; com relação à coleta de esgoto, o atendimento é de 42%. Para uma população de 3,2 milhões de pessoas e receita operacional de R\$ 766 milhões em 2001.

Até 1997, seu modelo de gestão em pouco se diferenciava do modelo tradicional das organizações concessionárias de serviços públicos. Tal modelo ajustava-se ao contexto institucional do passado, caracterizado pela rígida definição de fronteiras das concessionárias, pela excessiva regulamentação e pela ausência de competição. Estes fatores favoreceram modelos centralizados e funcionais de organização de produto único, onde a autoridade e a responsabilidade pelas decisões era concentrada na diretoria, cabendo aos demais níveis hierárquicos (em geral, bastante numerosos) a implantação e o controle das operações, segundo normas e critérios emanados do topo.

Em 1995, assume a empresa uma nova diretoria, por ocasião da mudança do governo do Estado. Novas diretrizes se impuseram. Por um lado, devido ao reconhecimento na mudança nas condições de concorrência no setor; por outro, o próprio desempenho insuficiente da empresa nos anos anteriores.

Entre os fatores que influenciaram a mudança de rumos, estão: a quebra do monopólio na área de saneamento; o aumento da concorrência; o ambiente privatizante; a estabilidade econômica e a incapacidade de encobrir ineficiências via aumentos tarifários inflacionários; e a regionalização de tarifas.

Do ponto de vista interno, pressionaram a mudança os sucessivos prejuízos com os quais a empresa vinha arcando, aliados à incapacidade financeira do Estado para cobri-los e viabilizar novos investimentos – variável crítica face à expansão econômica e demográfica do Paraná, e o aumento nas necessidades de saneamento.

A mudança

A fim de reverter a situação, e ao mesmo tempo preparar a empresa considerando um cenário privatizante, a Sanepar decidiu implantar um novo modelo de gestão. O modelo consistiu na eliminação da antiga estrutura hierárquica funcional da empresa, de 5 (cinco) níveis, e a adoção de uma estrutura de 2 (duas) dimensões: a dimensão estratégica ou holding; a dimensão operacional ou unidades de negócio. As relações entre uma dimensão e outra se dá, fundamentalmente, mediante dois mecanismos: os contratos de gestão, negociados entre holding e UNs, pelo qual as UNs estabelecem os

desdobramentos das metas estratégicas, no tempo e nos montantes de recursos necessários; aí é praticado o sistema de franchising, através do qual a holding fornece parâmetros de funcionamento para as UNs, prestando-lhes assistência e tendo a contrapartida em relação a resultados e valorização da marca Sanepar.

O Quadro 1 apresenta um resumo da mudança.

QUADRO 1 - RESUMO DA MUDANÇA NA SANEPAR	
Original	Atual
gestão de controle	gestão de valor
5 níveis hierárquicos	2 dimensões estruturais
297 chefias formais	92 gerentes de negócios
estrutura regionalizada	estrutura descentralizada

Estruturou-se dois tipos de Unidades de Negócio as de Receita e de Serviços. As primeiras caracterizam-se por prestar serviços de monitoramento de mananciais, reservação de água bruta, produção e fornecimento de água tratada diretamente ao cliente; é por onde a receita entra na empresa. O segundo tipo de UNs caracterizam-se pela prestação de serviços e apoio às UNs de Receita, Unidades Estratégicas mesmo a outras UNs de Serviços.

Por exemplo Unidades de Serviço de Manutenção de Redes, Projetos e Obras, Recursos Humanos, Contabil, Comunicação Social entre outras fornecedoras internas de serviços.

A institucionalização das UNs de Receita deu-se segundo critérios de localização, número de ligações de água e esgoto e volume de faturamento da região. Deste modo, as UNs foram classificadas em administração de pequena localidade, administração agrupada, administração isolada e administração particionada. O Quadro 2 ilustra cada um destes modelos.

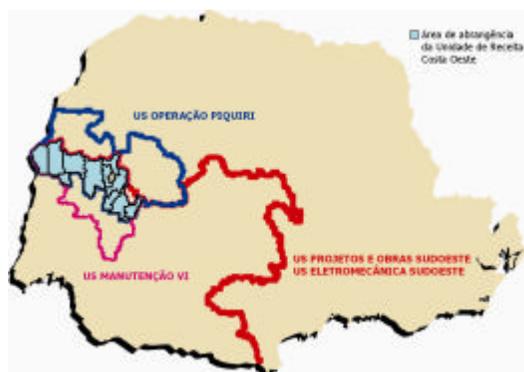
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE RECEITA			
	Ligações Água e Esgoto de cada localidade	Receita Anual (R\$) de cada localidade	Área de Atuação
Regional	Até 750	Até 3.200.000	Agrupamento de até 70 localidades
Agrupada	De 750 a 20.000	3.200.000 a 16.000.000	Agrupamento de 2 até 20 localidades
Isolada	Acima de 20.000	De 3.200.000 a 16.000.000	Única localidade
Particionada		Superior a 16.000.000	Localidade dividida em partes

Um caso interessante é o da UM financeira, que deve funcionar como um "banco interno": toma recursos das unidades geradoras, que são remuneradas; e empresta recursos a unidades deficitárias, que devem pagar juros.

A Figura 5 apresenta um exemplo da dinâmica de relacionamento entre as UNs. A Unidade de Receita Costa Oeste, cuja sede está instalada em Assis

Chateaubriand, no Oeste do Paraná, (com preenchimento azul piscina), em suas necessidades de operação (operação de água e esgoto) deve se utilizar dos serviços da Unidade de Serviço de Operação Piquiri, com contorno azul; no caso de necessitar serviços de manutenção de redes tubulares, deve recorrer aos serviços da Unidade de Serviços de Manutenção VI, assinalada com a cor rosa; e ainda, necessitando de manutenção eletromecânica e especificação de equipamentos, deve contratar os serviços das Unidade de Serviço de Manutenção Eletromecânica Sudoeste e necessitando de serviços de Projetos e Obras deve contratar a Unidade de Serviço de Projetos e Obras Sudoeste cujas áreas de abrangência estão com contorno vermelho. A abrangência de atuação das Unidade de serviços sobrepostas a Unidade de Receita citadas aparecem no mapa da Figura 5. Todos estes serviços são remunerados através de preços de transferência, e é desta forma que as UNs de serviço garantem sua receita.

Figura 5 - Exemplo da dinâmica de relacionamento entre UNs



Cada Unidade de Negócio tem um gerente de negócio e uma equipe, em geral polivalente, que o apóia para alcançar os resultados da UN. Estes resultados são analisados mês a mês e a cada seis meses, em média, realiza-se uma avaliação do cumprimento dos contratos de gestão. As metas financeiras e não-financeiras são detalhadamente analisadas em relação ao que fora negociado.

A mudança foi implementada em janeiro de 1998.

Foram estabelecidas 96 UNs.

Com o passar do tempo, através de um processo de "seleção natural" (eliminação de UNs que perderam sua finalidade), este número caiu para 92.

Análise do caso

A mudança da Sanepar é, tipicamente, dentro da terminologia apresentada, uma formação de uma rede intra-organizacional descendente. Trata-se de uma decomposição da cadeia de valor da Empresa em vários negócios autônomos, cada um responsável por seus negócios.

Observou-se também, na mudança, a formação de uma constelação de valor, nos moldes apresentados. O processo hierárquico e centralizado, calcado em relações de mando e subordinação deu espaço a relações descentralizadas e multidimensionais entre diversas UNs, cada uma negociando e buscando atingirmetas individuais que, se somadas redundam em benefício para a Empresa como um todo. O termo constelação de valor adapta-se ao caso, uma vez que se criou uma teia de relações onde antes havia relações lineares e dirigidas.

Escala versus flexibilidade

A mudança na Sanepar demonstra como o modelo de redes pode conciliar benefícios de escala com flexibilidade. Por exemplo, as pequenas estruturas localizadas na ponta da cadeia de valor, as UNs de receitas, possuem grande flexibilidade em termos de atendimento ao usuário final: não dependem de deliberações provenientes de uma matriz, ou liberação de orçamento controlado centralizadamente.

Ao mesmo tempo, o modelo propicia economias de escala. Por exemplo, a Unidade de Serviço de Aquisições ao efetuar compras de tubulação em quantidade para toda a Empresa, consegue descontos significativos. Outro exemplo é a possibilidade de implantação de software de gestão integrada, coordenando desempenho da Sanepar como um todo. A integração das unidades sob uma mesma orientação estratégica e filosofia é indispensável nestas situações.

O imperativo da inovação

Em tese, a inovação será incrementada na Empresa de saneamento e terá resultados mais rápidos por estar estruturada em rede. Isto porque as áreas de pesquisa e desenvolvimento, convertidas em UNs e Grupos Específicos, devem trabalhar em sintonia com as UNs que demandam melhorias em sua operação, de modo a oferecer soluções úteis e viáveis economicamente. Neste sentido, é interessante registrar que a área tecnológica presta serviços de consultoria a unidades e a outras empresas de saneamento. Os produtos da área são,

principalmente, tecnologias para tratamento de esgotos, utilização do lodo, medição de consumo, pesquisa e exploração de lençóis subterrâneos, saneamento rural, entre outros.

A necessidade de diminuir custos

Trata-se de um benefício mensurável da mudança, que se reflete nos indicadores globais de desempenho financeiro da empresa. A mudança de atitude das UNs com relação a custos é notória. Por exemplo, percebe-se a preocupação constante das UNs de diminuir seu espaço de ocupação física – para pagar menos aluguel para a UN de infra-estrutura. Outro caso significativo é a busca permanente de ganhos de produtividade de pessoal e equipamentos, pois isto tende a ter impacto sobre a rentabilidade da Unidade.

Entretanto, se por um lado reduzem-se custos devido à maior eficiência, por outro aparecem custos de transação, decorrentes da flexibilização das relações e da aproximação do modelo de mercado. Na Sanepar isto é claro. A busca de condições mais vantajosas às suas UNs leva gerentes a dispendem tempo em negociações, indício do surgimento de custos de transação dentro da empresa.

O estímulo à postura empreendedora

A partir da mudança, pode-se notar um aumento no nível de comprometimento e empreendedorismo. Gerentes elaboram seus contratos de gestão, negociam junto à Diretoria, assumem compromisso no sentido de execução, e obtêm ganhos financeiros em relação aos resultados alcançados. Esta mesma atitude é transmitida aos integrantes de sua equipe, também responsáveis pela elaboração e execução do plano.

Neste ponto, porém, há aspectos a serem aperfeiçoados. A mudança implicou no aumento do nível de responsabilidade e comprometimento dos funcionários; porém, no momento estão sendo buscadas práticas de recursos humanos essenciais para apoio à continuidade das inovações processadas como remuneração por habilidades e competência (capacidade de entrega - desempenho), carreira, treinamento e desenho do trabalho. (PICARELLI e WOOD, 1995).

A mesma lógica aplica-se à carreira. Torna-se necessária a implantação de sistema que leve os indivíduos a buscar a polivalência, uma vez que a base do trabalho são equipes multifuncionais, e, simultaneamente, aprofundar em sua

área de competência, mantendo sempre atitude empreendedora diante da empresa e da própria carreira. (COOPERS & LYBRAND, 1998).

As práticas de treinamento têm foco na mudança com exigência de reconcepção dos papéis gerenciais fundamentadas numa nova divisão das responsabilidades e autoridade entre a organização central – Diretoria e Staff e as UNs. Não se trata somente de delegar mais autoridade, mas de assumir novos papéis, responsabilidades e relacionamentos, baseados em processos organizacionais distintos.

Resumidamente, pode-se dizer que as principais modificações dos papéis dos níveis gerenciais são:

No nível das UNs, estimula-se os gerentes que abandonem o seu papel de implementadores operacionais e adotem postura de empreendedores ousados, capazes de identificar novas oportunidades de negócio e de transformá-las em propostas lucrativas para a Empresa;

No nível de Staff deve-se promover mudanças no seu papel tradicional de controladores agregando valor à linha em favor de uma atitude voltada ao desenvolvimento e apoio de novas propostas, fazendo o conhecimento circular entre as UNs e ajudando a viabilizar projetos inovadores.

No nível da Direção, o principal desafio é passar de um papel de alocação de recursos para o de liderança institucional, identificando novas estratégias corporativas criadoras de valor e criando um senso transcendente de propósito e de missão entre os colaboradores.

Tais mudanças chocam-se com valores e crenças cristalizados, e exigirão, entre outros, ações de treinamento intensiva.

Por fim, não menos importante para estimular o empreendedorismo é a capacidade de se apurar resultados financeiros por unidade de negócio. Isto requer sofisticados sistemas de gestão informatizados.

Conclusão

O projeto Modelo de Gestão adotado pela Sanepar foi desenvolvido pelos empregados da Empresa, sob a coordenação de Luiz Carlos Blume. Também participaram deste grupo Irineu Delai, Maria Leila Mozache, Antônio Pontes Santos e Antônio Roberto da Silva.

O modelo adotado pela Sanepar é inovador, e insere-se no contexto de migração de empresas para o conceito de redes organizacionais – no caso-, segundo terminologia adotada, formação descendente de rede intra-organizacional.

Verifica-se no caso da empresa a aplicação e comprovação de vários dos benefícios que usualmente se atribuem às redes organizacionais: conciliação dos benefícios da escala com a flexibilidade, favorecimento à inovação, redução de custos e estímulo à postura empreendedora.

É imperativa a busca de instrumentos de gestão de pessoas para apoiar o crescimento e sustentabilidade da Empresa. Tais elementos, se ausentes, podem inibir a atitude empreendedora que se espera dos colaboradores. Deve-se destacar, ainda, a necessidade de compreender os novos papéis gerenciais surgidos a partir da mudança, e promover ações para orientar o comportamento organizacional nesta direção.

Trata-se, no entanto, de uma experiência inovadora, que, se avaliada e estudada, poderá contribuir para o enriquecimento da teoria sobre organizações em rede.

Referências

GOSHAL, S.; BARTLETT, C. **The individualized corporation**. S.l. : Harper Business, 1997.

KANTER, R. M.; STEIN, B. A.; JICK, T. D. **The challenge of organizational change**: how companies experience it and leaders guide it. New York : The Free Press, 1992.

MILGROM, P. R.; ROBERTS, J. **Economics, organizations and management**. New Jersey : Prentice Hall, 1992.

MINTZBERG, H.; WATERS, J. A. Of strategy delivered and emergent. **Strategic Management Journal**, v. 6, n. 3, p. 257-272, july./sept. 1985.

NORMANN, R.; RAMIREZ, R. From value chain to value constellation: designing interactive strategy. **Harvard Business Review**, p. 65-77, july/aug. 1993.

PORTER, M. **Estratégia competitiva**. São Paulo : Campus, 1986.

SALINAS, J. L.; MAÇADA, A. C. G.; SANTOS, M. E. R. **Mudança radical em organizações complexas**: o caso do Banco do Brasil. ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 22., 1998, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu : S.n., 1998.

Yin, R. K. **Case study research**. London : SAGE, 1994.

Agradecimentos

A José Paulo Romeiro Colli, Cássia Cristina Assao e Evelin Schiebler pelo apoio e dedicação no suporte de informática durante o desenvolvimento do projeto.

Autores

Abel Correa de Oliveira,

administrador, pós-graduado em Gestão Estratégica

Bruno Henrique Rocha Fernandes,

administrador, mestre em Administração, doutorando pela USP.

OS TRIHALOMETANOS NA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO

Agenor Zarpelon

Eloize Motter Rodrigues

Resumo

O presente trabalho discute a ação do cloro como desinfetante e a presença de trihalometanos na água tratada. Os THMs constituem um grupo de compostos orgânicos que se consideram derivados do metano (CH₄) em cuja molécula três de seus quatro átomos de hidrogênio foram substituídos por um igual número de átomos dos elementos halógenos (cloro, bromo e iodo). O trabalho também apresenta considerações sobre o uso de alternativas à cloração.

Palavras-chave: cloração, trihalometanos, precursores

Abstract

In this study we analyzed the action of chlorine as a disinfectant and the presence of trihalomethanes in treated water. THMs are a group of organic compounds derived from methane (CH₄), in which three of the atoms in a methane molecule are replaced by the same number of halogen elements (chlorine, bromine, and iodine). The study also addresses the use of alternative options to chlorination.

Key words: chlorination, trihalomethanes, precursors

Histórico

Obter água em quantidade suficiente e com qualidade adequada para o consumo sempre foi uma grande preocupação para o homem. Em princípio preocupava-se apenas com o aspecto estético, rejeitando as que apresentavam

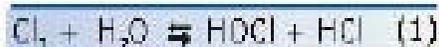
cor, odor, sabor e/ou turbidez. Posteriormente procuraram adequá-las utilizando uma simples decantação, ou associando uma filtração em leito de areia, de modo a promover a clarificação.

Como a contaminação da água da fonte não alterava suas características estéticas, verificou-se que o odor, sabor, cor e turbidez não eram critérios suficientes para atestar a qualidade da água e que havia a necessidade de se aprimorar os recursos de tratamento da água de modo a garantir também a sua qualidade sanitária.

Com as contribuições de Schwam, Pasteur, Koch e outros cientistas, para o avanço dos conhecimentos da bacteriologia e das técnicas de detecção de organismos patogênicos, e a comprovação da eficiência do cloro não só na remoção de odor, mas também na eliminação ou inativação destes organismos, iniciou-se um grande progresso na tecnologia de tratamento de água.

O cloro como agente desinfetante

Quando se adiciona cloro na água ocorre a formação de ácido hipocloroso (HOCl) e ácido clorídrico (HCl):



Para valores de pH acima de 4,0 o equilíbrio se desloca para a direita e a quantidade de Cl₂ que existe em solução é pequena.

O ácido hipocloroso sofre ionização em uma reação praticamente instantânea, formando íon hidrogênio (H⁺) e íon hipoclorito (OCl⁻), sendo que o grau de ionização depende do pH e da temperatura.

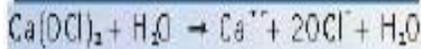


Para valores de pH inferiores a 6,0 predomina o ácido hipocloroso, porém à medida em que a temperatura e o pH se elevam aumenta o grau de ionização do ácido e conseqüentemente, a concentração do íon hipoclorito.

Para valores de pH maiores que 9,6 e a temperatura de 20° C, praticamente todo ácido hipocloroso sofreu ionização.

O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são denominados cloro livre.

O hipoclorito de sódio (NaOCl) e de cálcio Ca (OCl)₂ também produzem íon hipoclorito, o qual estabelecerá um equilíbrio com o íon hidrogênio da mesma forma que a equação 2.



Portanto, independentemente de se utilizar o cloro gasoso ou hipocloritos o equilíbrio entre o ácido hipocloroso e o íon hidrogênio se estabelecerá (equação 2).

Ação desinfetante do cloro

Embora a desinfecção da água possa ser realizada por diversos meios (calor, luz ultravioleta, ozônio, dióxido de cloro), a utilização do cloro e seus derivados tem sido a mais difundida em função de sua facilidade de aplicação, menor custo econômico e alta eficiência.

A ação do cloro como desinfetante envolve uma série de fatores, de maneira que não foi possível até hoje se determinar com precisão sua atuação sobre as bactérias e outros microorganismos. Uma das teorias mais difundidas se refere à reação do ácido hipocloroso (HOCl), com um sistema enzimático (possivelmente sobre triosefosfato dihidrogenase) que é essencial na oxidação da glucose processo este muito importante para o metabolismo celular bacteriano.

Comprovadamente o ácido hipocloroso exerce maior ação desinfetante que o íon hipoclorito (OCl⁻), o que se explica pela maior facilidade de penetração do ácido através da parede celular, por ser uma molécula pequena e neutra. O íon hipoclorito por sua vez tem maior dificuldade em atravessar a parede celular e atingir o sistema enzimático em função da sua carga negativa. Portanto, é possível que a maior dificuldade na eliminação das formas esporuladas se deva à resistência a penetração do agente desinfetante oferecido pelo seu envoltório de proteção.

A necessidade de dosagens mais elevadas de cloro para a destruição de vírus favorece a teoria de que a ação bactericida se dê por ação enzimática, sendo os vírus desprovidos de enzimas a sua destruição só é possível por oxidação direta da matéria protéica, o que exige muito mais cloro.

Toda desinfecção deverá ser controlada por análises bacteriológicas e, para uma ação operacional mais rápida, também através da determinação do teor de cloro residual. Para garantia da desinfecção e uma prevenção a futuras contaminações a Portaria 36/90 do Ministério da Saúde recomenda

concentração mínima de 0,2 mg/l de cloro livre em qualquer ponto da rede de distribuição.

O cloro como agente oxidante

Desde o primeiro registro do uso do cloro como agente desinfetante para água, em 1896 (Base naval Austro-Húngara de Pola, no mar Adriático); o uso do cloro se disseminou por todo o mundo e hoje 90% das estações de tratamento de água o utilizam. É um monopólio tradicional que nenhum outro produto jamais conseguiu ou igualou.

Nos últimos anos, tem-se testemunhado o crescimento vertiginoso no consumo de cloro por parte das empresas de saneamento para fazer frente às diversas ameaças epidêmicas, desde a cólera à dengue.

O cloro não só é um grande desinfetante eficaz, como também possui uma ação oxidante comprovada. Assim sendo é empregado no tratamento da água também para outros fins como: oxidação de ferro e manganês, remoção de H₂S, controle de odor, cor, sabor, remoção de algas etc.

Presença de THM em água clorada

O aumento da poluição dos mananciais, principalmente por compostos orgânicos, provocou uma grande preocupação em se verificar os efeitos causados pela presença destas substâncias na água destinada ao abastecimento público.

Constatou-se que uma grande parte destes compostos orgânicos mesmo em pequenas concentrações, pode provocar problemas de ordem estética e, alguns podem gerar efeitos sérios e irreversíveis sobre o consumidor em função de seu potencial tóxico.

A Environmental Protection Agency (EPA) publicou em 1977 um relatório com o resultado de uma pesquisa efetuada em 113 sistemas de abastecimento, procurando detectar a concentração de 27 compostos orgânicos suspeitos de causar problemas a saúde da população. Dentre estes, 27 compostos verificaram a presença de quatro tipos de trihalometanos, os quais foram detectados em todas as águas que recebiam cloro como desinfetante e em concentrações superiores aos demais contaminantes organo-sintéticos.

Os THMs constituem um grupo de compostos orgânicos que, como indica seu nome, se consideram derivados do metano (CH₄) em cuja molécula três de seus quatro átomos de hidrogênio foram substituídos por um igual número de

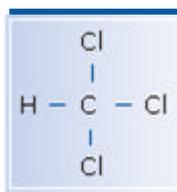
átomos dos elementos halógenos (cloro, bromo e iodo). Estes três átomos de hidrogênio podem estar substituídos por uma só classe de halógenos como é o caso do triclorometano ou clorofórmio, ou por dois diferentes elementos formando o bromodiclorometano ou por cada um dos três como se observa no iodobromoclorometano. Alguns do grupo possuem nomes especiais: clorofórmio, bromofórmio e iodofórmio. Ainda que para serem denominados sejam vistos como precedentes do metano, este gás nada tem a ver com sua formação real nas águas que são desinfetadas com cloro; pois neste meio eles se originam a partir de produtos orgânicos muito mais complexos que o metanol, que são de ocorrência comum nas águas superficiais, os chamados ácidos húmicos e fúlvicos.

Estas substâncias são derivadas da decomposição da matéria orgânica vegetal, sendo constituídas de mistura de polímeros com estruturas aromáticas heterocíclicas, grupos carboxila e nitrogênio. São denominadas "precursores de trihalometanos" e em geral só têm significado sanitário devido à formação dos THMs.

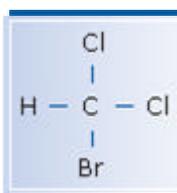
Dados de laboratórios demonstram que algas verdes e algas verdes-azuis (biomassa de algas e seus produtos extracelulares) reagem também com cloro, produzindo THMs.

Estruturas químicas dos THMs

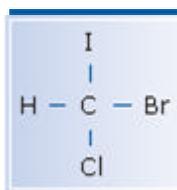
Triclorometano ou clorofórmio



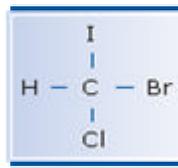
Bromodiclorometano



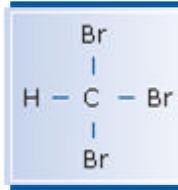
Iodobromoclorometano



Dibromoclorometano



Tribromometano ou bromofórmio



Principais características físicas e químicas dos THMs

Os trihalometanos são, em estado puro, substâncias líquidas (clorofórmio, bromofórmio) ou sólidas (iodofórmio) à temperatura ambiente (10 a 30°C); de odor característico (uns agradáveis e outros repulsivos); pouco solúveis em água, mas muito solúveis em diluentes orgânicos.

Relativamente ao comportamento químico dos THMs, pode-se dizer que são compostos estáveis, não facilmente oxidáveis e não diretamente combustíveis, não-inflamáveis.

Estão ainda em estudos métodos de análise por reação colorimétrica que apresentem suficiente sensibilidade para detectá-los e medi-los.

As propriedades assinaladas dos THMs nos indicam que sua eliminação da água por uma aeração somente é eficaz nos casos dos mais voláteis e que, uma vez formados durante a cloração sua decomposição é difícil, apresentando resistência à oxidação mesmo por agentes como o ozônio.

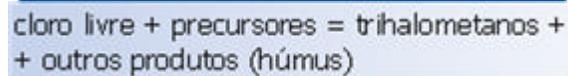
Mecanismo de formação na cloração das águas

A formação dos THMs durante a desinfecção da água com cloro livre obedece a um complicado mecanismo pelo qual as espécies químicas que o halógeno (cloro, bromo e iodo) forma com a água, reagem com os derivados do húmus que este meio normalmente contém.

Tem-se trabalhado muito para tentar se estabelecer a complexidade e as características das substâncias húmicas e fúlvicas e assim elucidar os detalhes de sua combinação com o cloro.

Devido à complexidade dos precursores orgânicos e às diversas maneiras possíveis de reação, a química do aparecimento dos THMs nas águas não está bem esclarecida.

O que se pode assegurar é que para a formação dos THMs nas águas se requer, pelo menos, a presença do cloro livre e dos precursores orgânicos. Quando um destes fatores não existir a reação não ocorre. A equação química geral que representa a sua produção seria a seguinte:



Principais fatores que influem no seu aparecimento nas águas

Os fatores mais importantes que afetam a cinética da reação e, em alguns casos, o produto final podem ser:

- Efeito do tempo

A formação dos THMs em condições naturais não é instantânea. Em algumas circunstâncias a sua formação pode completar-se em menos de uma hora, em outra situação é possível que se exijam vários dias antes de que ocorra a máxima produção de THMs.

A reação se faz menos lenta quando aumenta a temperatura ou o pH, e em presença de brometos. Uma grande parte dos THMs que chega ao consumidor são produzidos no sistema de distribuição onde o contato do cloro livre com os precursores ocorre por um longo período de tempo.

- Efeito da temperatura

Existe uma dependência típica da temperatura que, a cada 10° C de incremento, eleva ao dobro a taxa de formação de THM. As variações sazonais, no que se refere a produção de THM, observada em estações de tratamento que utilizam a mesma fonte de água são, em grande parte, efeito da temperatura.

- Efeito do pH

Foi comprovado que a taxa de formação de THM depende do pH. Em geral a formação se eleva com o incremento do valor de pH para as reações entre o cloro livre e a maioria dos precursores apesar de se ter observado algumas exceções.

Os resultados de várias investigações têm mostrado uma forte dependência do pH; um incremento do triplo da formação, por cada unidade do aumento do pH. Esta elevação na taxa de produção dos THMs era de se esperar já que uma das maneiras de explicar a aparição dos mesmos, a reação clássica dos halofórmios, é acrescentada por bases.

Tem-se insinuado uma explicação para o efeito do pH. Uma macromolécula do precursor húmico, simplesmente se abrevia pela mútua repulsão das cargas negativas a níveis altos de pH; incrementando assim a disponibilidade de posições ativas adicionais na molécula do precursor.

- Efeito dos bromatos

É um fato comprovado que os bromatos têm uma ação acentuada na formação dos THMs, manifestou-se que o bromato afeta tanto a taxa de reação quanto a quantidade total de THM.

O efeito do bromato na cinética da reação dos trihalometanos não está bem esclarecido. O mecanismo aceito, pelo qual o bromato participa na reação incluía oxidação do bromato a bromo e ácido hipobromoso, os quais por sua vez reagem com os precursores orgânicos. O bromo competiria mais efetivamente que o cloro pelas posições ativas das moléculas húmicas precursoras.

Pelo que se observou, se conclui que o bromo supera o cloro na formação dos THMs.

- Efeito da dosagem e tipo de cloro

Tem se sustentado que os THMs se originam mediante a conhecida "reação do halofórmio" que teria lugar entre o cloro livre e os compostos orgânicos precursores. Este ponto de vista está muito controvertido atualmente. Tem-se demonstrado que a reação pode ocorrer por mecanismos distintos aos da reação do halofórmio.

Pode-se ter em conta que qualquer oxidante usado para desinfecção da água atuará reciprocamente com os produtos químicos já presentes na água bruta para formar outros produtos indesejáveis que podem aparecer na água tratada. Por conseqüente, algo fundamental na potabilização das águas é eliminar ao máximo os precursores antes da adição do oxidante para reduzir ao mínimo a demanda do desinfetante e a possível formação de subprodutos nocivos.

O controle dos THMs nas águas dos sistemas públicos de abastecimento

Com relação ao controle da concentração dos precursores na água bruta (potencial de clorofórmio), investigou-se as técnicas de coagulação, sedimentação e uso de pó absorvente e carvão ativado granular. Para a remoção do clorofórmio depois de formado, as pesquisas dirigiram-se principalmente para o emprego do carvão ativado granular, pó absorvente e aeração.

O emprego do carvão ativado granular é a melhor técnica entre todas as opções para controlar eficazmente tanto a remoção das substâncias orgânicas como os trihalometanos.

Compete aos responsáveis pelo serviço de água avaliar a capacidade operacional do processo de tratamento e apurar quais as medidas a serem tomadas na coagulação/decantação para obter melhores resultados na remoção dos THMs. Isto pode incluir a necessidade de aprimorar a coagulação/floculação executando com maior frequência o ensaio de jar-test e assim variar a dose ou o tipo de coagulante para uma determinada qualidade de água, modificando ainda o ponto de aplicação do cloro para locais com baixo conteúdo de matéria orgânica. As experiências demonstram que a adoção desta prática diminui consideravelmente a concentração dos THMs na água de consumo humano. Portanto, o responsável pela unidade de tratamento de água deve avaliar a possibilidade de alterar o ponto de aplicação de cloro, mas sem prejuízo da segurança bacteriológica da água a ser consumida.

Formas de análise dos THMs

Atualmente dispõe-se de várias técnicas para a identificação e medição dos THMs dentro dos limites baixos de microgramas por litro.

A mais popular das técnicas de quantificação é a da purga e seqüestro, que foi aperfeiçoada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA). Outra técnica é a extração por solvente. A última é consideravelmente mais simples e facilmente adaptável à amostragem automática. Devido justamente ao seu baixo custo, a técnica de extração por solvente é a escolhida para análises de rotina de THMs. Foi demonstrado que as duas técnicas são de exatidão comparáveis.

Ambas as técnicas requerem a cromatografia a gás como etapa final da análise, a técnica de purga e seqüestro inclui a remoção dos THMs da amostra de água mediante o uso de gás inerte como o hélio e a absorção dos mesmos numa resina. Esta é aquecida e o gás faz fluir dentro do cromatógrafo para a separação e quantificação dos THMs. A extração com solvente inclui simplesmente o tratamento da amostra com um solvente de baixo ponto de ebulição, como o tolueno ou o hexano para que os THMs passem ao solvente. Em seguida se injeta o extrato no cromatógrafo de gás para a separação e quantificação dos trihalometanos individuais.

Efeitos sobre a saúde

Tem-se demonstrado que o clorofórmio é absorvido rapidamente pela mucosa intestinal quando, contido na água e esta é consumida. Distribui-se através dos tecidos corporais, concentrando-se nas membranas lipídicas e se acumula nos tecidos adiposos com uma longa vida de resistência média. Seu metabolismo tem lugar no fígado e, principalmente, em menor proporção nos rins e outros tecidos. Esta biotransformação, se ocorre, pode convertê-lo em dióxido de carbono, íon cloreto e outros metabólicos não identificados.

Dados toxicológicos demonstram que o clorofórmio, em dose elevada, é um carcinógeno nos roedores (ratos e ratazanas). Como o metabolismo destes animais é qualitativamente semelhante ao do homem, se suspeita que seja também um carcinógeno humano. Estudos epidemiológicos sugerem igualmente este risco.

Investigações recentes assinalaram uma correlação positiva entre os níveis de clorofórmio na água e os carcinomas da bexiga e do intestino baixo.

Vistos em conjunto aos estudos epidemiológicos, proporcionam evidência suficiente para manter a hipótese de que a presença do THM nas águas

potáveis representa um risco para a saúde já que podem estar incrementando a mortalidade por câncer. Em consequência, devido à existência de perigo potencial para o homem, os níveis de clorofórmio na água devem reduzir-se tanto quanto permitam as possibilidades tecnológicas e econômicas, tendo em conta a utilização de métodos que não comprometam a proteção quanto a enfermidades infecciosas transmitidas pela água.

Pelas circunstâncias observadas a Agência de Proteção Ambiental (EPA) fixou um limite máximo de 0,1 mg/l (100 µg/l) de THM nas águas de abastecimento e no Brasil, somente com a portaria 36/90 aprovada pelo Ministério da Saúde, é que se determinou o valor máximo permissível, portanto o nível de segurança assumido pela Organização Mundial da Saúde é de 100 microgramas por litro para concentração de THM totais (sendo este valor a soma das concentrações de clorofórmio, dicloroetano, dibromocloroetano e bromofórmio).

Quando a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA fixou este limite, do clorofórmio e outros trihalometanos na água para consumo humano, agiu dentro de uma filosofia que levou em conta a possibilidade potencial da substância estar ocasionando danos à saúde das pessoas submetidas a uma exposição crônica por toda uma vida gerada pela ingestão de clorofórmio, mesmo à baixa concentração.

De concreto, sabe-se que até agora não se identificou nenhum efeito tóxico observável à exposição com certa duração proveniente do clorofórmio existente comumente em pequenas concentrações no ar, alimentos ou na água dos sistemas públicos de abastecimento.

Fatos mais recentes, com relação a problemas decorrentes de um suposto aparecimento de THMs acima dos níveis recomendados pela Portaria 36/90 do MS levaram a Fundação Nacional de Saúde (Funasa) a avaliar a qualidade de água fornecida pela Sanepar à população de Curitiba e Região Metropolitana. A Funasa realizou visitas técnicas aos sistemas da Sanepar e coletas de amostras no sistema distribuidor em parceria com a equipe da Vigilância Sanitária da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, e outras entidades.

Após a avaliação dos resultados das amostras coletadas, o relatório emitido pela Funasa conclui que foram detectados baixos níveis de THMs.

O maior problema da água de Curitiba está associado à vulnerabilidade ambiental de seus mananciais.

Em busca de melhoria na qualidade da água bruta foi definida a criação de um grupo interdisciplinar que deverá elaborar e implementar um plano de trabalho com metas de curto, médio e longo prazo para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica. Fazem parte deste grupo representantes da sociedade, dos setores de saúde e meio ambiente entre eles Instituto Ambiental do Paraná (IAP), Ordem dos Advogados do Brasil (OAB/PR), Conselho Regional de Engenharia (Crea), Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (Abes),

Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), Sanepar, secretarias estaduais e municipais de Saúde, de Meio Ambiente, comitês de bacia.

O relatório emitido pela Funasa é enfático ainda em assegurar que "segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) os estudos epidemiológicos existentes ainda não permitem concluir que os THMs sejam cancerígenos para o homem. A National Academy of Sciences, ao avaliar uma revisão de 13 estudos epidemiológicos chegou à conclusão que não existem informações suficientes para admitir uma associação entre a presença de THMs em água e o desenvolvimento de câncer em seres humanos. O índice encontrado em Curitiba foi menor que 10 miligramas por litro", controle este que vem sendo periodicamente realizado pela Secretaria de Estado de Saúde em amostras coletadas nos sistemas da Sanepar.

Para a Sanepar as recomendações da Funasa contidas no relatório são extremamente positivas. A empresa concorda ainda que cabe a cada órgão atuar dentro de suas competências permitindo avaliar as pressões antrópicas exercidas sobre os mananciais de abastecimento. A degradação ambiental dos mananciais de Curitiba não é provocada pela Sanepar, ao contrário, a Empresa como usuária dos recursos hídricos sofre diretamente as conseqüências do comprometimento da qualidade da água dos rios. Prova disto, é a geração de pequenas quantidades de THMs.

Outras alternativas de desinfecção

Uma das grandes preocupações das autoridades sanitárias é que, na tentativa de diminuir a concentração dos THMs atribuída à prática de cloração, venham a ser adotadas técnicas de desinfecção que ofereçam menor segurança a uma eventual contaminação da água. Nos estudos sobre o emprego de outros desinfetantes foram utilizadas as aplicações com ozônio, dióxido de cloro e cloraminas, estes três desinfetantes não produzem trihalometanos, embora eles possam provocar o aparecimento de outros subprodutos ainda não identificados e cuja toxicidade é desconhecida.

Variação do desinfetante

Apresenta-se aqui algumas das características e ações destes produtos usados como alternativas de desinfecção da água nos processos de tratamento.

Ozônio

O ozônio é uma forma alotrópica do oxigênio com odor peculiar, muito volátil, pouco solúvel na água, decompondo-se facilmente a temperaturas elevadas. Devido à sua baixa estabilidade, a produção do ozônio tem que ser efetuada no próprio local da aplicação, exigindo investimentos elevados nas instalações, além de um consumo de energia elétrica variando entre 25 KWH até 35 KWH por grama de ozônio.

A utilização do ozônio apresenta vantagens e desvantagens tais como:

Vantagens:

- Ele é um poderoso oxidante que atua rapidamente sobre a matéria orgânica.
- A sua ação desinfetante é efetiva numa grande faixa de variação de temperatura.
- A sua ação bactericida esporicida é rápida e maior que todos os outros agentes conhecidos. Dizem ser de 300 a 3.000 vezes maior e mais rápida do que a do cloro e só necessita de pequenos períodos de contato.
- Não são gerados nem intensificados odores porque não há formação de complexos de adição e substituição.
- Pode ser usado para remoção de pesticidas ou outras substâncias orgânicas, tais como: detergentes sintéticos, herbicidas, etc.
- Na sua decomposição na água, produz unicamente oxigênio.
- Seu poder oxidante não é afetado pelo pH da água.

Desvantagens:

- O ozônio é um gás muito venenoso; sendo a sua concentração máxima permissível na atmosfera de 0,1 mg/m³.
- Não apresenta odor e nem cor perceptível, tornando-se assim, muito perigoso.
- Não deixa resíduo para uma ação desinfetante posterior.

- Requisitos de energia elétrica, custo, instalação e operação são altos, cerca de 10 a 15 vezes maiores que para o cloro.
- A mistura ozona-ar produzida pela necessária geração própria ao ponto de aplicação é apenas pouco solúvel na água e a produção se torna complicada quando a temperatura e a umidade são elevados.
- O processo é menos flexível do que o cloro para um ajuste de dosagem no caso de variação de vazão e qualidade da água.
- Não existem técnicas analíticas suficientemente específicas ou sensíveis para o controle imediato e eficiente do processo.
- As águas com alto teor de matéria orgânica (principalmente algas) exigem um pré-tratamento para satisfazer a demanda de ozona.

Em resumo, o ozônio é um bom método de desinfecção e de controle de odor e sabor da água. Infelizmente, o custo do equipamento é muito mais elevado do que os cloradores convencionais e a despesa com a eletricidade necessária para a sua produção é maior do que a empregada na aquisição de doses equivalentes de cloro liquefeito.

Entre as dificuldades aqui colocadas quanto à ozonização das águas de abastecimento público destaca-se como grande inconveniente do ozônio a sua impossibilidade de produzir um residual que previna eventual contaminação do sistema, além dos subprodutos que ocasionalmente podem vir a ser identificados. Isso é muito importante, principalmente para os nossos sistemas distribuidores que possuem regiões operando com baixa pressão e sujeitos às conseqüências da pressão negativa. Contudo, numa hipótese de que este problema fosse sanado, a presença de um residual é sempre uma exigência de lei para garantir a saúde do consumidor. Portanto, se a utilização do ozônio exige a adição do cloro para se ter um residual, este reagirá com os precursores orgânicos dos trihalometanos e então pouco progresso é obtido.

Dióxido de cloro

O dióxido de cloro é um gás muito oxidante e que não pode ser transportado como cloro no estado líquido, necessitando que sua fabricação se faça no local do emprego (figura 1).



Os investimentos da instalação produtora de dióxido de cloro são elevados e somente justificáveis para uma produção superior a 1 tonelada por dia. A fórmula química do dióxido de cloro é ClO_2 , constituindo-se num oxidante energético que possui propriedades bactericidas, esporicida e viruslicidas, podendo também, em alguns casos destruir os compostos orgânicos nocivos e oxidar os compostos redutores tais como: sulfatos ou óxidos metálicos. A ação bactericida do dióxido de cloro tem sido objeto de numerosos estudos, demonstrando-se que permite uma rápida eliminação das bactérias numa gama de pH superior ao do cloro. Para o caso de águas ligeiramente alcalinas, a velocidade de esterilização do dióxido de cloro é superior àquela do cloro.

Enfim, o dióxido de cloro tem uma estabilidade muito maior que o cloro e sobretudo maior que o ozônio. Assim, uma água tratada com 0,35 ppm de ClO_2 e conservada na obscuridade a 20°C contém ainda, após 48 horas de 0,20 a 0,25 ppm do agente desinfectante. O cloro, nas mesmas condições praticamente desaparece, ao fim de algumas horas e o ozônio por seu lado, tem uma estabilidade de 20 minutos no máximo.

O ClO_2 se mostra particularmente vantajoso quando a água deva ficar durante um tempo mais ou menos longo nas redes de distribuição para manter uma qualidade bacteriológica.

As primeiras aplicações do dióxido de cloro no tratamento das águas tiveram por objetivo a destruição de sabor resultante da presença de traços de fenóis ou de seus compostos clorados. Mellen, F. N. citou que seu custo em relação ao cloro é elevado, atingindo proporções, como no caso da Holanda, 17 vezes superior ao cloro.

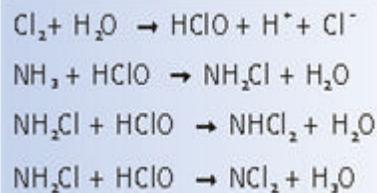
O interesse da ação do dióxido de cloro sobre os microorganismos foi colocado em evidência pelas estações de tratamento de água potável na região de Paris, onde o pré-tratamento com dióxido de cloro é aplicado desde 1953. Este pré-tratamento elimina não somente odor e sabor ofensivos aos sentidos, como melhora o estado e a duração da vida dos filtros impedindo a proliferação dos microorganismos.

Por outro lado, além de não estar ainda comprovada a sua eficiência na redução dos trihalometanos, o dióxido de cloro tem, como vantagem, propiciar um residual ao longo do sistema distribuidor.

Não obstante, como na ozonização da água, além dos elevados investimentos requeridos, também se desconhece a eventual formação de subprodutos e sua toxicidade.

Cloraminas

O cloro, sob a forma de ácido hipocloroso, reage com a amônia presente na água formando as monoclорaminas, dicloraminas e tricloreto de nitrogênio. As reações ocorrem mais rapidamente em valores de pH mais baixo, onde a concentração do ácido hipocloroso não dissociado é mais elevada, conforme as equações:



A ação bactericida das cloraminas é muito menor do que o cloro livre, dissociado ou não. Para um pH de 8,5 onde mais de 85% do ácido hipocloroso se apresenta dissociado, o efeito bactericida deste último é pelo menos 25 vezes maior do que o cloro combinado ou cloramina.

Estudos mais recentes confirmam que é necessário um tempo de contato das cloraminas de aproximadamente 100 vezes superior, para inativar as bactérias do grupo coliforme para uma mesma concentração de cloro livre. Por esta razão as cloraminas não são recomendadas para serem utilizadas como um único desinfetante da água dos sistemas públicos de abastecimento, apesar de não produzir trihalometanos. Devido ao seu baixo poder bactericida, a cloramina não deve ser então usada exclusivamente, sendo necessária a adição de cloro para produzir um residual livre, podendo haver a formação dos trihalometanos.

Em resumo, as pesquisas parecem indicar que a substituição do desinfetante talvez não seja a solução mais recomendada ou mesmo prudente para eliminar os THMs, ou seja, não se pode incorrer no risco de substituir um problema por outro.

A substituição do cloro por outro desinfetante da água pode trazer muito mais riscos do que benefícios, pois, deve-se ter em conta que a queda das doenças

transmissíveis pela água somente foi alcançada com o emprego da técnica da cloração.

O uso do ozônio, dióxido de cloro e cloraminas reduz grandemente a formação dos THMs. Não obstante seus custos elevados, a impossibilidade técnica do ozônio manter um residual, ao longo do sistema distribuidor, as dificuldades do emprego do dióxido de cloro e cloraminas sem excesso do cloro residual, o desconhecimento de eventuais subprodutos formados e a sua toxicidade, comprometem a decisão pela troca do desinfetante.

Conclusões

A formação de trihalometanos em função da cloração da água é conhecida desde 1974 e por isso controlada. A Portaria n.º 36 de 19.01.90, do Ministério da Saúde, que regulamenta a qualidade de água destinada ao consumo humano, limita o teor de trihalometanos em 100 microgramas/litro.

A Portaria n.º 1469, de 29 de dezembro de 2000 do Ministério da Saúde, mantém este valor. Para que haja formação de trihalometanos, o manancial de água bruta deve ter a presença dos chamados agentes precursores, sendo estes compostos orgânicos naturais que compõem o húmus da Terra.

Sabe-se que a exposição ao clorofórmio, um dos principais THMs, nas concentrações encontradas, parece não ocasionar efeitos agudos à saúde humana. Todavia, as evidências toxicológicas e epidemiológicas, à luz das informações científicas disponíveis, induzem a admitir que estas substâncias constituem num risco à saúde humana em períodos de exposição com longa duração.

A tarefa dos profissionais encarregados de regulamentar este controle é de maximizar a proteção à saúde pública através do gerenciamento entre os riscos microbiológicos e os riscos dos contaminantes químicos na água potável. Para isso torna-se imprescindível a adoção de amplos programas de apoio tecnológico, que induzam a ações racionais em sintonia com a capacidade de resposta da estrutura de saneamento existente, para que se aprofundem as pesquisas sobre os THMs e as melhores alternativas de desinfecção para as águas de abastecimento público.

Referências

BATALHA, B.H.L. Presença de clorofórmio e de outros trihalometanos na água de consumo humano. **Engenharia Sanitária**.

HESPANHOL, I. Remoção de compostos orgânicos em águas de consumo humano. **Revista DAE**, São Paulo, v. 40, p.34-44, nov. 1980.

HESPANHOL, I.; AZEVEDO NETO, J. M.; BOTELHO, M.H.C. Usos do cloro na engenharia sanitária e ambiental; novas tecnologias de aplicação e quantificação dos impactos associados. **Revista DAE**, v. 42, p. 61-71, set. 1982.

LEME, F. P. **Teorias e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro : ABES, 1990. 608p.

MACEDO, L. H. H.; NOGUTI, M.; ABE, H. Y. Estudo dos trihalometanos. **Revista**

DAE, São Paulo, v. 43, n. 134, p. 42-47, set. 1983.

PEREIRA, A. M. S.; LUCA, S. J. Análise de trihalometanos em água de abastecimento público. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 15., 1989, Belém. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1989.

SANTOS, Carlos Lopes. Trihalometanos: resumo atual. **Engenharia Sanitária**, v. 26, p. 190-194, jun. 1987.

Autores

Agenor Zarpelon,

administrador de empresas e químico industrial, especialista em Gestão Empresarial pela FGV, e em Gestão Ambiental pela UFPR, gerente de produção da Unidade de Serviço de Produção de Água de Curitiba e Região Metropolitana

da Sanepar

Eloize Motter Rodrigues,

engenheira química, especialista em Gestão Técnica do Meio Urbano pela PUC-PR e M.B.A. em Gestão Empresarial pela FGV, engenheira de planejamento e desenvolvimento da Unidade de Serviço de Produção de Água de Curitiba e Região Metropolitana da Sanepar.

FORMAÇÃO DE TRIHALOMETANOS EM SOLUÇÕES SANIFICANTES UTILIZADAS NO PROCESSO DE DESINFECÇÃO DE INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO

Jorge Antônio Barros de Macêdo

Nélio José de Andrade

José Benício Paes Chaves

Júlio Maria de Andrade Araújo

Marco Túlio Coelho Silva

Cláudio Pereira Jordão

Resumo

Avaliou-se a formação de trihalometanos (THMs), em soluções sanificantes utilizadas na IA (indústria de alimentos), preparadas a partir de água obtida no reservatório da IA, proveniente de processo de desinfecção conduzido na estação de tratamento de água (ETA) de Poços D'Antas, em Juiz de Fora, com pré-cloração com hipoclorito de sódio (HPCS). As amostras foram coletadas na caixa de partida da ETA e num ponto da rede (panificadora/IA). A formação desses compostos foi avaliada nas soluções de DCIS (Dicloroisocianurato de sódio) em concentrações usadas no controle da microbiota de superfícies nas indústrias de alimentos (SA). Essas soluções foram preparadas usando-se água da ETA, coletada após o processo de desinfecção. As concentrações de THMs foram determinadas por cromatografia de fase gasosa em coluna capilar com procedimento de microextração em fase sólida (MEFS). Ocorreu a formação de THMs na pré cloração com o HPCS, em níveis considerados relevantes nos dois pontos de amostragem. Na desinfecção por meio da pré-cloração com HPCS, a concentração total de trihalometanos (TTHMs) nas amostras da ETA e da IA atingiram os valores de 117,52 e 220,94 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente, com média de três repetições. Os resultados do teste "t" indicam que em aproximadamente 90% das amostras analisadas o nível de triclorometano (TCM) encontrado é maior no ponto da rede. As concentrações mais elevadas na panificadora são explicadas pela distância que a água percorre até o reservatório da IA, permitindo maior tempo de contato do sanificante com as substâncias húmicas. Os níveis mais elevados detectados na pré-cloração, são devidos a maior concentração de substâncias húmicas na água bruta, o que mostra a importância da coagulação, etapa do tratamento convencional de água, no controle da formação de THMs e outros subprodutos da cloração. Para este

trabalho usou-se, para preparo das soluções utilizadas no processo de desinfecção, a água coletada no reservatório da IA, quando utilizou-se a pré-cloração na ETA. Com relação às soluções para uso em SA, cujas concentrações variaram de 7 a 210 mg de CRL.L-1, os resultados encontrados mostram a tendência de se manterem constantes ou de reduzirem as concentrações de THMs, independentemente dos níveis de DCIS. Este artigo, é parte de uma pesquisa, que confirma a grande viabilidade do uso do DCIS em processos de desinfecção na IA e em ETA, mas ressalta-se a necessidade da utilização de um produto com maior grau de pureza, já que foram detectadas substâncias desconhecidas, em níveis de traços.

Palavras-chave: trihalometanos, desinfecção, tratamento de água, indústria de alimentos

Abstract

We assessed the formation of trihalomethanes (THMs) in sanitizing solutions used in the food industry, prepared with water taken from the industries' reservoirs, and which had gone through a disinfection process – pre-chlorination with sodium hypochlorite (SH) – at the Poços D'Antas water treatment facility (WTF) in Juiz de Fora. The samples were collected from the outflow point at the WTF, and a site on the supply network (at a bakery). The formation of the compounds was assessed in the sodium dichloroisocyanurate solutions (SDS), at concentrations used for controlling the surface microbiota at food industries. The solutions were prepared with water from the WTF after disinfection. The THM concentrations were determined through capillary column gas chromatography by solid phase microextraction (SFME). THMs formed during the pre-chlorination with sodium hypochlorite, at significant levels at both sampling sites. During the disinfection through pre-chlorination with sodium hypochlorite the total concentration of trihalomethanes (TTHMs) in the WTF's and food industry's samples were 117.52 and 220.94 g.L-1, respectively, with an average of three repetitions. The "t" test results indicate that in approximately 90% of the analyzed samples the highest level of trichloromethane (TCM) found was at the water supply network site. These highest concentrations at the bakery can be explained by the distance traveled by the water until it reaches the food industry's reservoir which enables the sanitizer to remain for a longer period in contact with the humic substances. The highest levels detected during pre-chlorination are due to greatest concentration of humic substances in the raw water, showing the importance of coagulation, a stage in conventional water treatment, in controlling the formation of THMs and other by-products of chlorination. In this study, to prepare the disinfectant solutions we will use water collected from the food

industry's reservoir, pre-chlorinated at the WTF. As for the solutions to be used in the food industries, whose concentrations ranged between 7 and 210 mg of CRL.L-1, the results show a trend for them to remain constant or to reduce the THM concentrations regardless of the DCIS levels. This article is part of a study that confirms the viability of using DCIS in disinfection processes both in the food industry and WTFs. However, a product with a higher purity level would be more adequate, since we have detected traces of unknown substances.

Key words: trihalomethanes, disinfection, water treatment, food industry

Introdução

No processo de desinfecção da água para o abastecimento público ou para a indústria de alimentos com produtos à base de cloro, existe a probabilidade de formação de substâncias potencialmente cancerígenas. Tais substâncias são denominadas subprodutos da cloração, dentre elas destacam-se os trihalometanos (THMs), que se originam das reações entre o cloro e as substâncias orgânicas, os ácidos húmicos e fúlvicos, presentes na água. O triclorometano (TCM), bromodiclorometano (BDCM), dibromoclorometano (DBCM) e tribromometano (TBM) são os principais compostos oriundos dessas reações.

Em água para abastecimento público as substâncias, como cloro gasoso, hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio, têm sido largamente utilizadas no processo de desinfecção. Este uso está ligado ao custo desta matéria-prima, os níveis utilizados, em geral, variam de 0,2 a um valor máximo de 2 mg.L⁻¹ de cloro residual livre (CRL) (BRASIL, 2001). Em 1900, foi testado com sucesso o uso de um outro derivado clorado: o dióxido de cloro. Já os serviços de alimentação utilizam, em sua maioria, o diclororisocianurato de sódio (DCIS) em concentrações que variam de 7 a 210 mg.L⁻¹ de CRT (ANDRADE e MACÊDO, 1996, MACÊDO, 2000).

A partir de 1974, quando nos EUA estudos mostraram pela primeira vez a correlação positiva entre águas de abastecimento público e câncer, várias pesquisas foram desenvolvidas, das quais se destaca aquela realizada pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA) em 113 estações de tratamento d'água (ETA). Trihalometanos foram encontrados em todas as ETAs que utilizavam derivados clorados nos processos de desinfecção (MACÊDO, 1997).

Em 1979 a EPA estabeleceu 100 mg.L⁻¹ como a concentração máxima total de trihalometanos (THMs) em água para abastecimento público (MACÊDO, 1997).

Com a divulgação a partir de 1982 da presença de THMs em refrigerantes e da confirmação da correlação entre câncer e THMs, alguns países adotaram um valor máximo para THMs em águas de abastecimento público, sendo o Canadá 350 mg.L⁻¹, a Alemanha 25 mg.L⁻¹, a Holanda 75 mg.L⁻¹ e a França 10 mg.L⁻¹. No Brasil, somente a partir de 1990, pela Portaria n.º 36, de 19 de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde, ficou estabelecido que o valor máximo permitido (VMP) é 100 mg.L⁻¹. Esta legislação ressalta ainda que este valor poderá ser revisto, em função de estudos toxicológicos em andamento (MEYER, 1994; MACÊDO, 1995). Em 1998, a EPA, reduziu em 20% os valores preconizados para THMs, passando para o valor de 80 mg.L⁻¹ como a concentração máxima aceitável. Segundo FERREIRA FILHO (2001) espera-se uma redução futura para 40 ug.L⁻¹. Em 2001, no Brasil entra em vigor a Portaria n.º 1469 (BRASIL, 2001), em substituição a Portaria n.º 36, mas o nível de 100 mg. L⁻¹ como valor máximo permitido (VMP) é mantido.

A importância dos THMs em nível mundial prende-se ao fato de que, além de serem considerados potencialmente carcinogênicos, são também indicadores da possível presença de outros compostos organoclorados (ácido acético clorado, haloacetoneitrilos, cloropicrin, clorofenóis, cloropropanonas), também resultantes do processo de cloração das águas e mais perigosos que os próprios THMs. Em função dos riscos, a EPA chegou a estabelecer em dezembro de 1993 que 30 substâncias químicas são consideradas nocivas à saúde, dentre essas destacaram-se os THMs e na época se indicava tolerância zero aos trihalometanos, a meu ver uma posição extremamente rígida, que foi alterada posteriormente (MACÊDO, 1997; GRAY, 1994).

Segundo TOMINAGA e MIDIO (1999), os THMs poderão chegar até o homem através da: a) ingestão de água; b) lavagem de roupas e louças; c) Durante o banho; d) através do uso de piscinas.

A inalação de clorofórmio (triclorometano) durante um banho de ducha, por 9 minutos pode chegar a ser 6 vezes maior que a ingestão da mesma água tratada durante 24 horas (TOMINAGA e MIDIO, 1999).

Em estudos realizados nos Estados Unidos, em ambiente, foram detectados níveis de bromofórmio (37,0 ug.m⁻³), dibromoclorometano (32,0 ug.m⁻³) e bromodiclorometano (7,4 ug.m⁻³). Já o clorofórmio apresenta níveis que variam de 0,07 a 3,8 ug.m⁻³ (TOMINAGA e MIDIO, 1999).

Em pesquisa realizada em alimentos, na Inglaterra, foram encontrados os seguintes níveis de clorofórmio: lácteos = 1,4 a 33 ug/L; carne = 1 a 4 ug/L; azeite e óleos = 0,4 a 18 ug/L; bebidas = 2 a 18 ug/L; frutas e verduras = 2 a 18 ug/L (TOMINAGA e MIDIO, 1999). No Brasil, TERRONES et al., 1996, publica trabalho que mostra a contaminação de 4 (quatro) marcas de leite industrializado por trihalometanos por de níveis que variaram de 14,5 a 377 mg.L⁻¹.

BEECH et al. (1980), publica o trabalho sobre a presença de nitratos, cloratos e trihalometanos em água de piscinas, sendo que, os níveis de TTHMs variaram de acordo com o tipo de piscina, sendo os valores encontrados os seguintes: i) piscinas com água a temperatura ambiente, 125 mg.L⁻¹ como valor médio e 430 mg.L⁻¹ como valor máximo; ii) piscinas de água salgada, 657 mg.L⁻¹ como valor médio e 1287 mg.L⁻¹, como valor máximo. Nas piscinas aquecidas existe um risco de exposição maior que nas piscinas de temperatura ambiente.

Na área de piscinas, se destacam em 1999 e 2000, os trabalhos de TARDIFF et al., com duas pesquisas importantes, a primeira sob o título Disinfection Byproducts (DBP) and their Developmental Hazards and/or Risks to Human Health; e a segunda pesquisa, Estimation of the Health Risks and Safety from Exposures to Chlorine and Chloroform for Swimmers in Pools. Como conclusões importantes, os autores, ressaltam: a) a necessidade de continuidade dos estudos toxicológicos para que as informações sobre os riscos da presença de THMs possam ser avaliadas sobre uma visão cientificamente correta; b) determina os níveis de triclorometano, que é um dos THMs, capazes de provocar uma intoxicação crônica para piscinas cobertas e externas, sendo que, para piscinas cobertas a lesão dérmica necessita de uma exposição de 8000 µg de triclorometano/ pessoa.dia, a intoxicação por inalação necessita de uma concentração de 15 µgde triclorometano/pessoa.dia, a intoxicação por ingestão necessita uma concentração de 400 µg de triclorometano/ pessoa/dia.

Os trihalometanos se enquadram nos grupos de compostos chamados DBP (disinfection byproducts) ou CBP (chlorination byproducts), e como já citado, surgem a partir de 1974, quando nos EUA, estudos mostraram pela primeira vez a correlação positiva entre águas de abastecimento público, que sofreram processo de desinfecção com derivados clorados e o câncer. Esta pesquisa foi realizada em Nova Orleans, onde a taxa de mortalidade por câncer é uma das mais altas dos EUA (MACEDO, 2000).

A National Academy's Safe Drinking Water Committee levantou a hipótese de que a ingestão de água contendo triclorometano (clorofórmio) na concentração de 20 mg.L⁻¹, durante a vida, provoca um caso a mais de câncer que o normal em cada 33.333 habitantes, com nível de confiança de 95% (ABDEL-RAHMAN, 1982).

CANTOR et al. (1978) no trabalho denominado a Associação da mortalidade por câncer com halometanos em água potável, determinou uma correlação positiva dos níveis de THMs com vários tipos de câncer, incluindo o de bexiga e cérebro em ambos os sexos.

CANTOR (1982) publicou a pesquisa Evidência Epidemiológica da Carcinogenicidade dos Organoclorados em Água Potável, chegando à conclusão que existe uma correlação positiva e o risco aumenta com o número de anos de exposição aos organoclorados e que deve existir um controle dos níveis dos subprodutos da cloração e de outros contaminantes orgânicos da água potável

e BALSTER e BORZELLECA (1982), fazem a avaliação da toxicidade dos trihalometanos como contaminantes da água potável em ratos.

Novamente CANTOR (1992), publica trabalho no qual associa os subprodutos da cloração com o câncer, apresentando uma tabela (quadro 1) que compara o risco de ter câncer em função do número de anos ingerindo água clorada e do volume de água ingerido por dia.

QUADRO 1 - RISCO RELATIVO DE TER CÂNCER EM FUNÇÃO DO PREENHE DO AGUA CLORADA
 THOMAS, BORDENHYTE E DO NÚMERO DE ANOS INGERINDO A TABELADA DA
 AGUA.

Volume consumido de água clorada (l/dia)	Anos de uso de água clorada				
	0	1-10	10-20	20-30	>60
≤ 0,92	1,0	1,0	1,8	3,0	1,0
0,91 - 1,32	1,0	1,0	0,8	1,6	0,8
1,33 - 1,44	1,2	1,2	0,8	1,3	1,1
1,45 - 1,95	0,8	0,9	1,1	1,7	1,7
1,96	1,2	1,0	1,2	1,7	2,0

Fonte: Cantor - 1992

Obs.: O risco relativo calculado para o câncer de bexiga, considerando apenas os dados de consumo de água clorada e não de outros fatores de risco, como a tabagismo, não é considerado.

GRAY (1994), ressalta que a importância dos THMs em nível mundial prende-se ao fato de que, além serem considerados carcinogênicos são também indicadores da possível presença de outros compostos organoclorados (ácido acético clorado, haloacetoneitrilos, cloropicrin, clorofenóis, cloropropanonas), também resultantes do processo de cloração das águas e mais perigosos que os próprios THMs.

A pesquisa mais recente e que chamou mais atenção foi publicada pelo Environmental Working Group (EWG) e pelo United States Public Interest Research Group (U.S. PIRG) em 2002, que ressalta os riscos para mulheres grávidas expostas a altos níveis de subprodutos da cloração, que poderá levar a abortos ou a defeitos congênitos nas crianças, a U.S. EPA estima que CBPs causam mais 9300 casos de câncer na bexiga por ano (EWG, 1999; USPIRG, 2002; AGUAONLINE, 2002; AWWA, 2002, MACEDO, 2002).

Se avaliados os dados referentes ao nível de THMs em água potável indicados pela Usepa, pode-se concluir que o problema de THMs está relacionado com a saúde pública, pois este órgão estabelece 100 ug.L⁻¹ (micrograma por litro) como a concentração máxima total de trihalometano (THM) em água para abastecimento público em 1979, em 1998 a EPA estabelece como valor final para concentração máxima 80 ug.L⁻¹ (MACÊDO, 2001) e como já citado, espera-se uma redução futura, em um segundo estágio, para 40 ug.L⁻¹ (POMES, et al., 2002; FERREIRA FILHO 2001), esta redução indica uma preocupação com ingestão destes subprodutos da desinfecção, ou seja, em 23 anos o nível máximo permitido na água potável deverá sofrer uma redução de mais de 50%.

Dada a carência de informações e de pesquisas nesta área no Brasil e sua importância para a saúde pública, este trabalho teve o objetivo de avaliar a formação de trihalometanos em processo de desinfecção de hortigranjeiros nos

serviços de alimentação. Em relação aos serviços de alimentação, avaliou-se o uso do DCIS em concentrações que variaram entre 7 e 210 mg.L⁻¹ de cloro residual total (CRT).

Utilização dos *derivados clorados*

O uso de derivados clorados de origem inorgânica, como gás cloro, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio e dos derivados clorados de origem orgânica, cujo principal representante é o dicloro isocianurato de sódio, tem contribuído para o controle das doenças de origem hídrica e alimentar, do processo de desinfecção de pisos, equipamentos e utensílios em áreas de industriais e de residências (ODLAUG e PFLUG, 1976; LEITÃO, 1976; DYCHDALA, 1977; BLATCHLEY III, 1994; ANDRADE e MACÊDO, 1996; MACÊDO, 2000).

O uso de derivados clorados no processo de desinfecção, resultou na melhoria da qualidade de vida das populações abastecidas por água tratada. Alguns exemplos podem ser citados: a) a partir de 1908 com o início da chamada "cloração da água potável" se reduziu a mortalidade por febre tifóide no Estados Unidos em 40%; b) de 1900 a 1920 a perspectiva de vida nos Estados Unidos cresceu 19%, ou seja, passou de 47 para 56 anos; c) Em 1910 ocorria nos Estados Unidos uma média de 450 surtos de doenças de veiculação hídrica por ano e existiam no país em torno de 20 estações de tratamento de água já implantadas; 1960, ocorreram, em média, 10 surtos de doenças de veiculação hídrica e existem no país quase 10.000 estações de tratamento de água que utilizam o processo de desinfecção com derivados clorados; d) Em 1991, a cólera causou a morte de milhares de habitantes do Peru, sendo a origem da doença a suspensão do processo de desinfecção por derivados clorados no tratamento de água potável, pela interpretação incorreta de uma diretriz da Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (Usepa), sendo que as autoridades peruanas ignoraram todos os trabalhos científicos sobre o desenvolvimento de biofilme bacteriano, cuja formação é facilitada pela falta de um nível de cloro residual. Outros casos de surto de cólera veiculados pela água, em países como Itália, Albânia e Ruanda foram erradicados pelo processo de desinfecção com uso de derivados clorados (ZARPELON, 2001).

O cloro foi descoberto em 1808 por Humprey Davy e teve as suas propriedades bactericidas demonstradas sob condições de laboratório pelo bacteriologista Koch, em 1881. O uso do cloro foi aprovado pela American Public Health Association (APHA), em 1886, para uso como desinfetante. A partir do início do século XIX, algumas regiões dos Estados Unidos já utilizavam este agente químico no processo de desinfecção de águas para abastecimento público (CHAMBERS, 1956; MACÊDO, 2000; BLOCK, 2000).

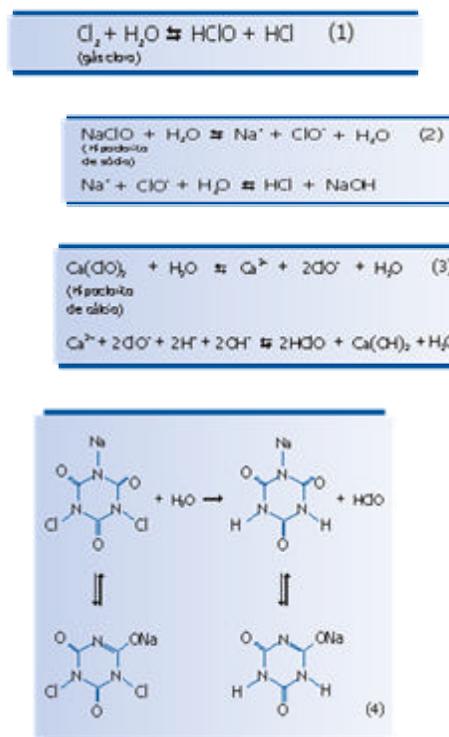
O uso contínuo do cloro só ocorreu a partir de 1902, na Bélgica, com o chamado refinamento da cloração, isto é, determinação das formas de cloro

combinado e livre e a cloração baseada em controles bacteriológicos (MEYER, 1994; LAUBUSCH, 1971).

O primeiro setor a aderir ao seu uso para melhorar a qualidade da água que utilizava e, também, na sanificação de pisos, paredes e utensílios foi a indústria de alimentos. Em 1939, quando o United States Milk Ordinance and Code recomendou o cloro como agente de sanificação de equipamentos, sua utilização já era uma prática totalmente difundida (CHAMBERS, 1956; DYCHDALA, 1977).

1. Reações do derivado clorado na água

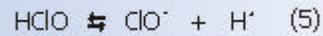
A hidrólise dos principais derivados clorados é representada pelas equações 1, 2, 3 e 4 (DYCHDALA, 1977; TCHOBANOGLOUS e BURTON, 1991; BLOCK, 1991; MEYER, 1994; MARRIOT, 1995; ANDRADE e MACÊDO, 1996).



Com a relação ao dicloroisocianurato de sódio, deve-se ressaltar que a representação por duas estruturas se deve ao fato de que na produção do referido produto parte-se do ácido cianúrico que pode apresentar duas formas tautoméricas: a) a forma enol denominada ácido cianúrico; e b) a forma ceto, o ácido isocianúrico, cuja diferença está na posição de ligação do hidrogênio, que no caso do ácido cianúrico está ligado ao oxigênio e no ácido isocianúrico está ligado ao nitrogênio (CLEARON, 1997). Optou-se por utilizar o nome dicloroisocianurato de sódio em função de que no Brasil todas as empresas apresentam nos seus documentos técnicos a estrutura química na forma com o sódio ligado no nitrogênio.

A ação oxidante e sanificante dos derivados clorados é controlada pelo ácido hipocloroso (HClO), um produto resultante da hidrólise da substância clorada (equações 1,2,3 e 4). O HClO e ClO⁻ é denominado de cloro residual livre (CRL) (MACÊDO, 2000).

O ácido hipocloroso é um ácido fraco, cuja constante de dissociação (pKa), a 30°C, é 3,18 x 10⁻⁸ e que em solução aquosa se dissocia para formar o íon hidrogênio e o íon hipoclorito (equação 5).



Portanto, os compostos clorados são mais efetivos em valores de pH baixos quando a presença de ácido hipocloroso é dominante, ou seja, em pH acima de 8,5 a concentração de HClO em solução é tão pequena que já não teríamos uma ação sanificante eficiente.

2. O processo de cloração nas estações de tratamento de água (ETA)

Quando um derivado clorado é adicionado à água ocorre, em primeiro lugar, a reação de oxidação da matéria orgânica, que recebe o nome de demanda de cloro. Satisfeita a demanda, o derivado clorado reage com a amônia, formando as cloraminas inorgânicas, que são denominadas de cloro residual combinado. Após a formação das cloraminas inorgânicas, tem-se a presença do chamado cloro livre, que é constituído do ácido hipocloroso e do íon hipoclorito (Figura 1). A partir da formação do CRL existe a probabilidade de formação dos chamados THMs.

O cloro residual total (CRT) é a soma das concentrações do cloro residual livre (CRL) e do cloro residual combinado (CRC).

Há basicamente três métodos de aplicação de cloro: a cloração simples, a amônia cloração e a cloração ao break-point ou ponto de quebra.

Na cloração simples não existe a preocupação de satisfazer a demanda, simplesmente aplica-se o derivado clorado, que ao fim de determinado tempo de contato o residual esteja entre 0,1 e 0,2 mg.L⁻¹, que é considerado suficiente para garantia da qualidade microbiológica da água (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

Se o conceito da cloração simples for mal aplicado em águas poluídas, o cloro não apresentará efeito bactericida adequado, já que o derivado clorado será rapidamente consumido.

A amônia-cloração corresponde à adição de amônia e do derivado clorado simultaneamente. É o processo utilizado em águas que contêm matéria orgânica na forma de fenóis, evitando a formação dos chamados clorofenóis, que são responsáveis por odores e sabores. A escolha deste processo baseia-se no menor poder oxidante das cloraminas inorgânicas, bem como na sua maior estabilidade, conseguindo manter um residual na rede de distribuição, evitando contaminações no interior das canalizações (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991; SANTOS FILHO, 1985). Os pesquisadores BORGES, GUIMARÃES e EBERLIN (2001), publicam trabalho sobre a determinação de trihalometanos em águas de abastecimento utilizando-se a técnica Membrane Introduction Mass Spectrometry (MIMS), obtendo resultados para concentração de trihalometanos, na cidade de Paulínia, com valores variando entre 15 a 90 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e para Campinas, obtendo valores entre 5 a 30 $\mu\text{g.L}^{-1}$, os menores valores de THMs obtidos para a cidade de Campinas se justifica pelo uso da amônia cloração.

Já a cloração ao break-point ocorre sob condições controladas, adicionando cloro até que a demanda seja satisfeita. O cloro continua a ser adicionado até que os compostos cloro-nitrogenados (cloraminas inorgânicas) também sejam oxidados, pois estes compostos são os responsáveis por sabor e odor característicos dos derivados clorados.

O ponto em que o cloro adicionado libera somente HClO e ClO⁻, com a finalidade somente de desinfecção, é denominado ponto de quebra ou break point (SANTOS FILHO, 1985; TCHOBANOGLIOUS e BURTON, 1991).

O processo de desinfecção com a cloração ao break point pode ser aplicado na pré-cloração, ou na pós-cloração. Na pré-cloração a adição do derivado clorado faz-se antes de qualquer tratamento, ou seja, logo após a captação da água do manancial. Na pós-cloração o derivado clorado é aplicado após o processo de filtração, neste caso o consumo de cloro é menor, pois grande quantidade de matéria orgânica é retirada pelo processo de clarificação (sedimentação com agentes floculantes), reduzindo a demanda de cloro.

3. Processo de desinfecção na indústria de alimentos por derivados clorados

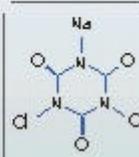
Na indústria de alimentos, os derivados clorados têm sido utilizados principalmente no processo de desinfecção das águas de resfriamento, superfícies de alimentos, tubulações, equipamentos, ambientes, pisos e paredes. A desinfecção têm como objetivo eliminar microrganismos patogênicos e reduzir o número de alteradores a níveis considerados seguros (GIESE, 1991; WEI et al., 1985; KATSUYAMA e STRACHAN, 1980).

O quadro 2 relaciona os principais compostos clorados inorgânicos e orgânicos (cloraminas orgânicas) disponíveis para o processo de desinfecção na indústria

de alimentos, assinalando as % de CRT, enquanto o quadro 3 mostra as respectivas estruturas químicas (DYCHDALA, 1977).

QUADRO 2 - RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS CLORADOS INORGÂNICOS E ORGÂNICOS	
Compostos clorados	% de cloro residual total
Hipoclorito de sódio (inorgânico)	1 - 10
Dicloroisocianurato de sódio (orgânico)	60

Fonte: Adaptado de MACEDO, 2000.

QUADRO 3 - ESTRUTURAS QUÍMICAS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS CLORADOS	
Compostos clorados inorgânicos	Fórmulas
Hipoclorito de sódio	NaClO
Dicloroisocianurato de sódio	

Fonte: Adaptado de MACEDO, 2000.

4. Informações sobre derivados clorados

Dos produtos apresentados o mais utilizado, atualmente, em função do custo e da disponibilidade do produto é o hipoclorito de sódio que é o princípio ativo da água sanitária, produto que possui de 2 a 2,5% de teor de matéria ativa. Ressalta-se que o hipoclorito de sódio é líquido e o manuseio do produto requer cuidados especiais para evitar perdas, pelo vazamento na tampa do frasco, pelo uso em excesso e do contato da pele com o produto, em função do pH de suas soluções.

Na década de 70, surgem os chamados derivados clorados orgânicos, denominados de cloraminas orgânicas, destacando-se o dicloroisocianurato de sódio e o ácido tricloro isocianúrico (DYCHDALA, 1977, DYCHDALA, 1991; ODLAUG e PFLUG, 1976; LEITÃO, 1976; BLATCHLEY III, 1994; BLATCHLEY III e XIE, 1995).

Os compostos clorados orgânicos, ou seja, as cloraminas orgânicas, cujo uso tem se expandido no Brasil, são produtos de reações do ácido hipocloroso com aminas, iminas, amidas e imidas (DYCHDALA, 1991). Dentre as cloraminas orgânicas destacam-se, como já citado, o ácido dicloroisocianúrico, seus sais de sódio e potássio, e o ácido tricloroisocianúrico.

Geralmente, os derivados clorados de origem orgânica, são comercializados na forma de pó, possuem uma maior estabilidade ao armazenamento do que os compostos clorados inorgânicos, por exemplo, os derivados clorados de origem inorgânica possuem um prazo de validade de 4 meses, enquanto os orgânicos, chegam a alcançar um prazo de validade de 3 a 5 anos (HIDROALL, 2000a; HIDROALL, 2000b; LEVER INDUSTRIAL, 1991; LEVER INDUSTRIAL, 1995; BAYER, sd, HTH, 1999; GENCO, 1998). Também são mais estáveis em solução aquosa o que implica numa liberação mais lenta de ácido hipocloroso e

conseqüentemente permanecem efetivos por períodos de tempos maiores, mesmo na presença de matéria orgânica (ANDRADE e MACÊDO, 1996).

Atualmente existe no mercado o dicloroisocianurato de sódio na forma comprimido efervescente, em diversos tamanhos, ou seja, o tamanho do comprimido a ser utilizado é em função do volume da solução sanificante a ser preparada e da concentração de cloro residual livre que se deseja, o que evita erros na dosagem do teor de matéria ativa e na perda do produto pelo consumo em excesso.

O ácido tricloroisocianúrico (ATCI), atualmente é utilizado no processo de desinfecção de piscinas, no processo de desinfecção de água para aves e abastecimento público, o ATCI é um produto de natureza ácida, indica-se no caso da água utilizada para aves a manutenção de residual de 1 a 2 mg de CRL / L nos bebedouros (HIDROALL, sda).

Outra característica que é considerada como vantagem pelo dicloroisocianurato de sódio para seu uso no dia-a-dia é o pH da sua solução a 1%, que varia de 6,0 a 8,0, enquanto o pH de outros derivados clorados como hipoclorito de sódio e/ou de cálcio varia de 11,0 a 12,5, que é cáustico. O quadro 4 apresenta os valores do pH para os principais derivados clorados.

Derivado clorado	pH da solução a 1%
Hipoclorito de sódio	11,5 - 12,5
Hipoclorito de cálcio	10,5 - 11,5
Dicloroisocianurato de sódio	6 - 8
Ácido tricloroisocianúrico	2,7 - 2,9

Fonte: HIDROALL, 2000a; HIDROALL, 2000b; HTH, 1999; GENCO, 1993; DYCHEMALL, 1991; OXYCHEM, 2001.

O aspecto importante que tem contribuído para o aumento do uso de derivados clorados, de origem orgânica, é sua característica de não formar trihalometanos, em níveis considerados significativos (THMs) como subprodutos do processo de desinfecção (MACÊDO, 1997).

Deve-se ressaltar que, derivados clorados de origem orgânica, como o dicloroisocianurato de sódio e o ácido tricloroisocianúrico foram "certificados" para serem utilizados em tratamento químico de água para abastecimento público pelo National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, em 2002. O ácido tricloroisocianúrico em julho de 2001 recebeu o registro na Environmental Protection Agency (EPA) para desinfecção de água potável (NSF 2002; OXYCHEM, 2001a).

Pesquisa de opinião pública, realizada pela Data Kirsten por solicitação da Bayer Saúde Ambiental, com apoio da SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), avaliou a preferência entre dois agentes descontaminantes usados para água de consumo, o hipoclorito de sódio e o dicloroisocianurato de sódio, os resultados obtidos comprovam afirmação anterior, onde o grau de preferência pelo dicloroisocianurato de sódio alcançou 69,6%, contra 23,9% do hipoclorito de sódio, sendo que 6,5% dos entrevistados eram indiferentes (BAYER, 1999).

Material e Métodos Amostras de água

1. Amostras da estação de tratamento (ETA)

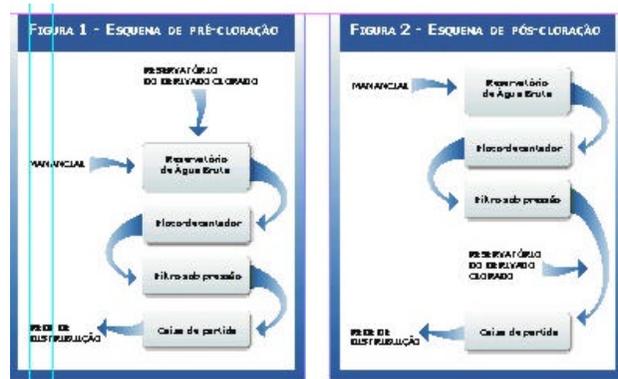
Amostras de água foram coletadas na ETA, situada no bairro Poço D'Antas, em Juiz de Fora-MG, que utiliza como manancial duas represas intercomunicantes e em níveis diferentes.

A ETA é compacta, constituída por três floco-decantadores com capacidade nominal de 11 L.s⁻¹ por decantador; três filtros sob pressão constituídos de camadas de pedregulho e areia, com taxa de filtração de 475 m³/m²/24 h.

A ETA de Poço D'Antas abastece os bairros de Lourdes, Tiguera e Santo Antônio, com volume aduzido de 2.850 m³/24h, com 1.339 economias (hidrômetros), abastecendo uma população aproximada de 7.000 pessoas.

Solução de sulfato de alumínio ferroso líquido foi usada como agente coagulante. Como auxiliar de coagulação e também na correção do pH utilizou-se o Ca(OH)₂.

A água foi fluoretada por meio do sistema de cones, com fluossilicato de sódio. A ETA de Poço D'Antas apresenta flexibilidade operacional, podendo utilizar o HPCS (hipoclorito de sódio) na pré (Figura 1) ou pós-cloração (figura 2).



A coleta da amostra na ETA foi realizada no reservatório de partida (figuras 1 e 2).

2. Amostras da indústria de alimentos (IA)

Amostras de água foram coletadas em uma padaria, situada no bairro Santo Antônio, em Juiz de Fora-MG. Esta panificadora possui reservatório com capacidade de 5.000 litros. Sua produção diária de pães, bolos e doces abastece 200 a 300 pessoas.

2.1. Análise físico-química da água

Amostras de água da ETA e da panificadora (IA) foram analisadas quanto às concentrações de trihalometanos (THMs), o objetivo central desta pesquisa. Além disso, as amostras da ETA e da panificadora, bem como as soluções sanificantes, foram avaliadas quanto a outras propriedades (OP): pH, cor, turbidez, cloro residual total (CRT), cianeto e cloreto. Neste trabalho apresenta-se somente os resultados referente a cloro residual total, THMs e cianeto, em função de variar-se as concentrações de DCIS.

2.2. Preparo das soluções sanificantes de dicloroisocianurato de sódio (DCIS) com água

da indústria de alimentos (IA)

No preparo das soluções sanificantes foi utilizado produto comercial, cuja matéria ativa é o DCIS, que é uma cloramina orgânica, com 45% de teor de matéria ativa (450.000 mg de CRT/kg do produto). A água utilizada no preparo destas soluções foram coletadas no reservatório da panificadora (IA).

2.3. Análise quantitativa e qualitativa dos trihalometanos (THMs)

Para quantificar as concentrações de THMs nas amostras utilizou-se a cromatografia de fase gasosa, com o método da adição do padrão interno (PI) (ARAÚJO, 1995).

Foi preparada uma solução do PI (diclorometano - DCM) grau cromatográfico MERCK, com pureza mínima de 99,5%. Para isso, adicionaram-se 10 mL do PI em balão volumétrico de 25 mL, completando o volume com metanol grau cromatográfico Merck, com pureza mínima de 99,8%. Esta solução contém 0,398 mg de DCM.mL⁻¹ de metanol.

A solução-padrão de THMs foi preparada a partir de uma mistura de padrões que continha bromodiclorometano (BDCM), dibromoclorometano (DBCM), tribrometano (TBM) e triclorometano (TCM) (SUPELCO, 1995d). A concentração de cada padrão na mistura foi de aproximadamente 200 mg/mL (quadro 5). Assim, adicionaram-se 4 mL da mistura de padrões e 4 mL do PI em balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com a água da ETA sem cloro residual total (CRT).

Trihalometanos	Porcentagem de pureza	Concentração Analítica (µg/mL)	Desvio-padrão (-)
Bromodiclorometano	95,7	195,0	5,0
Dibromoclorometano	97,9	196,0	5,3
Tribromometano	99,0	201,0	2,3
Triclorometano	98,0	195,3	3,6

Nota: SUPELCO, 1995d.

As amostras de água da ETA-Poços D'Antas, da panificadora e das soluções para desinfecção de hortigranjeiros em serviços de alimentação foram adicionadas em balão volumétrico de 25 mL que já continha 4 mL do PI e completou-se o volume com a água a ser analisada.

Para extração dos THMs e do PI das amostras foi utilizado o procedimento de microextração em fase sólida (MEFS) com fase estacionária polydimethylsiloxane (100 µm). Condicionou-se a MEFS à temperatura de 230°C por uma hora e utilizou-se o tempo de cinco minutos para extração (SUPELCO, 1995a; SUPELCO, 1995b; SUPELCO, 1995c; SUPELCO, 1995e; SUPELCO, 1991; HUANG, et al., 1997; PAGE e LACROIX, 1997; ARTHUR, et al., 1992).

A desorção dos THMs e PI baseou-se em referências bibliográficas (SUPELCO, 1995e; SUPELCO, 1991; PAGE e LACROIX, 1993; PAGE e LACROIX, 1997) e em

experimentação inicial, e concluiu-se que o tempo de seis minutos foi suficiente para a completa dessorção dos THMs e PI.

2.4. Cloro residual total (CRT)

Utilizaram-se o Photometer SQ 300 Merck e o Kit Spectroquant[®] 14.828MERCK que avaliam concentrações de CRT entre 0,008-12 mg de Cl₂.L⁻¹.

O processo baseia-se na oxidação do dialquil-p-fenilenediamina pelo gás cloro, HClO e hipocloritos para a forma semiquinoidal de cor vermelho-violeta (MERCK, 199...a).

Em 5 ml da amostra, foram adicionadas uma medida padronizada do reagente Cl₂-1A e duas gotas do reagente Cl₂-2A. Após 1 minuto determinou-se a concentração do CRT a 557 nm (MERCK, 199...a).

2.5. Cianeto

Utilizaram-se o Photometer SQ 300 Merck Kit Spectroquant[®] 14.800 MERCK, que avalia concentrações de cianeto entre 0,005-0,5 mg.L⁻¹, expressas em CN⁻.

O método baseia-se na reação entre o cloro e o cianeto. Ocorre a formação de cloro-cianogênio, que imediatamente reage com a piridina, originando o glutacona dialdeído, que condensa com 1,3 - ácido dimetil barbitúrico. Forma-se um produto colorido, denominado polimethine violeta (MERCK, 199...c).

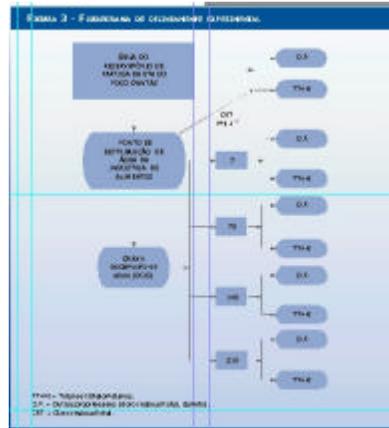
Em um tubo contendo 5 mL da amostra de água adicionou-se uma medida do reagente CN-1A. Fechou-se o tubo e agitou-se até completa dissolução. Em seguida, adicionou-se uma medida do reagente CN-2A, fechou-se o tubo e agitou até completa dissolução. Finalmente, adicionaram-se três gotas do reagente CN-3A, fechou o tubo e agitou até completa homogeneização. Aguardaram-se 5 minutos e determinaram-se as concentrações de cianeto, que foram determinadas a 585 nm (MERCK, 199...c).

3. Fluxograma do delineamento experimental

A figura 3 representa o delineamento experimental, sendo repetido por três vezes para cada um dos processos de desinfecção: a) pré-cloração com hipoclorito de sódio (HPCS); b) pós-cloração com HPCS. Cada processo de desinfecção, citado anteriormente, foi utilizado na ETA por sete dias. Dentro deste prazo e com uma diferença de 24 horas entre cada amostragem, na caixa de partida da ETA e na panificadora (IA), coletaram-se amostras de água, em

frascos de um litro. Estas amostras ficavam armazenadas no frasco de coleta por 24 horas, à temperatura ambiente. Após este período, foram realizadas análises físico-químicas das outras propriedades (OP) e de THMs.

Para comparar as médias dos resultados obtidos na ETA com os da IA, em relação a valores de THMs, com processos de pré e pós-cloração, utilizando-se o HPCS, aplicou o teste de "t", utilizando o programa estatístico SAEG-UFV.



Resultados e discussão

1. Análise físico-química de água da estação de tratamento (ETA)

e da panificadora (IA), em relação a cloro residual total (CRT) e cianetos.

O quadro 6 apresenta os resultados das análises físico-químicas referentes a cloro residual total (CRT) e cianeto nas amostras de águas coletadas na ETA-Poços D'Antas e na panificadora quando se utilizou o hipoclorito de sódio na pré ou pós-cloração.

QUADRO 6 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA COLETADA NA ETA E NA IA ANTES PRÉ OU PÓS-CLORAÇÃO COM HPCS (HIPOCLORITO DE SÓDIO), (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)

	Pré-cloração	
	CRT (mg.L ⁻¹)	Cianeto (mg.L ⁻¹)
ETA	1,61	0,010
IA	0,60	0,009
	Pós-cloração	
	CRT (mg.L ⁻¹)	Cianeto (mg.L ⁻¹)
ETA	0,66	0,007
IA	0,30	0,007

CRT = Cloro residual total.
ETA = Estação de tratamento de água.
IA = Indústria de alimentos.

A redução da concentração CRT da ETA para a IA justifica-se pela reação do cloro com a matéria orgânica presente na rede de distribuição. O aumento do tempo de contato permite a formação de concentrações mais elevadas de THMs, diminuindo, portanto, o valor do CRT (SANTOS, 1988; MORAES et al., 1979).

Em relação à concentração de cianeto, observou-se que os valores situaram-se abaixo de 0,1 mg.L⁻¹ recomendado pela legislação vigente à época (BRASIL, 1990), atualmente a Portaria 1469 do Ministério da Saúde propõe 0,07 mg.L⁻¹ (BRASIL, 2001). A característica química cianeto, classificada pela legislação como componente inorgânico que afeta a saúde, foi incorporada neste trabalho com a função de avaliar a liberação de cianeto em solução aquosa pelo DCIS (dicloroisocianurato de sódio), o que, com certeza, iria inviabilizar tal produto em abastecimento público e na indústria de alimentos.

2. Análise físico-química das soluções sanificantes

O quadro 7 apresenta os resultados da análise físico-química referente a cloro residual total (CRT) e cianeto nas soluções sanificantes preparadas a partir do dicloroisocianurato de sódio (DCIS), nas concentrações usadas para desinfecção de hortifrutigranjeiros em serviços de alimentação. As águas utilizadas para preparo dessas soluções eram provenientes da ETA-Poços D'antas com de dois processos de desinfecção diferentes: a) pré-cloração com hipoclorito de sódio (HPCS), b) pós-cloração com HPCS. Sendo as amostras coletadas na panificadora (IA).

QUADRO 7 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS SOLUÇÕES SANIFICANTES DE DCIS PREPARADAS COM ÁGUA DA ETA-POÇOS D'ANTAS, PROVENIENTES DE DIFERENTES PROCESSOS DE DESINFECÇÃO, AMOSTRAS COLETADAS NA IA, MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES

Pré-cloração (HPCS)		
SS (mg CRT.L ⁻¹)	CRT (mg.L ⁻¹)	Cianeto (mg.L ⁻¹)
7	6,98	0,009
70	69,94	0,009
140	139,35	0,009
210	210,11	0,009
Pós-cloração (HPCS)		
7	7,05	0,007
70	69,25	0,007
140	139,03	0,007
210	210,46	0,007

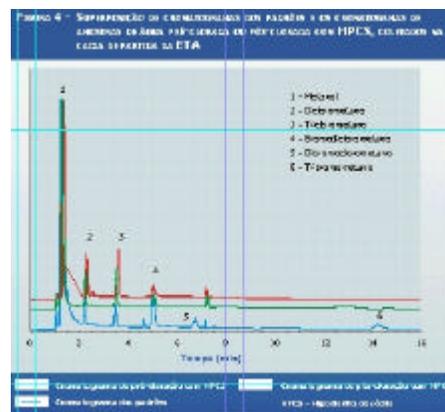
HPCS = Hipoclorito de sódio
 CRT = cloro residual total
 SS = Solução sanificante

As concentrações de cianeto permaneceram em níveis baixos quando se elevou a concentração do cloro residual total (CRT) até 210 mg.L⁻¹, independentemente do sanificante e do processo de desinfecção utilizado na ETA. Estes resultados eliminam dúvidas quanto ao uso desse agente no processo de sanificação na indústria de alimentos e em água para abastecimento público.

Os resultados obtidos para o CRT são previsíveis: o aumento da concentração de DCIS resulta num proporcional aumento da concentração do cloro residual total.

3. Análise de trihalometanos (THMs) nas amostras de água da ETA e IA

Pelos resultados apresentados na Figura 4, constatou-se a ocorrência do triclorometano (TCM) e do bromodiclorometano (BDCM) nas amostras de águas coletadas na caixa de partida da ETA, na pré e na pós-cloração com hipoclorito de sódio (HPCS), quando se superpõem os cromatogramas dessas amostras e o cromatograma dos padrões.



A água que recebeu o tratamento de pré-cloração e cujas amostras foram coletadas na ETA, apresentou concentrações de TCM que variaram entre 46,72 e 145,24 mg.L⁻¹, com média de 107,93 mg.L⁻¹. Já as concentrações de BDCM encontravam-se entre 8,24 e 11,64 mg.L⁻¹, com média de 9,59 mg.L⁻¹.

Quando o tratamento foi pós-cloração e as amostras foram coletadas na ETA, as concentrações de TCM situaram-se entre 46,64 e 50,84 mg.L⁻¹, com média de 48,97 mg.L⁻¹. Já as concentrações de BDCM, de 4,97 a 11,18 mg.L⁻¹, com média de 7,70 mg.L⁻¹.

A água coletada na panificadora (IA), representando uma indústria de alimentos e cujo processo de desinfecção na ETA foi a pré-cloração, continha concentrações de TCM entre 87,08 e 344,48 mg.L⁻¹, com a média no valor de 209,55 mg.L⁻¹ e concentrações de BDCM assumindo valores que variaram de 9,77 a 13,11 mg.L⁻¹, com média de 11,39 mg.L⁻¹. Assim, a concentração média do total de trihalometano (THMs) foi de 220,94 mg.L⁻¹, bem acima do valor encontrado na ETA, ou seja, 117,52 mg.L⁻¹. O maior tempo de contato do cloro existente na água com substâncias húmicas nas tubulações que transportam água entre a ETA e o reservatório da panificadora explica esse aumento nos teores do triclorometano (SANTOS, 1988).

As análises da água coletada na panificadora, mas sendo a pós-cloração o processo de desinfecção efetuado na ETA, mostraram concentrações de TCM entre 49,64 e 77,56 mg.L⁻¹, com média de 65,32 mg.L⁻¹, e de BDCM entre 8,06 e 9,19 mg.L⁻¹, com média de 8,69 mg.L⁻¹.

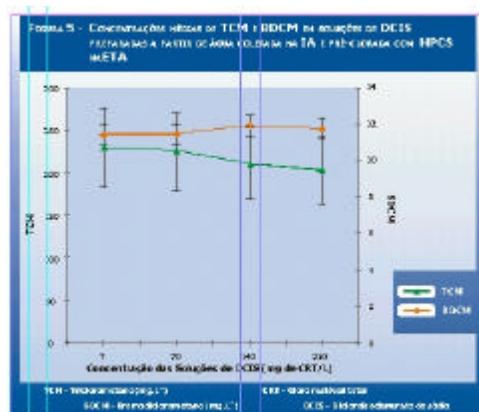
Como era de se esperar, a concentração de THMs encontrada para o processo de pós-cloração, valor médio de 74,01 mg.L⁻¹, é inferior àquela determinada quando o processo de desinfecção da água foi a pré-cloração, valor médio de 220,94 mg.L⁻¹.

Os valores das concentrações de THMs, considerados altos, para o processo de pré-cloração, podem ser justificados, pois coincidentemente o experimento usando-se pré-cloração foi conduzido após ocorrerem chuvas na região, dois dias antes da amostragem, conforme informações do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Os níveis de precipitação pluviométrica passam do valor 0 (zero) mm no final do mês de fevereiro para 129,6 mm nos dias iniciais do mês de março. As chuvas provocam maior arraste de substâncias húmicas para dentro do manancial, aumentando a possibilidade do contato do hipoclorito de sódio (HPCS) com os precursores dos trihalometanos (SANTOS, 1988).

Por outro lado, sabe-se que o processo de coagulação reduz de maneira significativa o material húmico, que é precursor da formação de THMs (BATALHA, 1979; SANTOS, 1988).

Constata-se, portanto, que pontos da rede de distribuição apresentarão níveis maiores de THMs para ambos os processos de desinfecção, pré ou pós-cloração com HPCS. Pesquisas têm demonstrado resultados semelhantes (SANTOS, 1988).

A Figura 5 mostra o gráfico das concentrações médias de TCM e BDCM nas soluções de DCIS preparadas com água coletada na panificadora a partir de água pré-clorada na ETA com HPCS, a opção de escolher-se a água pré-clorada para preparo das soluções sanificantes do DCIS e avaliar o aumento do nível de THMs's em função do aumento da concentração de DCIS, se prende ao fato de que na pré-cloração obteve-se maiores concentrações de THMs.



As concentrações de TCM atingiram valores médios de 229,15; 224,76; 210,36; e 202,81 mg.L⁻¹ para soluções contendo 7, 70, 140 e 210 mg de CRT.L⁻¹. Com relação ao BDCM, valores médios de 11,41; 11,45; 11,91; e 11,75 mg.L⁻¹. Na Figura 5, verifica-se a tendência de manutenção ou diminuição das concentrações dos THMs, mesmo aumentando a concentração de DCIS.

Outro aspecto importante a ser considerado no preparo de soluções para desinfecção de hortifrutigranjeiros é o tempo envolvido no preparo da solução até o momento da desinfecção. Nos serviços de alimentação, as soluções são preparadas antes do início do processo de desinfecção. Neste trabalho, as soluções foram mantidas à temperatura ambiente por três horas, como forma de simular as condições reais das indústrias de alimentação. Geralmente, admite-se que este tempo é curto para a formação de THMs (AWWA, 1982).

Deve ser ressaltado pelos resultados obtidos em outros experimentos dentro desta mesma pesquisa que se constatou um pico de substância desconhecida em tempo de retenção menor ao do TCM nos cromatogramas referentes às soluções de DCIS. Esse pico pode ser observado nas soluções sanificantes de 70, 140 e 210 mg.L⁻¹ preparadas a partir da água cujo processo de desinfecção da ETA utiliza-se de pós-cloração com DCIS. Sua área é visualmente crescente com o aumento da concentração de DCIS, mas ainda em concentração em nível de traço. Esta parte da pesquisa não foi apresentada neste artigo em função de que com o uso do DCIS no processo de pós-cloração na ETA não obteve-se concentrações de THMs em níveis considerados significativos e este artigo tem a finalidade de avaliar a possibilidade do incremento da formação THMs no preparo de soluções sanificantes com DCIS utilizando água proveniente da ETA que já possui a presença de THMs.

Conclusão

Com relação à concentração de THMs, o DCIS mostrou-se viável para o preparo de soluções mais concentradas usadas no processo de desinfecção nas indústrias de alimentos e na sua utilização em estações de tratamento de água. As concentrações de THMs apresentaram tendência de manutenção ou de redução, independentemente do processo de desinfecção utilizado na ETA e do aumento da concentração de DCIS.

Autores

Jorge Antônio Barros de Macêdo,

bacharel em química tecnológica, D.Sc. Ciência e Tecnologia de alimentos, professor convidado/pesquisador do Departamento Farmacêutico/FFB/UFJF; pesquisador do GEA (Grupo de Educação Ambiental/UFJF)

Nélio José de Andrade,

Engenheiro agrônomo, D.Sc. Tecnologia de alimentos, professor titular do Departamento de Tecnologia de alimentos/UFV

José Benício Paes Chaves,

Engenheiro agrônomo, ph.D. Ciência de Alimentos, professor titular do Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFV

Júlio Maria de Andrade Araújo,

Engenheiro agrônomo, ph.D. Química de Alimentos, Professor Titular do Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFV

Marco Túlio Coelho Silva,

Engenheiro de alimentos, D.Sc. Tecnologia de Alimentos, Professor adjunto do Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFV

Cláudio Pereira Jordão,

bacharel em química, ph.D. Química Analítica, professor titular do Departamento de Química/UFV.

Referências

ABDEL-RAHMAN, M. S. The presence of trihalomethanes in soft drinks. **Journal of Applied Toxicology**, v.2, n.3, p.165-166, 1982.

AGUAONLINE, **Relatório da AWWA alerta sobre água segura**. Disponível em: <http://www.aguaonline.com.br/pgcategorias.asp?codigo=215&categoria=Empresas%20e%20Produtos&edicao=93> Acesso em: 02 fev. 2002.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Treatment techniques for controlling trihalomethanes in drinking water**. Washington, D.C., 1982. 293p.

ANDRADE, N. J., MACÊDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo : Varela, 1996. 182p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. Viçosa, MG. : UFV, 1995. 335p.

ARTHUR, C. L., POTTER, D. W., BUCHHOLZ, K.D. et al. Solid-phase microextraction for the direct analysis of water: theory and practice. **The Magazine of Separation Science**, v. 10, n. 9, p.656-661, Sept. 1992.

AWWA. **Report addresses DBP risks to pregnant women.** Disponível em:
< www.awwa.org/news/011002.htm> Acesso em: 14 fev. 2002.

BALSTER, R. L., BORZELLECA, J. F. Behavioral toxicity of trihalomethane contaminants of drinking water in mice. **Environmental Health Perspectives**, v.46, p. 127-136, 1982.

BATALHA, B. L. A presença do clorofórmio e outros trihalometanos na água de consumo humano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 10., 1979, Manaus. **Anais...** Manaus : ABES, 1979. p.1-45.

BAYER. **Aquatabs**: linha higiene Bayer. São Paulo : sd. (Folder)

BAYER, Pesquisa de Opinião Pública: preferência entre dois agentes descontaminantes usados para água de consumo. **Higiene Alimentar**, v. 13, n. 63, 9p., jul/ago. 1999.

BEECH, J. A., DIAZ, R., ORDAZ, C., et al. Nitrates, chlorates and trihalomethanes in swimming pool water. **Public Health Briefs-AJPH**, v. 70, n. 1, p. 79-82, jan. 1980.

BLATCHLEY III, E. R., XIE, Y. Disinfection and antimicrobial processes. **Water Environment Research**, v. 67, n.4, p. 475-481, 1995.

BLATCHLEY III, E. R., Disinfection and antimicrobial processes. **Water Environment Research**, v. 66, n. 4, p. 361-368, 1994.

BLOCK, S. S. (Ed.) **Disinfection sterilization and preservation**, 4. ed. Philadelphia : Lea e Febiger, 1991. 1162p.

____. **Disinfection sterilization and preservation**, 5. ed. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2000. 1162p.

BORGES, J. T., GUIMARÃES, J. R., EBERLIN, M. N. Determinação de trihalomentos em águas de abastecimento público utilizando a técnica MIMS (Membrane Introduction Mass Spectrometry). IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa, PB : ABES, 2001.

BRASIL. Portaria n. 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n.14E, 19 jan. 2001. Seção 1.

BRASIL. Portaria n. 36, de 19 de janeiro de 1990. Estabelece as normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, v.128, n.16, p.1651-1654, 23 jan. 1990. Seção 1.

CANTOR, K. P., HOOVER, R., MASON, T. J. et al. J. Associations of cancer mortality with halomethanes in drinking water. **Journal National Cancer Institute**, v. 61, n. 4, p. 979-985, Oct. 1978.

CANTOR, K. P. Epidemiological evidence of carcinogenicity of chlorinated organics in drinking water. **Environmental Health Perspectives**, v. 46, n. 12, p. 187-195, 1982.

_____. Cancer risks associated with chlorination byproducts. **Water Quality Research Council**, v. 10, n. 2, p. 2-3, 1992.

CHAMBERS, C. W. A procedure for evaluating the efficiency of bactericidal agents. **J. Milk Food Technol.**, v. 19, n. 17, p. 183-187, 1956.

CLEARON. **Acid Granular Cyanuric**: technical product bulletin. New York : Clearon Corp., 22p., 1997.

DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**, 2. ed. Philadelphia : Lea & Febiger, 1977. p. 167-195.

_____. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**, 4. ed. Philadelphia : Lea & Febiger, 1991. p. 131-151.

EWG. **Tap water chemical risky for the pregnant**: US study. Disponível em: < <http://www.ewg.org/news/story.php?id=487> > Acesso em: 14 jan. 1999.

FERREIRA FILHO, S. S., Remoção de compostos orgânicos precursores de subprodutos da desinfecção e seu impacto na formação de trihalometanos em águas de abastecimento. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 6, n. 1- 2, p. 53-60, jan/jun. 2001.

GIESE, J. H. Sanitation: the key to food safety and public health. **Food Technology**, v. 45, n. 12, p. 73-80, 1991.

GENCO, **Fichas de dados de segurança de materiais**: hipoclorito de cálcio. São Paulo : Genco Química Industrial, 1998. 7p.

GRAY, N. F. **Calidad del agua potable**. Zaragoza : Acribia, 1994. 365p.

HIDROALL, **HCL60**: ácido tricloro isocianúrico. CAMPINAS : HidroAll, 2000a. 19p.

_____. **HCL90 E HCL56**: dicloroisocianurato de sódio. CAMPINAS : HidroAll, 2000b. 19p.

_____. **AVICLOR**: ácido tricloro iso cianúrico em tabletes. CAMPINAS : HidroAll, s.d. 1p. (Boletim Técnico)

_____. **Manual prático de tratamento de piscinas**: HIDROALL. CAMPINAS: HidroAll, s.d. 20p.

HTH, **Fichas de dados de segurança de materiais**: hipoclorito de cálcio. SALTO : Arch Química Brasil, 1999. 3p.

HUANG, S., TING, C. Y., LIN, C. Determination of haloethers in water by solid-phase microextraction. **Journal of Chromatography**, v. 769, p. 239-246, 1997.

KATSUYAMA, A. M., STRACHAN, J. P. **Principles of food processing sanitation**. Washington, D.C. : The Food Processors Institute, 1980. 301p.

LAUBUSCH, E. J., Clorination and other disinfection processes. In: AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Water quality and treatment: a handbook of public water supplies**. New York : McGraw-Hill, 1971. p. 158-224.

LEITÃO, M. F. F. **Controle de sanificação na indústria de alimentos**. Campinas : ITAL, 1976. 71p. (Instruções Técnicas, 11).

LEVER INDUSTRIAL. **Sumaveg**: hazard classification. London : Unilever U.K., 1995. 4p.

LEVER INDUSTRIAL. **Hipoclor**: ficha sobre segurança do produto. São Paulo : Lever Industrial, 1991. 4p.

MACÊDO, J. A. B., ANDRADE, N. J., Formação de trihalometanos em águas cloradas para abastecimento público e indústrias de alimentos. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 13., 1995, Juiz de Fora, **Anais...** Juiz de Fora, MG.: Centro de Pesquisa e Ensino Instituto Cândido Tostes, 1995. 324p. p. 45-48.

MACEDO, J. A. B., **Determinação de trihalometanos em águas de abastecimento público e indústria de alimentos**. Viçosa, MG., 1997. 90f. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa.

_____. **Águas & águas**. Belo Horizonte: ORTFOFARMA, 2000. 505p.

_____. **Introdução a química ambiental**. Belo Horizonte : Macedo, 2001. 487p.

MARRIOT, N. G. **Principles of food microbiology**. New York : Chapman & Hall, 1995. 421p.

MERCK, **Chlorine**: spectroquant 14828. Darmstadt: [199_a]. (folder)

_____. **Cyanide**, Spectroquant 14800. Darmstadt: [199_c]. (folder)

MEYER, S. T. O uso do cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Caderno Saúde Pública**, v. 10, n. 1, p. 99-110, jan/mar. 1994.

MORAES, S., AIBA, C. J., SUZUKI, M. **Trihalometanos**: estudo e método de determinação na água para consumo. São Paulo : CETESB, 1979.

NSF. **NSF certified products**: public water supply treatment chemicals. Disponível em: < <http://www.nsf.org/Certified/PwsChemicals/Listings.asp>? Company=34810&Standard=060> Acesso em: 09 abr. 2002.

ODLAUG, T. E., PFLUG., I. J. Sporicidal properties of chlorine compounds: applicability to cooling water for canned foods. **J. Milk Food Technol.** v. 39, n.7, p. 493-498, 1976.

OXYCHEM. **Folha de dados de segurança (MSDS) do dicloroisocianurato de sódio.** Dallas : Occidental Chemical Corporation, 2001. 8p.

OXYCHEM. **Chloraniting composition.** Dallas : Occidental Chemical Corporation 2001a. 20p.

PAGE, B. D., LACROIX, G. Application of solid-phase microextraction to the headspace gas chromatographic analysis of halogenated volatiles in selected foods. **Journal of Chromatography**, v. 648, p. 199-211, 1993.

_____. Application of solid-phase microextraction to the headspace gas chromatographic analysis of semi-volatile organochlorine contaminants in aqueous matrices. **Journal of Chromatography**, v. 757, p. 173-182, 1997.

POMES, M. L., LARIVE, E. M., THURMAN, E. M., et al., **Sources and halocetic acid/trihalomethane formation potentials of aquatic humic substances in the Wakarusa River and Cliton Lake near Lawrence, Kansas.** Disponível em: <<http://ks.water.usgs.gov/Kansas/pubs/abstracts/etm.est.v3420.html>> Acesso em: 23 maio 2002.

RICHTER, C. A., AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água.** São Paulo : Edgard Blucher, 1991. 332p.

SANTOS, C. L. **O controle de trihalometanos (THMs) nas águas de abastecimento público.** São Paulo, 1988. 217f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, 1988.

SANTOS FILHO, D. F. S. **Tecnologia de tratamento de água.** São Paulo : Nobel, 1985. 251p.

SUPELCO. **Solid phase microextraction fiber assemblies.** S.I. : Bellefonte, 1995a.

_____. **Solid phase microextraction of volatile compounds in US EPA Method 524.2.** S.I. : Bellefonte, 1995b. (Application note, 11)

_____. **Fast analysis of volatile organic compounds by solid phase microextraction/capillary.** S.I.: Bellefonte, 1995c. (Application note, 56)

_____. **Certificate of analysis.** S.I. : Bellefonte, 1995d. (Folder)

_____. **Solid phase microextraction: solventless sample preparation for monitoring flavor and fragrance compounds by capillary gas chromatography.** S.I. : Bellefonte, 1995e. (Bulletin, 869)

_____. **EPA Procedures for water pollution analyses - capillary methods GC.** S.I. : Bellefonte, 1991. (Bulletin, 872b)

TARDIFF, R. G., HUBNER, R. P., GALIK, S. A., et al. **Disinfection byproducts (DBP) and their developmental hazards and/or risks to human health**. Virgínia : The Chlorine Chemistry Council, 1999. 36p.

_____. **Estimation of health risks and safety form exposures to chlorine and chloroform for swimmers in pools**. Maryland: National Association of Gas Chlorinators, 2000. 62p.

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F. L. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3. ed. New York : McGraw Hill, 1991. 1335p.

TERRONES, M. G. H., MELO, G. S., MELO, L. O., et al. Análises de defensivos agrícolas no leite. IN: ENCONTRO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. 1996, Viçosa, **ANAIS...** Viçosa, MG., 1996. p. 73.

TOMINAGA, M. Y., MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. **Revista de Saúde Pública**, v. 33, n. 4, p. 413-421, ago. 1999.

USPIRG. **Chlorine byproducts in tap water put 137,000 U.S. pregnancies at risk of miscarriage, birth defects**. Disponível em: <<http://uspirg.org/newsroom/enviro/020108toxic.htm>> Acesso em 14 jan. 2001.

WEI, C., COOK, D. L., KIRK, J. R. Use of chlorine compounds in the food industry. **Food Technology**, v. 39, n. 1, p.107-115, 1985.

ZARPELON, A. **Uso do cloro e os trihalometanos (THMs)**. **Sanare**, v.15, n.15, p. 4-6, jan/jun. 2001.

AVALIAÇÃO DO SISTEMA REATOR RALF E FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Décio Jürgensen

Marllon Boamorte Lobato

Miguel Mansur Aisse

Pedro Além Sobrinho

Resumo

Os reatores anaeróbios tipo Uasb tornaram-se consagrados no Paraná e no Brasil, ao serem utilizados de maneira extensiva no tratamento de esgotos para populações de 200 a 600.000 habitantes. Receberam junto à Sanepar o nome de Ralf, com a introdução de modificações construtivas. O pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios está sendo estudado, em instalações piloto e mesmo em escala real, através de convênio entre Sanepar e a PUC-PR. Busca-se atender a legislação brasileira para o lançamento dos efluentes nos corpos d'água receptores, cujos padrões não são atendidos totalmente pelos reatores tipo Uasb. Este trabalho apresenta resultados do monitoramento da ETE Cambuí (Campo Largo - PR), instalação que emprega o sistema Ralf+ FAD, construída pela Sanepar, para uma vazão de 360 m³/h. O efluente apresentou valores de 71 ± 12 mg/l, 5 ± 2 mg/l e 30 ± 1 mg/l, respectivamente para a DQO, DBO e SST. A turbidez apresentou valor de 4,1 ± 2,7 UNT e o PO₄, 1,6 ± 0,6 mg/l, representando uma eficiência de remoção de 64%. Também estão apresentados os resultados do monitoramento de uma instalação piloto, operando com efluente anaeróbio, construída junto à ETE Ronda (Ponta Grossa - PR). O efluente do flotador apresentou valores de 37 ± 17 mg/l, 9 ± 4 mg/l e 4,4 mg/l, respectivamente à DQO, DBO e turbidez. O fosfato apresentou concentrações no efluente da ordem de 0,07 ± 0,06 mg/l.

Palavras-chave: esgoto sanitário, reator Ralf, pós-tratamento, coagulação, fad

Abstract

UASB anaerobic reactors became well known in Paraná and in Brazil for their extensive use in wastewater treatment for populations ranging from 200 to 600,000 inhabitants. At Sanepar, after the introduction of a few design changes, they were called Ralf. Post-treatment of effluents originated in anaerobic reactors is being studied at pilot units, and also on a real scale, through an agreement between Sanepar and PUC-PR. This is an attempt to comply with the Brazilian laws for effluent release into water bodies, whose

standards are not quite fulfilled by the UASB type reactors. This study shows the results of monitoring the ETE Cambuí (effluent treatment facility in Campo Largo - PR), using the Ralf+FAD system, built by Sanepar, for a 360 m³/h flow. The effluent's COD, BOD and SST were 71 ± 12 mg/l, 5 ± 2 mg/l and 30 ± 1 mg/l respectively. Turbidity was 4,1 ± 2,7 UNT and PO₄, 1,6 ± 0,6 mg/l, accounting for a 64% removal. The paper also presents the results of monitoring a pilot-unit operating with anaerobic effluent built at the ETE Ronda (Ponta Grossa - PR). The floater effluent's COD, BOD and turbidity were 37 ± 17 mg/l, 9 ± 4 mg/l and 4,4 mg/l, respectively. Phosphate concentration was 0,07 ± 0,06 mg/l.

Key words: sanitary sludge, Ralf reactor, post-treatment, coagulation, FAD

Introdução

Flotação por ar dissolvido

A flotação é uma operação unitária utilizada para separar partículas líquidas ou sólidas da fase líquida. A separação é obtida introduzindo-se bolhas finas de ar na fase líquida, provocando a ascensão de partículas para a superfície, mesmo as com maior densidade que o líquido. Uma vez na superfície podem ser coletadas e removidas por escumadeiras. No sistema de flotação por ar dissolvido - FAD, o ar é dissolvido no esgoto sob pressão de algumas atmosferas, seguido pela liberação a pressão atmosférica. Em unidades de certo porte, uma porção do efluente do flotador (15 a 120%) é recirculada, pressurizada e semi-saturada com ar. Esta porção é então misturada com o afluente, antes de sua admissão ao tanque de flotação e o ar libera-se da solução, quando em contato com o material particulado, na entrada do tanque (METCALF; EDDY, 1991).

No tratamento de água a finalidade da coagulação e floculação é transformar impurezas que se encontram em suspensão fina, em estado coloidal ou em solução, bactérias, protozoários e/ou plâncton, em partículas maiores (flocos) para que possam ser removidas por sedimentação e/ou filtração ou, em alguns casos, por flotação (CAMPOS; POVINELLI, 1987). Este mesmo conceito pode também ser aplicado no tratamento de esgotos sanitários.

A flotação como pós-tratamento de efluentes anaeróbios

JÜRGENSEN e RICHTER (1994) estudaram a coagulação e flotação como pós-tratamento de efluentes de reatores tipo Ralf. Segundo os autores, procurou-se aproveitar as características favoráveis à coagulação química que apresenta o efluente dos reatores de digestão anaeróbia. Essas características incluem concentração de sólidos totais suficientemente baixa, pH entre 6,5 e 7,5 e

alcalinidade suficiente para as reações com coagulantes metálicos (sulfato de alumínio, cloreto férrico, etc). Nos meses de agosto, setembro e outubro de 1992, foram realizados testes laboratoriais, na ETE Ronda, na cidade de Ponta Grossa – PR (Sanepar), com aplicação do processo de coagulação-floculação e flotação, no efluente do reator anaeróbio. Obteve-se os seguintes resultados: turbidez do efluente inferior a 1 UNT; demanda química de oxigênio inferior a 14mg/l, atingindo em algumas amostras 2 mg/l, resultando eficiências superiores a 90% em termos de remoção de DQO e SST (JÜRGENSEN; RICHTER, 1994).

A Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, desenvolveu vários estudos referentes à flotação de efluentes anaeróbios, em escala de laboratório, utilizando equipamento (flotatestes), desenvolvido por Reali e Santos (REALI et al., 1998). PENETRA et al. (1998) citam os resultados e conclusões de investigação realizada visando estudar o efeito da dosagem de cloreto férrico e da variação de pH na eficiência de um equipamento de flotação, em escala de laboratório, alimentado com efluente de reator Uasb (18 m³), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulica no reator Uasb era de 8 horas. Os ensaios foram conduzidos com variação da dosagem do cloreto férrico de 30 a 110 mg/l, e da variação do pH de 5,1 a 7,6 com a aplicação de cal. O tempo de floculação (60 minutos), o gradiente de velocidade (60s⁻¹), a pressão de saturação (450 kPa) e a fração de recirculação (20%) foram mantidos constantes ao longo dos ensaios. A velocidade de flotação foi feita variar entre 5 a 25 cm/min. Os melhores resultados na remoção da DQO (91%) foram obtidos com dosagem de 65 mg/l de cloreto férrico e pH de 5,3. Nesta dosagem a remoção de fosfato total, SST, turbidez e cor foram de 95%, 95%, 97% e 92% respectivamente. A dosagem citada foi também a menor que permitiu uma aparente estabilidade do sistema de flotação para diferentes velocidades de flotação. Maiores dosagens podem aparentemente não significar aumento na remoção da turbidez a ponto de justificar custos adicionais associados à aquisição de produtos químicos e à disposição do excesso de lodo.

REALI et al. (1998) apresentaram o resultado de investigação realizada com vistas a avaliação do gradiente médio de velocidade (Gf) e do tempo de floculação (THDf) na eficiência de um equipamento de flotação, em escala de laboratório, alimentado com efluente de reator Uasb (18m³), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulica no reator Uasb era de 8 horas. Após a realização de ensaios preliminares, foram mantidos constantes a dosagem de cloreto férrico (65 mg/l), as condições de mistura rápida (TDH de 30s e G_m de 1100s⁻¹), fração de recirculação de 20% na etapa de flotação e pressão de saturação de 450 kPa. O tempo de floculação de 15 min, associado a valores de Gf entre 50 e 80s⁻¹, e o tempo de floculação de 25 min, associado a valores de Gf em torno de 50s⁻¹, forneceram valores bastantes satisfatórios e próximos entre si na remoção de turbidez (entre 97 e 98%, para velocidade de flotação entre 5 e 15cm/min). A DQO foi positivamente influenciada pelo aumento do tempo de floculação de 15 para 25 minutos, mas foi reduzida a influência dos diferentes valores de Gf estudados (entre 30 e 100s⁻¹) na remoção de DQO. Assim obteve-se eficiências entre 89,1% e 91,5%, com

residuais entre 28 e 22mg/l, para THDf de 25min e Vf de 10cm/min. Para TDHf de 15 min, associado a Gf de 80s⁻¹, e para TDHf de 25min, associado a Gf de 50s⁻¹, não foi detectada a presença de sulfetos no efluente final. Para essas mesmas condições, verificou-se remoção marginal de NTK, ao redor de 31%. As maiores remoções de fosfato total (em torno de 96%) foram observadas nos ensaios com Gf entre 80 e 100s⁻¹, em ambos os tempos de floculação testados. Aparentemente, esses valores de Gf influenciam positivamente a cinética da remoção de fosfato.

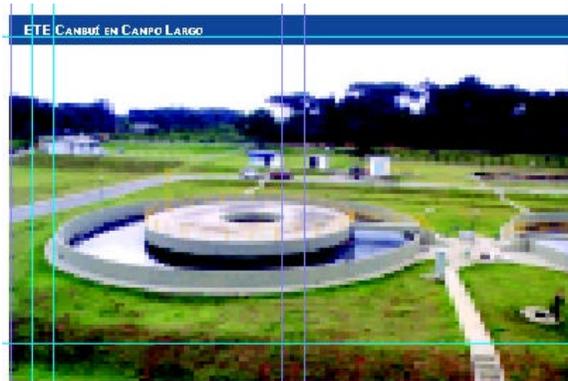
PENETRA et al. (1999) apresentaram o resultado de investigação realizada mediante variação da fração de recirculação do efluente pressurizado a 450 k Pa, com emprego de equipamento de flotação em escala de laboratório, alimentado com o efluente de reator tipo Uasb (18m³), tratando esgoto doméstico. O tempo de detenção hidráulico no reator Uasb era de 8 horas. Durante os ensaios de floculação/flotação foi mantida fixa a dosagem de cloreto férrico (65mg/l), mistura rápida com tempo de 30s e G_n de 1100s⁻¹ e floculação com tempo de 15 min e G_r de 80s⁻¹. A fração de recirculação foi variada de 5 a 30%, em volume, e a velocidade de flotação entre 5 e 25cm/min. Como conclusão a fração de recirculação de 20% (16 a 19 g ar/m³), proporcionou grande estabilidade ao processo e forneceu excelentes resultados quanto à remoção de DQO (85%), de fosfato total (95,4%) e de SST (95,1%). Considerando-se a eficiência global do sistema Uasb e flotação obteve-se até 97% de remoção de DQO (concentração do efluente na faixa de 20 a 30mg/l), até 98% de fosfato total (concentração na faixa de 0,5 a 0,6 mg/l) e até 99% de SST (concentração em torno de 2 mg/l). Quanto aos parâmetros NTK e sulfetos, foram determinados apenas para a amostra obtida no ensaio que forneceu a maior remoção de DQO (recirculação de 20%), sendo observados eficiências de 24,3% (residual de 25,8 mg/l) e 51,9% (residual de 0,52 mg/l) respectivamente.

PINTO FILHO e BRANDÃO (2000) também estudaram em Brasília - DF, o uso da flotação por ar dissolvido como pós-tratamento de efluentes anaeróbios de reatores tipo Rfa. Foi utilizada uma unidade em escala de laboratório e o coagulante utilizado, o sulfato de alumínio, com melhores resultados na faixa de dosagem de 160 a 240 mg/l. Nos experimentos mantiveram-se constantes tempo de mistura rápida de 1 minuto, G_m ao redor de 1000 s⁻¹, G_r de 100s⁻¹ e pressão de saturação de 500 kPa. Os parâmetros operacionais que conduziram aos melhores resultados foram taxa de aplicação na flotação de 8,1 m³/m².dia e taxa de recirculação de 10% a 20%. A FAD, em condições operacionais adequadas, alcançou remoções de 79% para turbidez, 73% para DQO, 74% para SST e 99% para PO₄ (filtrado).

A avaliação do desempenho do sistema reator Ralf (Uasb) e coagulação – flotação, construído em escala real, para o tratamento de esgoto sanitário, constitui-se no objetivo deste trabalho.

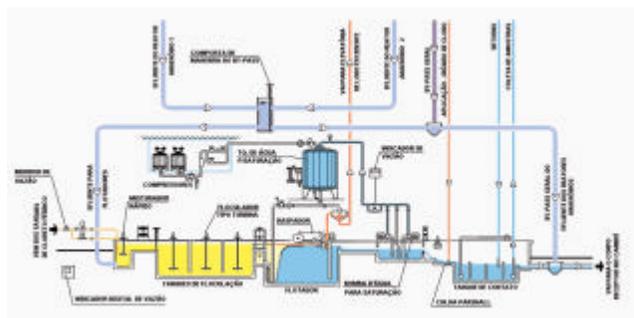
Materiais e métodos

A realização da pesquisa relativa a floculação - flotação por ar dissolvido aplicada ao pós-tratamento de reatores anaeróbios, em escala real, está sendo cumprida junto a ETE Cambuí (Campo Largo - PR), da Sanepar, cuja vazão de projeto é de 360 m³/h. O projeto foi executado em 1996 e o início da operação ocorreu em abril de 1998.



No processo de coagulação química, o coagulante metálico (cloreto ferrico) hidrolisável é aplicado ao efluente do reator Uasb (aqui denominado Ralf), em uma câmara de mistura rápida ($G > 700s^{-1}$ e $TDH < 5s$). Em seguida o esgoto é enviado ao floculador e posteriormente ao flotador. No tanque de flotação o efluente floculado é misturado à água clarificada e supersaturado de ar (pressão 4 a 6 bar). Ao ser exposta à pressão atmosférica, a água libera o ar em forma de microbolhas e ao ascender promove a flotação os flocos já formados (figura 1).

Figura 1 - ETE Cambuí - Fluxograma do Processo de Floculação e Flotação



O efluente deverá ser de excelente qualidade, inclusive pela desinfecção final com dióxido de cloro.

A seguir são descritos os parâmetros do dimensionamento hidráulico - sanitário dos principais reatores integrantes da ETE:

Reator Ralf: volume total de 4000 m³, altura total de 6 m, TDH de 11,1 horas, vazão de 360m³/h (100 l/s) e número de unidades de 2 em paralelo.

Misturador Rápido: volume total de 1,2 m³, cloreto férrico (30 a 90 mg/l) como produto químico, $G_m > 700s^{-1}$ (mecanizado) e TDH de 12 s.

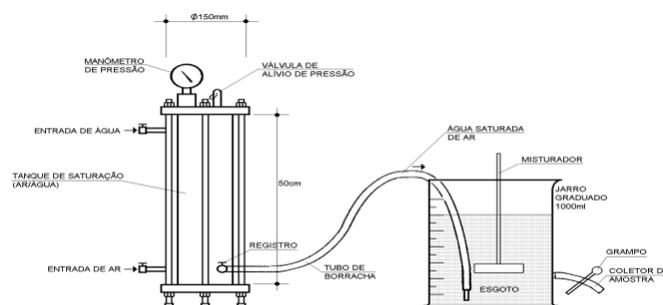
Floculador: volume total de 60 m³, gradiente (G_r) com os valores de 90, 60 e 30 s⁻¹ (mecanizado) e número de unidades de 3 em série, TDH de 10 minutos.

Flotador (FAD): área total de 46 m², taxa de escoamento superficial de 7,8 m³/m².h, velocidade ascensional de 7,8 m/h (13 cm/min), taxa de recirculação de 10% (Q_{rec}/Q), raspador de lodo superficial mecanizado, tanque de água para saturação com pressão de 5 bar (Recheio de anéis de PVC) e número de unidades de 2 em paralelo.

As amostras do efluente anaeróbico, reunido dos Ralfs 1 e 2, e o efluente dos flotadores foram coletados pontualmente. A amostra do flotador foi coletada observado o TDH decorrido desde o reator Ralf, calculado em função da vazão fornecida pelo medidor Nivovonar SM-200, série Controllers, cujo sensor está instalado sobre a calha Parshall da ETE. As operações rotineiras da estação são realizadas pelos funcionários da Sanepar e a remoção do excesso de lodo dos reatores anaeróbios realizada, quando o volume de sólidos sedimentáveis no seu afluente for superior a 0,3 ml/l

Na escolha da dosagem ótima do coagulante realizaram-se na ETE os testes de jarros, empregando-se rotação de 120 rpm e 40 rpm, respectivamente para as etapas de mistura rápida e floculação. Os tempos foram calculados em função da vazão de esgotos medidos na ETE e o respectivo volume dos reatores. Procedeu-se a escolha da dosagem ótima de cloreto férrico pela medição da turbidez do sobrenadante dos frascos, após a flotação provocada pelo ar dissolvido, aplicado nos frascos (figura 2).

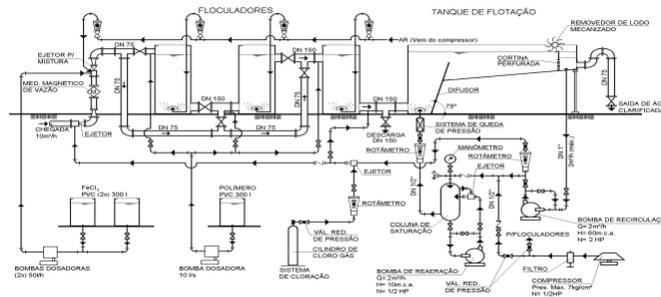
Figura 2 - Equipamento para teste de jarros seguido de flotação por ar dissolvido, utilizado na ETE Cambuí (Sanepar)



As determinações e ensaios estão sendo conduzidos no Laboratório de Análises Ambientais do Isam/PUC-PR e observam as rotinas expressas no Standard Methods, 1998.

Os estudos com o sistema Ralf e flo-tação por ar dissolvido, para o tratamento de esgoto sanitário, tomaram maior importância no Paraná, com a construção e operação de instalação piloto junto à ETE Ronda, da Sanepar, localizada em Ponta Grossa - PR. O fluxograma da instalação está apresentado na figura 3, sendo que a vazão de dimensionamento foi de 10 m³/h, para o afluente proveniente de reator Ralf, construído em escala real. Neste trabalho está apresentado o monitoramento da instalação, conduzido durante o ano de 1995, e realizado no âmbito da Sanepar.

Figura 3 - ETE Piloto da Cidade de Ponta Grossa - PR - Fluxograma do Sistema de Flocculação e Flotação



Resultados e discussão

ETE Cambuí (Sanepar)

Procedeu-se o monitoramento da ETE Cambuí, no mês de março de 2001, estando os resultados expressos na tabela 1. O efluente do flotador apresentou valores de 71 ± 12 mg/l, 5 ± 2 mg/l e 30 ± 11 mg/l respectivamente para a DBO, DQO e SST. Estes valores representaram eficiências de remoção no flotador de 88%, 97% e 88% para os citados parâmetros. A turbidez igualmente apresentou elevada eficiência de remoção e o efluente do flotador $4,1 \pm 2,7$ UNT.

The image shows a data table with multiple columns and rows. The columns are organized into several groups, with headers including 'Válidos', 'Máx', 'Mín', 'Méd', 'Desv', 'Coef', 'Máx', 'Mín', 'Méd', 'Desv', 'Coef'. The rows contain numerical data points, some with units like 'mg/l' and 'mg/l/d'. The table is partially obscured by a blue highlight, and there are some small text annotations at the bottom left.

Como era de se esperar a eficiência de remoção de PO_4 foi significativa, 64% , produzindo em efluente com $1,6 \pm 0,6$ mg/l, ressalvando que para poucos dados. A remoção do Nitrogênio (NTK) foi errática e desprezível. O OD apresentou um valor próximo ao 1,0 mg/l, mas em outras ETEs da Sanepar com tratamento físico-químico, pode atingir mais de 2,0 mg/l, quando no percurso do esgoto tratado, houver algum tipo de aeração em vertedores ou canais.

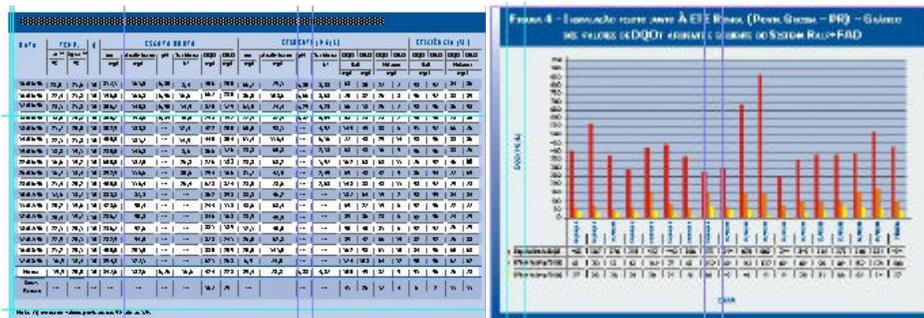
Na análise dos resultados deve-se considerar que a ETE está operando com uma vazão diurna de cerca de 30 l/s, o que conduz a um efluente do Ralf com boa qualidade e estável. Esta última condição auxilia a operação da dosagem do cloreto férrico, aplicado em concentração de 65 mg/l, durante o período de monitoramento. A remoção de coliformes assinalada foi a obtida antes da desinfecção com dióxido de cloro.

Para a análise do pH, deve ser destacado que ao afluente da ETE (emissário) é adicionada solução de hidróxido de cálcio, para proporcionar no efluente do Ralf um valor próximo ao 7,0. A tabela 1 apresenta com maiores detalhes os demais parâmetros analisados ao longo do sistema de tratamento.

Quanto aos aspectos operacionais, a ETE exige funcionários com melhor qualificação do que normalmente exigido em instalações com o reator Ralf, ou sua associação ao filtro biológico, por exemplo. As habilidades deverão ser múltiplas, às tarefas rotineiras (limpeza da grade, descarte de lodo do Ralf, etc.), à operação dos vários equipamentos eletromecânicos e à condução adequada do tratamento físico-químico (teste de jarros, dosagem e manuseio de produtos químicos).

Instalação piloto junto à ETE Ronda

Durante o período de 15/5 a 17/08/95 foi realizado um monitoramento mais intenso da instalação piloto, operando com esgoto anaeróbio. O efluente do flotador apresentou valores de 37 ± 17 mg/l, 9 ± 4 mg/l e $4,4$ mg/l respectivamente para a DQO, DBO e turbidez. Os valores das eficiências obtidas, bem como a evolução destes e de outros parâmetros monitorados podem ser encontrados na tabela 2 e figura 4.



se comparar os dados da instalação piloto com a ETE em escala real, observaram-se vários resultados convergentes. Porém a remoção de fosfato foi bem mais elevada no piloto, calculada em 97,5%. Para um afluente de $2,85 \pm 1,39$ mg/l, obteve-se um efluente de $0,07 \pm 0,06$ mg/l.

Conclusão

Foram conduzidos estudos relativos ao monitoramento da ETE Cambuí (Campo Largo – PR), instalação que emprega o sistema Ralf+FAD, construída pela Sanepar, para uma vazão de $360 \text{ m}^3/\text{h}$. O efluente do flotador apresentou valores de 71 ± 12 mg/l, 5 ± 2 mg/l e 30 ± 1 mg/l, respectivamente para a DQO, DBO e SST. A turbidez apresentou valor de $4,1 \pm 2,7$ UNT e o PO_4 , $1,6 \pm 0,6$ mg/l, representando uma eficiência de remoção de 64%.

Também estão apresentados os resultados do monitoramento de uma instalação piloto, operando com efluente anaeróbio, construída junto à ETE Ronda (Ponta Grossa - PR). O efluente do flotador apresentou valores de 37 ± 17 mg/l, 9 ± 4 mg/l e $4,4$ mg/l, respectivamente à DQO, DBO e turbidez. O fosfato apresentou concentrações no efluente da ordem de $0,07 \pm 0,06$ mg/l.

Quanto aos aspectos operacionais, a ETE requer funcionários com melhor qualificação do que normalmente exigido em instalações com o reator Ralf, ou sua associação ao filtro biológico, por exemplo. As habilidades deverão ser múltiplas, às tarefas rotineiras (limpeza da grade, descarte de lodo do Ralf etc), à operação dos vários equipamentos eletromecânicos e a condução adequada do tratamento físico-químico (teste de jarros, dosagem e manuseio de produtos químicos).

O sistema Ralf+FAD pode ser capaz de fornecer um afluente que atende a legislação ambiental do Estado do Paraná (DQO<150 mg/l e DBO<60 mg/l), para o lançamento em corpos d'água receptores, bem como minimizar o aporte de PO₄, um dos responsáveis pela eutrofização.

Referências

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Standard methods for examination of water and wastewater. 20. ed. Washington : APHA. 1998.

CAMPOS, J. P.; POVINELLI, J. Coagulação e floculação: técnicas de abastecimento e tratamento de água. São Paulo: CETESB, 1987. p. 91-120.

JÜRGENSEN, D.; RICHTER, C. A. Tratamento de esgotos por digestão anaeróbia: coagulação e flotação. SANARE, Curitiba, v.1, n.1, p. 19-20, jul./set. 1994.

JÜRGENSEN, D. ETE Cambuí: fluxograma do processo. Curitiba: Sanepar, 1999.

METCALF; EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 3. ed. New York: Mc Graw Hill, 1991. 1334p.

PARLATORE, A. C. Mistura e floculação: técnicas de abastecimento e tratamento de água. São Paulo: CETESB, 1987. p. 131-168.

PENETRA, R. G. et al. Post-treatment of effluents from anaerobic reactor treating domestic sewage by dissolved air flotation. In: TALLER Y SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE AGUAS RESIDUALES, 5., 1998, Viña del Mar. Anais..., 1998.

. Influência da quantidade de ar fornecida no pós-tratamento por flotação de efluentes de reatores anaeróbios Uasb. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro : ABES, 1999, p. 192-199.

PINTO FILHO, A. C. T.; BRANDÃO, C. C. S. Avaliação do potencial da flotação por ar dissolvido sob pressão como pós-tratamento para efluentes de reatores anaeróbios de fluxo ascendente. In: CONGRESSO AIDIS, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro : ABES, 2000. 8 p., (I-001).

REALI, M. A. P. et al. Influência da floculação na flotação de efluentes de reatores anaeróbios (Uasb). In: CONGRESSO AIDIS, 21., 1998, Lima, Anais Eletrônicos. 8p. **Autores**

Décio Jürgensen,

engenheiro civil pela UFPR e gerente da Unidade de Serviço de Projetos de Grande Porte - USGP da Sanepar

Marllon Boamorte Lobato,

engenheiro civil pela PUC-PR e bolsista AP/CNPQ junto ao Isam - PUC-PR

Miguel Mansur Aisse,

engenheiro civil pela UFPR, doutorando em engenharia civil pela Escola Politécnica da USP, com bolsa do CNPQ, professor e pesquisador do Isam - PUC-PR, professor da UFPR

Pedro Além Sobrinho,

engenheiro civil e doutor em engenharia civil pela Escola Politécnica da USP, professor titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP.

Avaliação Qualitativa e Quantitativa de Resíduos Sólidos

na área da Estação de Tratamento de Água (ETA) Cafezal

Cristina Ciappina Feijo

André Celligoi

Ângelo Spoladore

Resumo

Foram analisados os resíduos sólidos produzidos na área da ETA Cafezal, em Londrina, com o objetivo de fazer um diagnóstico da quantidade e qualidade do lixo produzido pelas áreas estudadas. Foram coletadas e pesadas nove amostras de lixo *in natura* em dias diferenciados no período de 4 a 22 de junho de 2001. Pesou-se 289,12 kg, sendo 114,37 kg composto por varrição. Dividiu-se a área em sete setores para verificar o tipo e a quantidade de lixo que cada um gerou, realizou-se uma comparação entre os materiais encontrados, e verificou-se também a sazonalidade. Extrapolou-se os resultados e obteve-se estimativas de médias diárias, mensais e anuais. Constatou-se que o papel e o plástico são os materiais predominantes nas amostragens realizadas. Concluiu-se que a Empresa tem potencial de reciclagem de lixo e as informações resultantes desta pesquisa podem ser úteis em programas de conscientização para a implantação da coleta seletiva, além de subsidiar os responsáveis de cada setor.

Palavras-chave: resíduos sólidos, quantificação e análise de resíduos, diagnóstico de resíduos, potencial de reciclagem

Abstract

Solid residues produced in the Cafezal Water Treatment Area, in Londrina, were analyzed with the objective of performing a diagnosis of the quantity and quality of garbage produced in the areas studied. Nine samples were collected and weighed *in natura* on different days during the period of June 4 to 22, 2001. A total of 289.12 kg were weighed, with 114.37 kg originating from

sweeping. The area was divided into seven sectors in order to determine the type and amount of garbage that each one generated. A comparison was performed between the materials that were found, and the seasonality was also determined. The results were extrapolated, leading to estimates for daily, monthly and annual amounts. It was determined that paper and plastic are the predominant materials in the samples that were gathered. We concluded that the company has the potential for recycling garbage and the resulting information from this research can be useful in awareness-raising programs for the establishment of selective garbage collection, as well as subsidizing those responsible for each sector.

Key words: solid residue, quantity and analysis of residue, diagnostic of residue, potential of recycling

Introdução

A natureza tem um ciclo equilibrado de renovação e sustentação onde tudo é reaproveitado, servindo de alguma forma como fonte de alimento para determinados seres vivos. Desta forma ocorre a limpeza em virtude do trabalho realizado sem a intervenção humana. O homem, neste contexto, desfruta dos recursos que a Terra oferece, levado pelo seu conhecimento, pelo desejo de inovar e pela necessidade natural de querer evoluir. Porém, percebe-se a falta de equilíbrio entre a necessidade de consumo e a compreensão dos fenômenos naturais. Por isso, é necessário pensar no futuro e ser responsável.

A evolução tecnológica verificada nos processos e produtos vem superando as expectativas do consumidor que dispõe de variedades, facilidades, bons preços e satisfação no consumo. Junto com a inovação veio a praticidade, e o homem tornou-se grande consumidor dos produtos descartáveis e desfruta destes recursos que no passado era privilégio de poucos, quando se praticava com maior frequência o reuso e a racionalização, e não havia tanto consumo. O aumento de consumo reflete diretamente no meio ambiente provocando crescente escassez e conseqüente degradação dos recursos naturais.

Há uma tendência de crescimento intenso da população mundial que demandará maior consumo de água, energia e matéria-prima, e em decorrência, maior produção de lixo. A produção e a destinação dos resíduos sólidos é uma preocupação de âmbito nacional, pois o Brasil produz 241.614 toneladas de lixo por dia, dos quais 76% ficam a céu aberto, 23,3% recebem tratamento. 1.505 municípios possuem coleta de lixo; 66% deste lixo não têm coleta adequada (EMBRAPA, 1996: 67).

Segundo a ABNT, 1987, resíduos, no estado sólido e semi-sólido, são aqueles resultantes das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição. Incluem-se também os lodos gerados no processo de tratamento de água, além de líquidos que venham a poluir os rios e aqueles que prejudicam a eficiência de uma estação de tratamento de esgoto.

Lixo é tudo aquilo que as pessoas descartam, não querem mais, aquilo que não tem mais utilidade e é colocado em local público, sabendo-se que sua presença em determinados lugares é prejudicial à saúde (CALDERONI, 1999: 49). A riqueza e o potencial de reciclabilidade que existe no descarte de resíduos domésticos, industriais e públicos é incontestável, por isso a presente pesquisa serviu de instrumento para avaliar qualitativa e quantitativamente os resíduos sólidos produzidos na área da Estação de Tratamento de Água - ETA Cafezal em Londrina, Paraná, com a finalidade de obter dados científicos e confiáveis sobre o lixo produzido pelos setores estudados. Salienta-se que o diagnóstico obtido refere-se a um determinado período do ano e não expressa um resultado totalmente correto, pois o ideal seria coletar amostras durante os doze meses do ano, uma vez por semana, ou duas vezes por mês, para se ter amostras representativas das outras estações do ano, incluindo períodos de festas, como dezembro e fevereiro, férias, período de chuvas mais ou menos intensas, variações de temperatura e outros.

A implantação da coleta seletiva, apesar de ser um assunto bastante simples, requer estudo teórico para que se entenda o contexto, e se pense na sua qualidade, quantidade, seu descarte, na destinação final e nas pessoas envolvidas. Apesar de ser fácil separar o material reciclável, entende-se que há cultura e costumes da comunidade que estão enraizados. Estima-se, por conseguinte que os resultados não ocorram a curto prazo. Estudar as questões técnicas sobre resíduos é fundamental. Há uma infinidade de materiais que devem ser analisados, pois não são todos recicláveis e nem todos podem ser depositados num aterro sanitário; existem materiais que necessitam de destinação final especial. O conhecimento é valioso para o momento do repasse de informações, em um programa de conscientização, porquanto não faz sentido simplesmente dizer às pessoas que é preciso separar os materiais. É necessário apresentar os motivos para isso, os ganhos para a natureza e para a sociedade e as conseqüências que provocará a destinação inadequada do lixo. A elaboração deste diagnóstico também se justifica para que as decisões sejam tomadas com mais segurança. Uma vez que se conhece o ambiente por meio da coleta de dados, fica mais fácil decidir o que e como fazer, visto que existem dados, e quando se toma uma decisão precipitada percebe-se fragilidade posterior, na manutenção do programa de coleta seletiva. O planejamento estratégico, aplicado a qualquer atividade, produzirá uma eficiência maior e resultados mais rápidos do que a mudança apressada para um programa" (REINFELD, 1994: 11). Observa-se ainda que não foi encontrado nenhum trabalho anterior desta natureza na área estudada.

Metodologia

Estudou-se a área não só no aspecto físico, mas também burocrático para obter uma amostra representativa diária, e verificou-se a importância do contato direto com o pessoal da limpeza.

Foram realizadas consultas sobre este assunto em livros, revistas e na Internet, porém este é um assunto muito específico e foram encontrados poucos referenciais bibliográficos. No início do trabalho foi difícil identificar-se como deveria ser o procedimento de pesagem do lixo. O manual Compromisso Empresarial para Reciclagem (1995: 1-8) apresenta uma proposta de caracterização física e por meio desta publicação foi possível adaptar os procedimentos para a realidade local. LIMA (2000: 16) e o manual do Rio de Janeiro (1995: 26), apresentam uma proposta sobre o quarteamento do lixo. A princípio pensou-se em optar por este método, mas na prática percebeu-se que era possível pesar todo o lixo daquela área. Levou-se em conta, também o tempo de funcionamento que dependia da atividade exercida em cada local, e a rotina de coleta desempenhada pelo pessoal da limpeza.

Visitou-se todas as áreas delimitadas para estudo que se compõem de cinco prédios mais a área de pátio. Após o primeiro levantamento verificou-se semelhanças na realização de tarefas, mas também particularidades em alguns setores como é o caso do prédio do laboratório de análises de água, bem como da ETA. O ambiente foi dividido em sete setores, cuja descrição encontra-se na tabela 1.

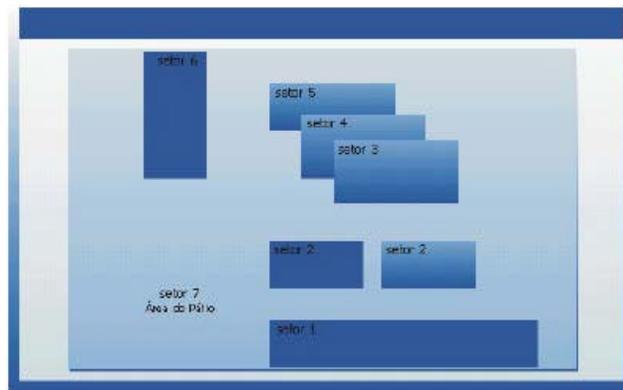
Tabela 1 - Informações sobre as áreas de estudo

Setor n.º	Área (m ²)	N.º de pessoas fixas ¹	N.º de pessoas circulando ²	N.º de lixeiras comuns existentes	Área é composta por
1	5.508,06	15	85	17	Prédio da Estação de Tratamento de Água, laboratório, escritório, sala de reuniões, oficina, refeitório, banheiros e consultório odontológico.
2	311,50	25	14	25	Escritórios, oficina e banheiro.
3	460,08	19	53	23	Escritórios, copiadora e banheiros.
4	460,08	16	37	20	Escritórios e banheiros.
5	371,16	45	15	3 latrinas e 5 lixeiras	Almoxarifado, refeitório, churrasqueira e banheiro.
6	750,00	21	10	30	Área do Laboratório Central com escritório, almoxarifado, refeitório e banheiros.
7	-	120	204	5 latrinas	Área de pátio, garagem e estacionamento.

¹Pessoas que trabalham diretamente neste local.
²Pessoas que não necessariamente trabalham neste local, mas frequentam o ambiente.

A figura 1 apresenta uma vista geral das áreas a fim de demonstrar a localização. Utilizou-se planta baixa de cada ambiente e verificou-se onde havia lixeiras, bem como o seu conteúdo. O pessoal da limpeza foi entrevistado para conhecer-se o serviço e descobriu-se que cada um estabelecia um horário de coleta de lixo, de acordo com a sua rotina. Procurou-se saber também os tipos de resíduos gerados em cada setor: resíduos de serviços de saúde, lixo contaminado, vidro quebrado, papel, plástico, entre outros.

Figura 1 - Localização dos setores



Utilizou-se uma balança de tencal com divisões em 250 gramas, e para peso máximo de 12 quilogramas. Há um gancho na parte inferior que permite pesar o lixo no próprio saco. Quando da aquisição da balança foram realizados alguns testes com pesos aferidos e padronizados que confirmaram os pesos, porém a balança não é precisa. Criou-se uma linha imaginária de 125 gramas e, em razão disso, adotou-se uma tabela onde sempre foram usados números múltiplos de 125. Foram coletadas nove amostras no período de 4 a 22 de junho de 2001, três vezes por semana em dias diferenciados. Para evitar acidentes, com objetos pontiagudos ou cortantes, usou-se Equipamento de Proteção Individual (EPIs), como luvas cirúrgicas ou de raspa, máscara e bastante atenção aos objetos pontiagudos ou cortantes. Analisou-se o lixo em dias comuns, evitando-se a pesagem nos dias de limpeza geral de arquivo ou quando fossem executados descartes diferentes do hábito diário da comunidade estudada. Cada saco de lixo foi identificado com a sua procedência, data e horário. Numa planilha, anotou-se a identificação do setor, data, especificações dos materiais, massa total e individual. Utilizou-se o lixo in natura, anotou-se a massa total. Os materiais foram separados e pesados individualmente. Para aqueles que não era possível aplicar tal procedimento, foram adotadas estimativas de tal forma que a soma de todo o material recolhido ficasse igual à massa total. Os dados foram transferidos para outra planilha. Calculou-se o percentual de cada material encontrado, compararam-se os dados que foram extrapolados para estimativas diárias, semanais, mensais e anuais. Este cálculo é baseado na carga horária de cada setor. Conforme pode ser verificado na tabela 2

Tabela 2 - Cálculos utilizados conforme o tempo de funcionamento de cada setor

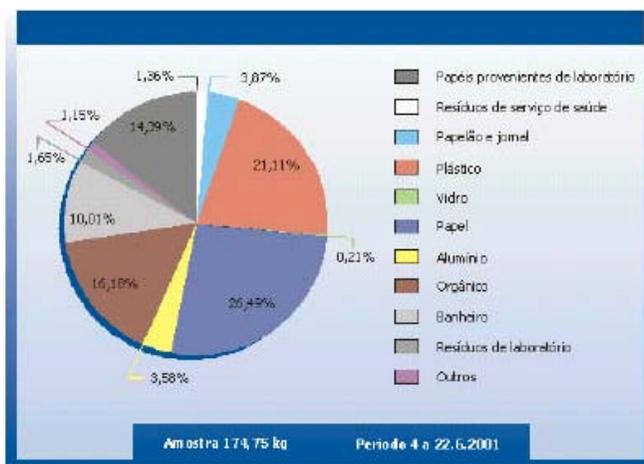
	24 HORAS P/ DIA	5 DIAS ÚTEIS P/SEMANA	5 DIAS ÚTEIS P/SEMANA*
Sem-ano	P.D.L. ¹ x 7	P.D.L. x 5	P.D.L. x 5
Mensal	P.D.L. x 30	P.D.L. x 22	P.D.L. x 23
Anual	P.D.L. x 365	P.M.L. ² x 12	P.M.L. x 12

¹ Um dia a mais de trabalho por mês ² Produção diária de lixo *Produção mensal de lixo

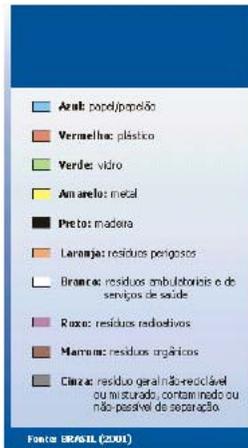
Resultados

Foram analisados 289,12 kg de lixo, dos quais 114,37 kg eram compostos por resíduos provenientes da varrição, principalmente folhas, apesar de este tipo de material não ser objeto principal do estudo. Para efeito de apresentação de gráficos e tabelas, considerou-se como peso total 174,75 kg, excluindo portanto a varrição, tal motivo se dá pela necessidade de apresentá-la à parte. A figura 2 mostra os percentuais de materiais encontrados nas nove coletas realizadas, onde verificou-se que o maior descarte da Empresa é composto por papel que representou 26,49% e em seguida o plástico com 21,11% da amostra. Foram utilizadas cores (ver quadro 2) conforme Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

Figura 2 - Cálculos utilizados conforme o tempo de funcionamento de cada setor



Quadro 2 - Padronização de cores conforme a resolução nº 275 de 25/04/2001 (Conama)



A figura 3 compara quantidade de lixo produzido em cada setor. Comparando a tabela 1 com a figura 3 percebe-se que o setor 1 tem a maior área e no entanto não é o maior gerador, enquanto que o setor 5 é uma das menores áreas e no entanto é o segundo maior produtor de lixo. A tabela 3 apresenta os resultados que foram extrapolados para estimativas médias de produção diária, mensal e anual.

Figura 3 - Percentual dos resíduos sólidos (9 amostras)



Tabela 3 - Estimativas de Produção de Resíduos em toda Área Analisada

Material Selecionado	Diária (kg)	Mensal (kg)	Anual (kg)
Papel	5,14	110,03	1.410,20
Papelão	0,61	14,68	176,79
Plástico	4,10	95,50	1.148,43
Vidro	0,04	1,03	12,40
Alumínio	0,70	16,11	193,61
Orgânico	3,14	73,24	896,43
Banheiro	1,96	50,11	605,43
Papel toalha laboratório	1,60	39,03	470,78
Papel protetor de caixa de caixa	1,19	28,28	315,33
Resíduos de serviço de saúde	0,26	7,02	96,32
Resíduos de laboratório	0,32	7,73	94,33
Isopor	0,06	1,25	15,00
Jornal	0,14	3,06	36,67
Outros	0,16	3,85	46,24
Massa Total (kg)	19,42	457,62	5.506,02

Comparando-se a tabela 4 com a tabela 3 verifica-se que se o papel descartado fosse vendido, haveria um ganho de aproximadamente R\$ 24,78 e para o plástico estima-se um valor entre R\$ 9,00 e R\$15,00 por mês.

Tabela 4 - Preço dos Materiais Recicláveis para Venda em Londrina

Material	Reais
Papel (kg)	0,20 a 0,22
Papelão (kg)	0,12
Jornal (kg)	0,10
Vidro quebrado (kg)	0,04
Vidro (unidade)	0,12
Alumínio (unidade)	2,20
Plástico ped ¹	0,40
Plástico ped ²	0,14
Plástico pet ³	0,30
Plástico misturado	0,10

¹ped: polietileno de alta densidade
²ped: polietileno de baixa densidade
³pet: polietileno tereftalato

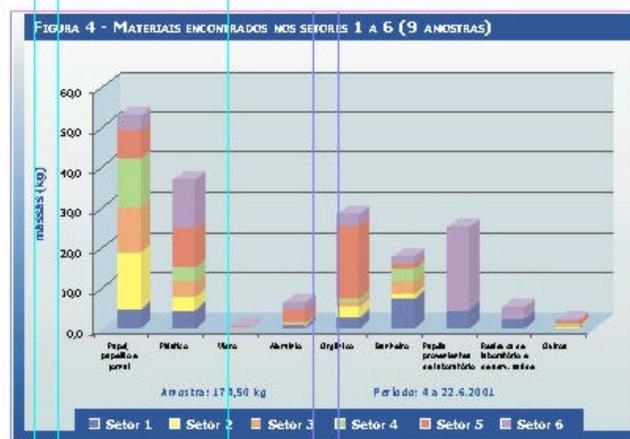
Fonte: IBLAVI (2011).

Analisou-se individualmente a produção de lixo em cada setor para verificar qual o tipo de material predomina em cada um. O resultado é apresentado na tabela 5. Os setores 2, 3 e 4 são áreas de escritório, portanto era de se esperar maior volume de papel. No setor 1 predominou o lixo proveniente de banheiro, em virtude do fluxo de pessoas neste local seja para visitar, seja para freqüentar a sala de reuniões, conforme verificado na tabela 1. Observou-se também quantidade importante de papel toalha de laboratório. No setor 5 predominaram os resíduos orgânicos, pois neste local há um refeitório onde se concentram muitas pessoas. No setor 6 é relevante o descarte de plástico, e também de papel toalha de laboratório e de papel protetor de caixa de coleta. Estes dois últimos tipos de materiais não podem ser reciclados. Ressalta-se que neste setor há escritórios, porém o descarte de papel é mínimo. Estas informações também podem ser confirmadas pela figura 4 em que se faz a comparação de tipo de material por setor.

Tabela 5 - Materiais Predominantes em cada Setor

Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 5	Setor 6
27,5%	66,10%	54,03%	57,40%	45,74%	25,88%
Banheiro	Papel	Papel	Papel	Orgânico	Plástico

Figura 4 - Materiais encontrados nos setores 1 a 6 (9 amostras)



Outra análise feita foi em relação aos dias da semana, com o objetivo de verificar picos de produção mínima e máxima de lixo. A sazonalidade somente foi verificada no setor 6, onde se percebeu maior volume de lixo na terça e quarta-feiras. Descobriu-se que os dias de terça a quinta-feira são os de maior pico de trabalho o que coincide com a rotina do setor, enquanto na segunda-feira realiza-se preparo de material para análise e, na sexta-feira, há uma queda no volume de lixo em virtude do encerramento das atividades e do preparo do laboratório para a semana seguinte. Neste setor ficou muito clara a relação volume de trabalho com volume de lixo.

Quanto à varrição, pesou-se 114,37 kg e observou-se uma variação brusca, pois o pátio ficou seis dias sem ser varrido devido a um feriado prolongado de quatro dias e neste período houve três dias de chuva intensa, o que fez acumular grande quantidade de folhas no chão. O estudo sobre a varrição permitiu concluir que o seu volume é influenciado pelas condições climáticas e, por isso, acredita-se que os resultados aqui apresentados não expressam estimativas reais. Se houver maior interesse pelo assunto sugere-se um número maior de amostragens num período mais prolongado considerando todas as estações do ano.

Conclusão

Ao observar-se a coleta realizada em cada lixeira, a constatação inicial foi de que o volume diário era insignificante. No entanto, ao reunir-se todo o material gerado nos diversos setores, o total surpreendeu porque até então não havia sido dimensionado. Um dos fatores que contribuem para o desconhecimento do volume total produzido é a coleta realizada pelo serviço municipal, três vezes por semana. Com a coleta de rotina não há acúmulo de material e com isso as pessoas não têm um referencial visual da quantidade de resíduos e lixo produzidos. Apesar disto, este procedimento gera uma vantagem em relação ao aspecto sanitário e ao mau cheiro, porque não agride tanto as pessoas que

transitam pelos locais de coleta. Porém ao analisar as planilhas, onde se extrapolaram os resultados para médias semanais, mensais e anuais, verificou-se que o lixo de cada dia de cada lixeira gera um volume grande que se soma aos demais produzidos pelas pessoas e empresas da cidade.

Este estudo foi realizado em uma área de 21.954 m² e ali se concentram muitas pessoas, além de ser aquele um local com atividades muito diferenciadas. Pretendia-se obter informações para saber quais os tipos de lixeiras que deveriam ser colocadas, bem como a quantidade e os lugares funcionais. Constatou-se que o lixo expressa a realidade de trabalho de cada setor. Havia aqueles em que era bem característico o descarte de papel, em outros, o plástico, em outros, resíduos orgânicos, e assim por diante. Foram verificadas as diferenças de realização de tarefas entre os setores por meio do descarte, pois a maior presença de determinado resíduo caracterizava a procedência. Por isso, há de se concluir principalmente, que o lixo expressa a atividade realizada sendo verdadeira também a recíproca. "O tipo de resíduo depende do local onde é produzido e reflete os hábitos e atividades da população que reside numa determinada região" (CAVINATTO, 1992: 55).

Outra constatação é que não foram encontrados muitos materiais diferentes, como era esperado. Descobriu-se também que a maior parte do material analisado era mais seco, portanto com uma vantagem a mais para a coleta e separação dos recicláveis. A Empresa tem potencial de reciclagem principalmente de papel e plástico e em razão disso, sugere-se a implantação da coleta seletiva de lixo. A princípio, a Empresa poderá construir um pequeno depósito para armazenagem do material selecionado que deverá ser recolhido diariamente ou a cada dois dias por entidades filantrópicas, por catadores ou pelo serviço de coleta municipal que deverão dar a destinação final.

Após a realização deste diagnóstico, a Empresa estuda a possibilidade de vender o material reciclável a cada 15 ou 20 dias, dependendo do volume acumulado. A arrecadação proveniente da venda será revertida em cestas básicas que serão doadas a famílias carentes da comunidade, cujo cadastro se encontra em fase de estudo, exercendo assim, um ato de cidadania.

A apresentação destes dados dentro da Empresa aliada a uma campanha de conscientização deverá surtir bons resultados, já que pode despertar no indivíduo a reflexão sobre a quantidade e a qualidade do material que é descartado pelo seu setor, podendo este fazer comparação com os demais setores e ele como cidadão, se estiver comprometido, fará a sua parte.

A pesquisa realizada além de servir para diagnóstico e educação ambiental, servirá de fonte de informação para os responsáveis de cada setor que poderão detectar desperdícios. Pressupõe-se que a avaliação mais detalhada de cada setor poderá apontar para correções de processos, das atividades e de descarte.

O diagnóstico realizado nesta área da Sanepar indica que há potencial econômico no reaproveitamento do lixo. Pressupõe-se que este assunto seja de interesse de empresas que já atuam ou queiram atuar na destinação adequada do material reciclável, seja para venda seja para doação. Além da possibilidade de renda, se conseguiria reduzir o volume de lixo a ser depositado nos aterros sanitários, o que em última instância traria benefícios ao meio ambiente.

Embora no Brasil a prática da reciclagem seja pequena, percebe-se uma mudança cultural das pessoas em relação ao tema. Durante os procedimentos de pesagem do lixo, percebeu-se grande curiosidade das pessoas que passavam pelo local. Os transeuntes questionavam o que estava sendo feito, por que, qual a finalidade e muitos quiseram ajudar de alguma forma, seja fazendo anotações ou prestando informações. Este comportamento revela interesse e apoio, fatores fundamentais para a reciclagem.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. [S.l.], set. 1987.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 275 de 25/04/2001**. Disponível em: www.resol.com.br. Acesso em 03/07/2001.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 3. ed. São Paulo : Humanitas, 1999.

CAVINATTO, V.M. **Saneamento básico fonte de saúde e bem estar**. 13. ed. São Paulo : 1992.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Caderno de Reciclagem**. Rio de Janeiro, n.4, p.1-8, 1995.

DELAVI, E.J. **Companhia municipal de trânsito e urbanização**. Londrina, jul. 2001.

EMBRAPA. **Atlas do meio ambiente do Brasil**. 2. ed. Brasília: Terra Viva, 1996.

FERREIRA, M.L. Proposta de um sistema alternativo de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares executada por catadores na cidade de Cianorte. **Sanare: Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v.15, n.15, p-36-47, 2001.

LIMA, L.M.Q. **Tratamento de lixo**. São Paulo : Hemus, 2000.

REINFELD, N.V. et al. **Sistema de reciclagem comunitária do projeto à administração**. São Paulo: McGraw-Hill, 1994.

RIO DE JANEIRO (Estado). Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Manual de gerenciamento integrado**. Rio de Janeiro, 1995. 278 p.

Autores

Cláudia Cristina Ciappina Feijó,

administradora, gestora ambiental da

Sanepar, pós-graduada em Análise Ambiental em Ciências da Terra

André Celligoi,

geólogo, doutor em Hidrogeologia, professor-adjunto do Departamento

de Geociências da Universidade Estadual de Londrina

Ângelo Spoladore,

geólogo, mestre em Geociências, professor do Departamento de Geociências da
Universidade

Estadual de Londrina.

ANÁLISE DA QUALIDADE DA COLETA E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DA CIDADE DE IVAIPORÃ - ESTADO DO PARANÁ

Jayme Ayres da Silva

Resumo

Com o objetivo de verificar a qualidade da coleta e disposição final dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Ivaiporã - Estado do Paraná, para auxiliar o poder público municipal a visualizar e a desenvolver um conjunto de ações alternativas que possa resultar em melhores condições para a coleta, disposição final dos resíduos domiciliares, bem como melhorias na qualidade de vida da população e conservação do meio ambiente, foram realizadas pesquisas bibliográficas e de campo. Por meio de análise dos indicadores verificou-se a população atendida pela coleta, regularidade, frequência, geração per capita de lixo, componentes do lixo e análise da área de disposição final do lixo e impactos causados ao meio ambiente. O quadro urbano de Ivaiporã foi dividido em dois agrupamentos (zona central e periferia), onde residem 27.933 habitantes distribuídos em 7.171 domicílios.

Palavras-chave: qualidade, disposição final, coleta de lixo, geração per capita, saúde humana

Abstract

With the objective of determining the quality of collection and final disposal of solid waste produced by dwellings in the city of Ivaiporã, state of Paraná, in order to assist the municipal authorities in visualizing and developing a set of alternative actions that might result in better conditions for the collection and final disposal of waste produced by dwellings, as well as improvements in the quality of life for the population and for the preservation of the environment, both biblio-graphical and field research has been conducted. By means of analysis of indicators, the population served by collection was determined, as were the regularity, frequency, per capita generation of garbage, composition of the garbage and analysis of the area of final disposal of the garbage and

impact caused on the environment. The urban span of Ivaiporã was divided in two groups (central and peripheral) where 27,933 inhabitants live, distributed among 7,171 dwellings.

Key words: quality, final disposition, collects of garbage, per capita generation, human health

Introdução

A Revolução Industrial possibilitou à humanidade colocar em prática alguns sonhos. Os materiais e equipamentos passaram a ser produzidos rapidamente, por meio de máquinas, de forma diferente dos processos artesanais. Graças ao desenvolvimento da tecnologia de produção e diversificação de materiais, intensificou-se o consumo e surgiram diversos tipos de lixo: domiciliares, industriais, hospitalares, públicos, etc.

A carência de saneamento ambiental, especialmente de disposição final adequada de lixo, repercute diretamente sobre a qualidade da água. A gestão de recursos hídricos está estreitamente relacionada com a gestão do saneamento, coleta e disposição final dos resíduos urbanos (RIBEIRO, M. 1998).

No Brasil, a média de produção diária de lixo per capita é de 600 gramas, mas essa média de produção tende a crescer nas grandes cidades e nas camadas mais ricas da população (RIBEIRO, M., 1998).

Este panorama gera, inevitavelmente, diversos malefícios do ponto de vista sanitário, dos quais os principais são a proliferação de agentes transmissores de doenças, tais como: moscas, ratos, mosquitos, baratas, formigas etc, e a produção, a partir do lixo, de fumaças e líquidos que poluem o ar, a água e o solo.

Neste sentido, assume notável importância, a proposta técnica de levantar a qualidade da coleta e disposição final dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Ivaiporã - Estado do Paraná.

Abordagens sobre lixo

Abordagem Antropológica e Urbanística

O aumento populacional, a industrialização e o crescimento econômico trouxeram consigo não apenas aumentos na quantidade de lixo, mas também mudanças em suas características.

Atrelado a isto, vem o aumento da poluição do solo, das águas (subterrâneas e de superfície) e do ar, levando a um contínuo e acelerado processo de deterioração do meio ambiente, com uma série de implicações na qualidade de vida de seus habitantes e nos seus bens naturais. Uma parcela significativa desta deterioração resulta do tratamento inadequado do lixo gerado.

O grau de urbanização também está crescendo. Em meados do século XIX, apenas 1,7% da população mundial vivia nas cidades, percentual significativo. Porém, já em 1950, essa proporção era de 21% em 1980, 41,5%, SANTOS (1991).

As sociedades que pretendem melhorar a sua qualidade de vida devem voltar a atenção para a necessidade de reduzir a sua produção de lixo, destinando de forma ecologicamente correta as sobras restantes.

Abordagem técnica

Conceito de lixo (FERREIRA, 1986).

- 1) Aquilo que se varre da casa, do jardim, da rua e se joga fora; entulho.
- 2) Tudo o que não presta e se joga fora.
- 3) Sujidade, sujeira, imundície.
- 4) Coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor.

Conceito de resíduo (FERREIRA, 1986).

Aquilo que resta de qualquer substância; resto.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR - 10004, São Paulo, 1987, define lixo/resíduo, como: "restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresenta-se sob estado sólido, semisólido ou semilíquido (com conteúdo líquido insuficiente para que este líquido possa fluir livremente)", ou ainda: "os resíduos podem ser classificados também de acordo com a sua natureza física (seco e molhado), sua composição química (matéria orgânica e matéria inorgânica) e pelos riscos potenciais ao meio ambiente (perigoso, não inerte e inerte)".

O lixo poderá ser classificado de acordo com a sua origem, isto é: lixo comercial, de varrição e feiras livres, serviços de saúde e hospitalares, portos, aeroportos e terminais ferro e rodoviários, industriais, agrícolas, entulhos, público e os resíduos sólidos domiciliares urbanos.

Abordagem sanitária e epidemiológica

A saúde é definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como o estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas pela ausência de doença.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saneamento como o controle de todos os fatores físicos do homem, que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre seu bem-estar físico, mental e social. Portanto, é evidente que pela sua própria definição o saneamento é indissociável do conceito de saúde.

A figura n.º 1 ilustra os principais macro e microvetores relacionados com o lixo e transmissores de doenças.

Figura 1 - Vetores relacionados com o lixo e transmissores de doenças (Barros, 1995)



- Ratos: podem transmitir doenças pela mordida, urina, fezes e pela pulga que vive em seu corpo, causando a peste bubônica, tifo murino e leptospirose.

- Moscas: transmitem doenças por via mecânica (por meio das asas, patas e corpo) e das fezes e saliva, causando febre tifóide, salmonelose, cólera, amebíase, disenteria e giardíase.

- Mosquitos: transmitem doenças pela picada da fêmea, causando malária, leishmaniose, febre amarela, dengue e filariose.

- Baratas: transmitem doenças por via mecânica (asas, patas e corpo) e também pelas fezes, causando febre tifóide, cólera e giardíase.

- Suínos: transmitem doenças pela ingestão de carne contaminada, causando cisticercose, toxoplasmose, triquinose e teníase.

- Aves: transmitem doenças pelas fezes e também podem fazer o transporte de bactérias e fungos colhidos no lixo, causando a toxoplasmose e criptococose.

O brasileiro convive com a maioria do lixo que produz. São 241.614 toneladas de lixo produzidas diariamente no País. Fica a céu aberto (lixão) 76% de todo esse lixo. Apenas 24% recebe tratamento mais adequado. (IPT/CEMPRE, 1995). Os maiores problemas causados pela disposição inadequada do lixo estão ligados a diversos aspectos, como os sanitários, ambientais e operacionais (IPT/CEMPRE, 1995).

Os lixões são formas condenadas de disposição final de resíduos sólidos (Governo do Estado do Paraná - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano, 1994).

O aterro sanitário, dentro das normas legais, é uma alternativa aceitável para a disposição final de resíduos sólidos no solo, qual utiliza-se de técnicas da engenharia para confinar o lixo na menor área possível e utiliza metodologia que preserva o meio ambiente e protege a saúde pública.

Abordagem legal

O direito do homem a um meio ambiente sadio é um direito indiscutível, reconhecido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, onde: "todos os seres humanos têm o direito fundamental a um ambiente adequado à sua saúde e bem-estar".

O artigo XXV da Declaração Universal dos Direitos do Homem reconhece em 1946, prevê que "toda pessoa tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e à sua família a saúde e o bem-estar, inclusive alimentação, vestuário, habitação, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis". Para os países em desenvolvimento, os direitos humanos por excelência são os direitos econômicos e sociais que devem pairar acima dos demais: é o direito à vida no sentido mais amplo, que abrange os direitos indispensáveis a uma existência condigna.

Material e métodos

Identificação e Delimitação

do Problema

A delimitação da pesquisa está restrita, ao quadro urbano da cidade de Ivaiporã, a qual localiza-se na Região Central do Estado do Paraná, com 40.750 habitantes, sendo 12.817 habitantes residentes na zona rural, e 27.933 habitantes residentes na zona urbana, possuindo um total de 11.121 domicílios, distribuídos em 3.719 na zona rural e 7.402 domicílios no quadro urbano ocupados por 68,55% da população de todo o município, que também enfrenta problemas em relação aos resíduos sólidos domiciliares e sua disposição final da mesma forma que os demais municípios do Estado e do País.

Metodologia

1) Pesquisa bibliográfica: iniciada com uma revisão bibliográfica sobre as questões ambientais.

2) Pesquisa de campo: para a avaliação de desempenho da qualidade da coleta dos resíduos sólidos domiciliares urbanos, foram utilizados os indicadores: população atendida, regularidade, frequência, geração per capita e componentes do lixo (IPT/CEMPRE, 1995).

Para definir o índice de frequência de coleta, utilizou-se os dias trabalhados no mês divididos pelos dias úteis do mês (considerando a média de 24 dias úteis/mês).

3) Identificação do peso dos resíduos sólidos domiciliares: realização de pesagens diárias da coleta de lixo, durante o período de 1 a 30 do mês de

março de 2000, nas áreas da Zona Central e Periferia (Zona Norte, Zona Sul, Zona Leste e Zona Oeste).

4) Geração per capita de lixo: (kg/habitante/dia), obtida pelo processo de amostragem considerando as pesagens realizadas no mês de março de 2000 (peso do lixo coletado dividido pelo número de habitantes da área estudada).

5) Identificação da composição do lixo: foram realizadas no período de 1 a 10 de março de 2000, 10 (dez) amostragens de 100 kg cada, num total de 1.000 kg para a Zona Central e 1.000 kg para a Periferia, de onde foram retirados os tipos diferentes de componentes do lixo e pesados separadamente.

6) Análise da área de disposição do lixo: foram utilizados critérios técnicos, baseados no Manual de Gerenciamento Integrado: Lixo Municipal (IPT/Cempre, 1995), além de um laudo técnico sanitário expedido pelo Departamento Municipal de Vigilância Sanitária de Ivaiporã (maio, 2000).

Objetivos

1) Objetivos gerais:

Verificar a qualidade da coleta e disposição final dos resíduos sólidos domiciliares urbanos de Ivaiporã - Estado do Paraná, com o propósito de propor alternativas técnicas para a coleta e a disposição final dos resíduos sólidos, visando melhorias para a qualidade de vida da população.

2) Objetivos específicos:

- Identificação da qualidade da coleta dos resíduos sólidos domiciliares urbanos;
- Identificação da qualidade da frequência e regularidade da coleta;
- Identificação das áreas com qualidades baixas de coleta dos resíduos;
- Identificação da geração per capita de lixo;
- Identificação da composição dos resíduos sólidos domiciliares (lixo);
- Análise da frota e guarnição utilizada na coleta;
- Análise da área de disposição final dos resíduos, bem como proposição de alternativas para amenizar os impactos causados na área de depósito;

- Identificação dos problemas causados pelos resíduos que implicam na saúde da população.

Diagnóstico da limpeza pública

"O serviço de limpeza das ruas, praças e logradouros públicos será executado direta ou indiretamente

pela Prefeitura, bem como o serviço

de coleta de lixo domiciliar" .

(artigo 5.º, Capítulo II - da higiene pública, Seção I, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de

Ivaiporã, 2000).

A Prefeitura Municipal realiza os serviços de limpeza pública, desenvolvendo atividades de coletas separadamente de resíduos domiciliares urbanos, coleta de resíduos gerados pelos serviços de saúde, coleta de entulhos, coleta seletiva de lixo, varrição e a disposição final dos resíduos coletados.

A coleta, transporte e disposição final de resíduos sólidos domiciliares urbanos, resíduos hospitalares, entulhos, varrição, é realizada por uma equipe de 92 profissionais e servidores.

A coleta de resíduos sólidos domiciliares urbanos é realizada com três caminhões, sendo: um caminhão Dodge ano 1997, utilizado na coleta realizada na Zona Central; um caminhão Ford, ano 1997 e um caminhão Volkswagen, ano 1985 utilizado nas coletas realizadas na periferia.

Além dos três caminhões coletores, a Prefeitura dispõe de um caminhão de reserva, sem compactador para a realização da coleta quando houver problemas de ordem mecânica com um dos caminhões compactadores.

Resultados e discussão

O quadro urbano possui 7.402 domicílios, dos quais, 7.171 são habitados, distribuídos em 39 áreas, divididas em Zona Central, Zona Norte (Jardim Itaipu, Jardim Santa Luzia, Vila Ipiranga e Vila Santa Maria), Zona Sul (Conjunto Residencial Olímpio Mourão Filho, Jardim Paraná, Vila Planalto, Vila Formosa e Vila Santa Terezinha), Zona Leste (Vila São Pedro, Vila Operária, Alto da Glória, Vila Iporã, Conjunto João de Barro, Conjunto Waldomiro Guergoleto, Jardim Guanabara I e II, Colônia da Prefeitura, Conjunto Residencial de Furnas e Vila Nova Porã) e a Zona Oeste (Jardim Europa, Jardim Aeroporto, Jardim Luiz XV, Vila João XXIII, Jardim Brasília, Jardim Imperial, Jardim Ouro Preto, Jardim Sabará, Vila Fátima, Vila Monte Castelo, Vila São José, Jardim Alvorada, Parque Belo Horizonte, Vila Esperança, Vila Bom Jesus, Vila Bandeirantes e Vila São Jorge).

Os 7.171 domicílios habitados do quadro urbano são servidos pela coleta de resíduos sólidos domiciliares (lixo), atingindo um indicador de 100% de atendimento, onde residem 27.933 habitantes, atingindo também o indicador de 100% em relação ao número de habitantes atendidos pela coleta de resíduos sólidos (lixo).

A freqüência de coleta é diferenciada, na Zona Central, sendo realizada no período diurno nas áreas de pouco trânsito de veículos e pedestres e no período noturno nas áreas de maior fluxo de veículos e de pedestres, todos os dias da semana, exceto aos domingos. Na periferia a coleta é realizada no período diurno e noturno, em dias alternados, em duas etapas, sendo uma às segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras e a outra nas terças-feiras, quintas-feiras e sábados, não havendo coleta aos domingos.

Na zona central a freqüência de coleta atinge o indicador de 100%, sendo considerado o índice ideal do ponto de vista sanitário (IPT/CEMPRE, 1995), porém é a mais dispendiosa (PREFEITURA MUNICIPAL DE IVAIPORÃ, 2000). Nesta freqüência não há coleta nos domingos, o que provoca uma sobrecarga nas segundas-feiras, causada pelo acúmulo da produção de lixo de dois dias.

Na periferia (Zona Norte, Zona Sul, Zona Leste e Zona Oeste), a freqüência de coleta atinge um indicador de 50%, sendo considerado apropriado em relação à utilização mais eficiente da frota, transporte e da mão-de-obra (IPT/CEMPRE, 1995).

Os inconvenientes deste sistema são os problemas gerados pelo acúmulo da produção de lixo aos finais e inícios de semana, em função dos intervalos da coleta, ocorrendo acúmulos de até três dias, sendo que na Zona Norte, Zona Sul e Zona Leste onde a coleta é realizada às segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras, o acúmulo ocorre aos sábados, domingos e nas segundas-feiras até o momento da coleta e na Zona Oeste onde a coleta é realizada nas terças-feiras, quintas-feiras e sábados, o acúmulo ocorre aos domingos, segundas-feiras e terças-feiras até o momento da coleta.

Quanto aos horários da coleta de resíduos sólidos domiciliares, a Prefeitura adota o revezamento das equipes no período diurno e noturno, utilizando-se da mesma frota de utilitários.

Tanto a coleta diurna como a noturna, podem trazer aspectos favoráveis e/ou desfavoráveis, quais estão ligados a diversos fatores (IPT/CEMPRE, 1995).

A coleta diurna tem como aspecto favorável a segurança (assalto, ataque de cães e maior facilidade de socorro) e a visibilidade dos operários coletores e do motorista quanto ao manuseio do caminhão.

Quanto ao aspecto desfavorável, a coleta diurna é mais lenta, trazendo transtornos ao trânsito de veículos e de pedestres.

A coleta noturna causa menos interferência em áreas de circulação mais intensa de veículos e pedestres e permitem maior produtividade dos veículos de coleta pela maior velocidade média, em decorrência do tráfego em geral, significando uma diminuição da frota de veículos coletores, em decorrência do melhor aproveitamento dos veículos disponíveis.

Os aspectos desfavoráveis da coleta noturna estão ligados a menor visibilidade dos operários coletores e do motorista do caminhão; os ruídos produzidos em períodos noturnos pelo manuseio de recipientes e pela engrenagem do caminhão coletor; maiores riscos de acidentes (mecânicos, assaltos e cães) e aumento dos encargos sociais e trabalhistas incidentes na folha de salários do pessoal de coleta.

O método de coleta adotado é o direto, que envolve duas fases, sendo a primeira fase interna (sob a responsabilidade do gerador) e a segunda fase externa (sob a responsabilidade da Prefeitura) onde os resíduos sólidos domiciliares (lixo), devem ser acondicionados em frente aos domicílios, de preferência em lixeiras suspensas e em recipientes padronizados (sacos plásticos), para os coletores recolherem.

Do ponto de vista sanitário, econômico, de segurança e comodidade, o método direto é o ideal (IPT/CEMPRE, 1995).

A regularidade da coleta é mantida dentro do planejamento, ou seja, de segunda-feira a sábado na zona central e em dias alternados na periferia, não havendo coleta de resíduos sólidos domiciliares apenas aos domingos.

A Prefeitura Municipal dispõe de quatro caminhões utilizados para a coleta de resíduos sólidos domiciliares, que são antigos e diariamente sofrem problemas de ordem mecânica.

Com exceção do caminhão convencional utilizado como reserva, os demais apresentam carroceria com compactador, tendo a vantagem de melhor

aproveitamento da capacidade do chassi, transportando até três vezes mais de volume de lixo por viagem do que os caminhões convencionais.

A baixa altura dos caminhões decarga dotados de compactador exige menor esforço dos coletores e, conseqüentemente, enseja maior velocidade de coleta, além de tornar mais fácil e rápida a descarga do material (IPT/CEMPRE, 1995).

O caminhão convencional, utilizado como reserva para a coleta está totalmente fora dos padrões, pois é necessária a participação de um operário para fazer a "arrumação" do lixo na carroceria, visando o melhor aproveitamento do espaço disponível. Outro problema que ocorre com freqüência diz respeito à dispersão pelos logradouros do lixo coletado, pois as tampas nem sempre são bem fechadas, resultando em constante derramamento de lixo durante o deslocamento do caminhão, além da liberação de microorganismos no ar, os quais podem gerar danos à saúde humana.

Quanto ao número da guarnição da coleta, para os caminhões compactadores, o ideal para cada caminhão é a utilização de um motorista e de dois a quatro coletores para a coleta do lixo nas duas laterais da via (IPT/CEMPRE, 1995).

A coleta é realizada com uma guarnição de 7 (sete) motoristas, sendo distribuídos em dois turnos para três caminhões, ficando um para reserva e 24 (vinte e quatro) operários coletores, também divididos em dois turnos, ou seja, 12 (doze) coletores para o período diurno e 12 (doze) coletores para o período noturno, cabendo para cada caminhão compactador 1 (um) motorista e 4 (quatro) operários coletores.

Quanto à utilização de mão-de-obra, o ideal é de um operário coletor para cada 1.000 (mil) habitantes atendidos (IPT/CEMPRE, 1995).

A distribuição da utilização da mão-de-obra para a coleta de resíduos sólidos domiciliares é de 24 (vinte e quatro) operários coletores para uma população de 27.933 habitantes, atingindo um índice de 01 (um) operário coletor para cada 1.163 habitantes atendidos.

A população de 27.933 habitantes, residentes no quadro urbano produz 442.010 kg/mês (março, 2000), tendouma produção diária de 14.733 kg/dia e uma geração de 0,527 kg/habitante/dia.

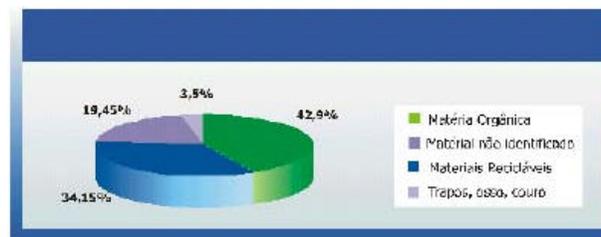
A média per capita de produção de resíduos sólidos domiciliares urbanos dos municípios brasileiros é de 0,600 kg/habitante/dia, com tendência a crescer nas grandes cidades e nas camadas mais ricas da população (RIBEIRO, M., 1998).

A população de 12.773 habitantes, residente na zona central produz 250.476 kg/mês de lixo, equivalendo a uma geração per capita de lixo de 0,653 kg/habitante/dia e a população da periferia, produz 191,534 kg/mês de lixo, equivalendo a uma geração per capita de 0,421 kg/habitante/dia.

O resultado mostra uma diferença na geração per capita de lixo entre os habitantes da zona central e da periferia, sendo um dos fatores o poder aquisitivo e de consumo da população, uma vez que os habitantes residentes na zona central têm uma renda familiar em média de 5 (cinco) salários mínimos mensais e os habitantes da periferia uma renda familiar de 3 (três) salários mínimos mensais.

Dos componentes encontrados nas amostragens dos resíduos sólidos (março, 2000), 42,90% é de material orgânico, 34,15% é de material reciclável, 19,45% é de material não identificado em função da compactação e 3,50% restante é composto de restos de tecidos, couros, madeiras, ossos e borrachas, conforme observa-se na figura n.º 2.

Figura 2 - Amostragem da composição do lixo centro e periferia (01/03/2002)



Nas amostragens da composição geral dos resíduos sólidos domiciliares urbanos, a produção de componentes coletada na zona central, em relação à periferia, apresentou maior peso em matéria orgânica, papel, papelão, material plástico, metal, lata, trapo, couro, vidro e borracha, apresentando menor produção apenas nos componentes não identificados e ossos.

Acompanhando a maior geração per capita de lixo produzida pelos habitantes da zona central, temos também uma maior produção em composição do lixo, ou seja, os habitantes da zona central apresentam um maior poder aquisitivo em relação aos habitantes da periferia.

Para cada tipo de componente encontrado nos resíduos sólidos é possível a realização de uma disposição voltada para atender aspectos técnicos, sociais e ambientais.

O material orgânico na compostagem sofre um processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem provocar riscos ao meio ambiente, gerando economia nas áreas de aterro, aproveitamento agrícola da matéria orgânica e reciclagem de nutrientes para o solo (IPT/CEMPRE, 1995).

Os resíduos sólidos domiciliares urbanos estão sendo depositados a céu aberto, desde 1960 na área localizada na Gleba Pindaúva, Lote 42 C, a qual encontra-

se totalmente saturada e inadequada para a disposição de resíduos, bem como para transformação da área em aterro sanitário ou controlado.

Os 442.010 kg/mês, produzidos na cidade estão sendo depositados sobre o terreno natural, sem qualquer cuidado ou técnica especial, trazendo sérios riscos ambientais e sanitários para a população.

Uma vez que um volume de lixo é disposto sobre o solo, a decomposição da parte orgânica será influenciada por variáveis ambientais, como: umidade, granulometria das partículas, pH, substâncias tóxicas presentes, concentração de nutrientes e oxigênio disponível (IPT/CEMPRE, 1995).

A parte inerte do lixo sofre menores transformações. O vidro permanece praticamente inalterado. Os plásticos podem passar décadas, às vezes séculos para sofrer alguma transformação microbiana. Os metais podem sofrer corrosão físico-química, podendo inclusive liberar metais pesados na forma iônica (IPT/CEMPRE, 1995).

Sejam quais forem as condições, o fenômeno causa interação com o meio ambiente, provocando poluição no ar, no solo e na água.

A atividade enzimática de degradação da matéria orgânica leva à formação de um líquido escuro conhecido como chorume. Este líquido tem alta carga orgânica poluente e pode percolar no solo arrastando consigo nitratos, fosfatos, metais pesados e microorganismos.

A carga orgânica do chorume é avaliada através da DBO (demanda bioquímica de oxigênio), uma técnica analítica que avalia a quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos degradem a matéria presente na mistura. A DBO do chorume varia de acordo com a diluição, dependendo, portanto do índice de precipitação pluviométrica. De modo geral sua DBO pode variar de 1.000 a 30.000 mg/l, o que significa, a título comparativo, que o chorume pode ter uma carga poluidora orgânica até 100 vezes maior do que as águas de esgotos (HAMADA, 1991).

Quando o chorume contamina o lençol freático, as águas dele provenientes (poços freáticos ou artesianos) ficam impróprias para o consumo.

Na área de depósito do lixo, existem dois córregos (Gayano e Pindauva), os quais recebem diretamente o chorume por escoamento superficial, vindo a poluir a água, também estão assoreados pelo lixo que vem sendo carregado por águas pluviais.

O solo da área do lixão recebe ainda a poluição de componentes tóxicos, como pilhas, pesticidas, solventes, ácidos e outros produtos tóxicos que são adicionados nos resíduos sólidos domiciliares e destinados ao lixão.

O ar encontra-se contaminado pelo mau cheiro provocado pela emissão dos gases provenientes da biodegradação da matéria orgânica, além da fumaça resultante da combustão provocada ou espontânea. A combustão espontânea ocorre devido ao metano, gás inflamável resultante da degradação anaeróbia da matéria orgânica. A combustão também é provocada pelos catadores.

Em ambos os casos, a combustão de um material tão heterogêneo produz densa e irritante fumaça ocre, muito desagradável para a vizinhança, e pior, esta fumaça normalmente contém moléculas orgânicas tóxicas como a dioxina, um agente cancerígeno (LEITE, L., 1973).

Pelo fato de a área do lixão estar repleta de material de alto conteúdo energético, serve de alimento e nicho ecológico a inúmeros organismos vivos, principalmente ratos, moscas, baratas e urubus, que se proliferam e deslocam para outras áreas, vindo a abrigar-se em casas, onde tornam-se potenciais transmissores de doenças (ROCHA, 1980).

Dos insetos que são encontrados no lixão, as moscas, principalmente a mosca doméstica, são os mais constantes, os quais podem pôr de 120 a 150 ovos por dia, totalizando de 500 a 600 ovos durante o seu ciclo de vida. A fêmea procura colocar seus ovos em um meio rico em substâncias orgânicas. A incubação dos ovos dura de 8 horas a 4 dias, podendo-se tomar 24 horas como o período médio.

A vida média do adulto varia de 5 a 8 dias, podendo se deslocar 10 km em 24 horas, ou mais, dependendo do vento, podendo desta forma, transportar bactérias e outros microorganismos do lixão até as residências do quadro urbano.

As principais doenças transmitidas pelas moscas são as provocadas pelas bactérias intestinais (*Escherichia coli*), (*Salmonella typhi*) e a (*Salmonella enteritidis*), por protozoários (*Entamoeba histolytica*), (*Entamoeba coli*) e a (*Giardia lamblia*) e também por vermes (ROCHA, 1980).

As várias espécies de baratas se deslocam por terra e ar, podendo contaminar alimentos, sendo consideradas vetores diretos de diversas bactérias intestinais e vírus da poliomielite, além de indiretamente serem vetores da cólera, tifo, amebíase e giardíase (ROCHA, 1980).

A área do lixão não tem nenhum tipo de controle, ficando aberto para descargas desconhecidas e também para acesso da população carente. Há registro da presença de pessoas e animais domésticos, que invadem a área do lixão, em busca de alimentos e outros produtos, sem a autorização ou controle da Prefeitura, correndo riscos de contaminação através de agentes químicos e biológicos agressivos.

Conclusão

De acordo com os dados pesquisados, a coleta domiciliar atinge um indicador de 100% em relação ao número de habitantes atendidos pela coleta de resíduos sólidos (lixo), sendo a frequência de coleta diferenciada na zona central com indicador de 100% e na periferia com indicador de 50%.

Quanto aos horários da coleta é adotado o revezamento das equipes no período diurno e noturno, utilizando-se da mesma frota de utilitários, tendo como método de coleta o direto, sendo considerado ideal do ponto de vista sanitário, econômico, de segurança e comodidade e a regularidade da coleta é mantida dentro do planejamento.

O caminhão convencional, utilizado como reserva para a coleta está totalmente fora dos padrões.

Quanto à utilização de mão-de-obra, o ideal é de um operário coletor para cada 1.000 (mil) habitantes atendidos, sendo a distribuição da utilização da mão-de-obra para a coleta é de 24 (vinte e quatro) operários coletores para uma população de 27.933 habitantes, atingindo um índice de 1 (um) operário coletor para cada 1.163 habitantes atendidos.

A população de 27.933 habitantes, residentes no quadro urbano, produz 442.010 kg/mês (março, 2000), tendo uma produção diária de 14.733 kg/dia e uma geração per capita de 0,527 kg/habitante/dia sendo que a média per capita de produção de resíduos sólidos domiciliares urbanos dos municípios brasileiros é de 0,600 kg/habitante/dia, com tendência a crescer nas grandes cidades e nas camadas mais ricas da população.

Para cada tipo de componente encontrado nos resíduos sólidos, é possível a realização de uma disposição voltada para atender aspectos técnicos, sociais e ambientais.

Na área de depósito do lixo, existem dois córregos (Gayano e Pindaúva), os quais recebem diretamente o chorume por escoamento superficial, vindo a poluir a água, bem como estão assoreados pelo lixo que vem sendo carregado por águas pluviais.

A área do lixão não tem nenhum tipo de controle, ficando aberta para descargas desconhecidas e também para acesso da população carente, correndo riscos de contaminação por agentes químicos e biológicos agressivos.

Desta forma, se faz necessário a urgente interdição do lixão por parte da Prefeitura e a aquisição de uma área que venha atender todos os critérios

técnicos de disposição final de resíduos, para evitar as agressões contra o meio ambiente e à saúde humana.

Referências

BARBOZA, T. S.; OLIVEIRA, W. B. **A terra em transformação**. Rio de Janeiro : Qualitymark, 1992. 257p.

BARROS, M. V. F. **Análise ambiental urbana**: estudo aplicado à cidade de Londrina, Pr. São Paulo, 1998, 237 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

BARROS, Raphael T. de V. et al **Saneamento**: manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995, 221p.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília : Senado Federal, 1988. 292p.

BROWN, Lester R. **Qualidade de vida 1991**: salve o planeta. São Paulo : Globo, 1991. 323p.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, Rio de Janeiro. **Agenda 21**. Curitiba: IPARDES, 1997. 260p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e conservação de solos. **Levantamento e conservação de solos do Estado do Paraná**. Londrina : SUDESUL/EMBRAPA/IAPAR, 1984. 791p.

. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná.** Londrina, 1976. 1 mapa : color.; 106x126 cm. Escala 1:600.000.

FRANCES, Hesselbein et al **A comunidade do futuro.** São Paulo : Futura, 1998. 274p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Atlas do Estado do Paraná.** Curitiba : Imprensa Oficial, 1987. 73p.

HAMADA, J. **Remediação de áreas degradadas por resíduos:** sistemas de tratamento de chorume. Universidade de Caxias do Sul, 1991. p 247-259.

IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal:** manual de gerenciamento integrado. São Paulo, 1995. 278 p.

IVAIPORÃ. Prefeitura Municipal. **Plano diretor de desenvolvimento urbano de Ivaiporã.** 1994, 2000. 139p.

JARDIM, A. P. Distribuição espacial da população brasileira e algumas características sócio-econômicas entre 1960 e 1980. **Revista Brasileira de Estatística**, v. 49, n.192, p. 97-154, jul-dez. 1988.

LEITE, L. E. H. B. C. **Manual de limpeza pública.** Rio de Janeiro : Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 1973.

LEGISLAÇÃO do meio ambiente. São Paulo : LTr, 1999. 496p.

LINTON, R. **O homem, uma introdução à antropologia.** 10.ed. São Paulo: M. Fontes, 1976. 496p.

LOMBARDO, M. A. Vegetação e clima. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, Curitiba, 1990. **Anais...** Curitiba, 1990. p 1-13.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2.ed. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná, 1981. 442p.

OLIVEIRA, S. A poluição do ar e as alterações climáticas na cidade de São Paulo. **Polis**, n. 3. p. 37-44. 1991.

ROCHA, A. A. **Aspectos epidemiológicos e poluidores, vetores, sumeiros, percolados**. São Paulo : CETESB, 1980.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo : Hucitec, 1993. 203p.

SILVA, G. E. N. **Direito ambiental internacional**. Rio de Janeiro: Thex, 1995. 249p.

SILVA, P. L. et al. **Dicionário brasileiro de ciências naturais**. Rio de Janeiro : Thex, 1999. 247p.

SEABRA., O. C. L. A problemática ambiental e o processo de urbanização no Brasil. **Polis**, n. 3, p. 15-21. 1991. Rio de Janeiro : Campus, 1992. 278p.

WEINER, J. Os próximos cem anos. **Rio de Janeiro: Campus, 1992. 278p.**

VON ZUBEN, F. **Meio ambiente, cidadania e educação**. São Paulo : Tetra Pak, 1998. 101p.

Agradecimentos

UFSC - Universidade Federal

de Santa Catarina - Florianópolis SC.

Univale - União das Escolas Superiores do Vale do Ivaí - Ivaiporã PR

UNIPAR - Universidade

Paranaense - Umuarama PR

Prefeitura Municipal de Ivaiporã - PR

Autor

Jayme Ayres da Silva,

biólogo, especialista em Ecologia;

em Meio Ambiente; em Metodologia Científica e em Ensino de Ciências Biológicas, mestre em engenharia de produção e gestão ambiental, professor na União das Escolas Superiores do Vale do Ivaí - Ivaiporã-PR, técnico do Instituto Ambiental do Paraná.

PROGRAMA DE SANEAMENTO INTEGRADO - PROSANEAR SÃO DOMINGOS E ADJACÊNCIAS INTEGRAÇÃO SOCIAL: AÇÕES EDUCATIVAS E MOBILIZADORAS

Marisa de Lourdes Cassola Theobald

Claudete G. Santos Apfelgun

Rute Picussa

Carmen Regina Brito Muller

Resumo

Este trabalho é a coletânea do resultado da implantação do Programa de Saneamento Integrado - Prosanear São Domingos e Adjacências, pela Sanepar no Bairro Cajuru em Curitiba no período de 1998-2000, beneficiando 4.600 famílias, com a execução de 50.150m de rede coletora de esgoto, 2.514m de rede de água e 140 módulos sanitários.

Prosanear é uma modalidade de financiamento gerenciado pela Caixa Econômica Federal, que tem por finalidade o estabelecimento, de forma integrada, de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, coleta e destinação do lixo urbano, com ações de caráter social, exclusivamente em áreas de concentração de população de baixa renda.

A Sanepar buscou com este empreendimento aliar, além da implantação do sistema de esgotamento sanitário na região, o desenvolvimento comunitário, pela promoção do estímulo à participação dos beneficiários ao Programa, educação sanitária e ambiental e exercício de cidadania.

Ações mobilizadoras e educacionais foram desenvolvidas por uma equipe social interdisciplinar que permaneceu instalada na localidade durante todo o Programa, visando garantir uma melhor interação com a comunidade.

O Prosanear foi coordenado pelo Grupo Específico de Empreendimentos Não-Convencionais (Genco) e executado pela Unidade de Serviço e Operação de Esgoto de Curitiba e RM (Usoe-CT) e Unidade de Serviço de Produção e Obras Sudeste (Uspo-SD) e contou com o apoio do Grupo Específico da Caixa Econômica Federal (Gecef) e a Unidade de Receita Curitiba (URCT).

Os resultados deste trabalho puderam ser mensurados por meio de aplicação de avaliações feitas com os moradores e junto às parcerias internas e externas,

levando-se em consideração as transformações ambiental e social ocorridas e a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

O conjunto destes fatores permitiu a conquista do Prêmio Dignidade Solidária 2001, na modalidade Meio Ambiente, na categoria Empresa Socialmente Responsável, realizado pelo Centro Paranaense da Cidadania.

Outra evidência da repercussão do trabalho foi o fato de o relatório final do Prosanear sob título Integração Social: Ações Educativas e Mobilizadoras, emitido em 2000, ter subsidiado a elaboração da monografia Saneamento Ambiental e Promoção de Saúde em Contexto Periurbano: Caracterização e Análise Geográfica do Bairro Cajuru Vila São Domingos em Curitiba - PR - Abordagem Introdutória, de autoria de Lilian Pérsia de Oliveira Tavares, aluna do curso de especialização em Análise Ambiental da Universidade Federal do Paraná (UFPR), cuja apresentação à banca ocorreu em 11 de maio de 2001.

Palavras-chave: intervenção social, mobilização social, educação ambiental, transformação sócio-ambiental

Abstract

This report contains data resulting from the implantation of the São Domingos and Adjacent Areas Integrated Sanitation Program – PROSANEAR, by Sanepar in the Cajuru neighborhood in Curitiba in the 1998-2000 period, benefiting 4,600 families, with 50,150 meters of sewage collection network, 2,514 meters of drinking water network and 140 sanitation modules.

Prosanear is a funding mode managed by the Caixa Econômica Federal that aims, in an integrated manner, at establishing water supply services, sewage collection, urban drainage, collection and disposal of urban garbage, with actions of a social character, exclusively in low-income population areas.

Sanepar has attempted with this effort, in addition to implementing a system of sewage collection in the region, to foster community development by involving those benefited by the program in sanitary and environmental education, community development and the exercise of citizenship.

Mobilizing and educational actions were developed by an interdisciplinary social team that settled in the area during the entire Program, in order to guarantee better interaction with the community.

Prosanear was coordinated by the "Grupo Específico de Empreendimentos Não Convencionais" (Genco) or Specific Group for Non-Conventional Efforts and carried out by the Sewage Operation and Service Unit of Curitiba and Metropolitan Region (Usoe-CT) and the Southeast Production and Construction Projects Services Unit (Uspo – SD) with the support of the Specific Group of the Caixa Econômica Federal (Gecef) and the IRS Unit for Curitiba – URCT.

The results of this project were measured through evaluations involving the residents as well as internal and external partnerships, taking into account the environmental and social changes that have occurred, as well as the improved quality of life of the population.

For all those efforts, the Program was awarded the 2001 Solidarity Dignity Prize, in the Environment (the Company Most Concerned with Social Issues) category, given by Centro Paranaense de Cidadania (the Citizenship Center of Paraná).

One more evidence of the study's repercussion was that Prosanear's final report, "Social Integration: Educational and Mobilizing Actions, issued in 2000 was the basis for the monograph "Environmental Sanitation and Health Promotion in a Periurban Context: Characterization and Geographical Analysis of the Cajuru District, Vila São Domingos, Curitiba, PR – Initial Approach" by Lilian Pérsia de Oliveira Tavares, a student of the specialization course on Analysis of the Environment, at the Federal University of Paraná (UFPR), presented to the board on May 11, 2001.

Key words: social action, social mobilization, education on the environment, socio-environmental change

Histórico

O projeto teve origem na comunidade de São Domingos por iniciativa de estudantes alemães que vieram a Curitiba por meio de intercâmbio da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da Associação Internacional de Estudantes em Ciências Econômicas e Comerciais (Aisec-Curitiba) para realizar trabalho de cunho social.

O grupo estabeleceu junto com a comunidade algumas metas de trabalho com base em diagnóstico por eles realizado. O resultado deste diagnóstico demonstrou que a maior preocupação da comunidade era o esgoto a céu aberto e as inundações constantes. A partir disto, o grupo elaborou um anteprojeto de rede de esgotos, apenas para a comunidade de São Domingos, no total de 500 famílias assistidas. Previa-se que a rede seria assentada em regime de mutirão.

A maior dificuldade consistia em obter os materiais para iniciar a obra. A comunidade entrou em contato com a Sanepar para obter os recursos necessários.

A Sanepar optou por estender o projeto por toda a região porque estava, na época, construindo a Estação de Tratamento de Esgoto Atuba-Sul, a maior estação do Paraná e cujos emissores coletores margeariam os bairros da região. Com as obras já em andamento, o custo para atender aquela população seriam menores do que se fosse executado um projeto para atendimento exclusivo.

Para viabilizar a execução das ligações domiciliares e a expansão da rede coletora, a Sanepar buscou recursos junto à Caixa Econômica Federal (CEF). De acordo com as características do local (região com infra-estrutura precária, com famílias de baixa renda), os recursos da linha de crédito Prosanear mostraram-se mais adequados, pois destinam-se a este perfil de moradores.

Para liberar os recursos, a CEF exigiu a apresentação de dois projetos. Um de engenharia que contemplasse o uso de alternativas mais econômicas. O segundo deveria prever a participação comunitária e educação sanitária e ambiental.

Por não possuir experiência nesta área, a Sanepar contratou consultoria externa, por meio de uma socióloga e de um arquiteto. Ambos já haviam desenvolvido projetos semelhantes em Mato Grosso e Rio de Janeiro. A execução dos projetos ficou sob responsabilidade da equipe técnica da Sanepar.

Após aprovação dos projetos na CEF, a Sanepar formou equipe para operacionalizar o Prosanear.

Área de atuação

A área de abrangência está situada na Região Leste de Curitiba, no Bairro Cajuru, tendo como limites: ao norte o Autódromo Internacional de Curitiba, ao sul a BR 277, a leste o Rio Atuba e a oeste a Linha Férrea.

No diagnóstico preliminar identificou-se que essas comunidades apresentavam situações de carência e insalubridade quanto às condições de moradia e, principalmente, de saneamento, tendo em vista ser áreas de invasões (em processo de regularização pela Prefeitura Municipal) lindeiras ao Rio Atuba e sujeitas a constantes alagamentos.

A região apresentava um quadro de insalubridade acentuado que se agravava durante os períodos de chuvas, quando as valas de drenagem, cheias de esgoto e lixo, transbordavam para os quintais, invadindo as moradias.

Tais características atenderam aos requisitos exigidos pelo Prosanear.

Inicialmente o sistema de saneamento, operado pela Sanepar na região, compunha-se exclusivamente do fornecimento parcial de água tratada. Quanto ao esgotamento sanitário em quase toda região, inexistia qualquer sistema de coleta e destino adequado dos dejetos.

Decorrente da pouca permeabilidade do solo da região, os sistemas individuais de tratamento (fossa séptica) não eram eficazes. Assim a disposição dos esgotos sanitários era feita nos canais e valetas de drenagem existentes, que desaguavam no Rio Atuba.

Importância do Programa para a Sanepar

É de fundamental importância haver, nos programas de implantação de sistema de esgotamento sanitário, a participação dos beneficiários em todas as etapas do empreendimento de forma a garantir, além da qualidade de vida da população, a preservação do meio ambiente, a adesão ao serviço, e a sua sustentabilidade por meio do pagamento de tarifas e do uso adequado dos benefícios implantados.

O projeto social



Reunião Comunitária

Visando comprometer e consolidar o sistema de esgotamento sanitário foi desenvolvido o Projeto de Participação Comunitária e Educação Sanitária e Ambiental, que compreendeu 4 etapas distintas:

- a. Preparação da equipe para atuação na área;
- b. Mobilização comunitária para adesão ao Prosanear

- c. Processo de educação sanitária e ambiental permanente; e
- d) Consolidação das ações, sistematização e avaliação final.

O desenvolvimento do trabalho sócio-educativo foi norteado, seguindo três linhas de atuação:

Estímulo à Participação Comunitária

As ações desenvolvidas foram embasadas em uma metodologia dialética, buscando a efetiva participação e organização dos grupos envolvidos, promovendo a consciência dos direitos e responsabilidades de cada morador frente aos problemas sociais.

Educação Sanitária

e Ambiental

Além de repassar informações, esclarecer e orientar, buscou-se estimular a "ação-reflexão-ação" em conjunto com a comunidade, de modo a contribuir para sua organização, entendimento e transformação da realidade que cercava a comunidade. Para a equipe o grande mote era "educar é criar valores, desenvolver a capacidade crítica, a iniciativa e o senso de responsabilidade."

Desenvolvimento Comunitário

e Exercício da Cidadania

Incentivo à participação da própria comunidade de forma efetiva, por meio da integração social na busca de soluções para seus problemas cotidianos e voltadas para a realidade de seu ambiente.

O trabalho traduziu-se num exercício de cidadania, onde as pessoas tornaram-se gestores de seus próprios destinos e atores de uma nova etapa de suas histórias. "O valor da cidadania está no seu povo e a cidadania é o sentido moral que vincula o indivíduo aos interesses e às responsabilidades de um grupo social, de uma nação ou da própria humanidade." (Toro)

Metodologia

1.º Momento: Aproximação

Ao iniciar-se o trabalho sócio-educativo na área de abrangência do Prosanear, procedeu-se primeiramente ao reconhecimento e percepção da área e estabeleceram-se contatos com lideranças locais.

Neste momento realizava-se a etapa inicial de aproximação e caracterização da área a ser trabalhada.

Após a identificação dos líderes comunitários e dos grupos sociais, que atuariam como agentes facilitadores do processo, foram realizadas reuniões com essas lideranças, com o objetivo de apresentar o Programa e também sensibilizar e estimular a participação comunitária.

Foram estabelecidos contatos com os presidentes das associações de moradores, agentes comunitários, representantes de ruas, professores, diretores de escolas e líderes religiosos. Em algumas regiões foi preciso a companhia de um líder comunitário para facilitar o vínculo com determinadas comunidades.

Análise

A implantação da rede de esgoto foi recebida pelos líderes locais como uma oportunidade de desenvolvimento da região. Houve boa receptividade ao programa. Tanto que muitos deles se colocaram à disposição para auxiliar no reconhecimento e mapeamento das ruas.

Desde o início do programa uma das características que chamava a atenção da equipe social era a realidade contrastante, representada por algumas moradias dentro dos padrões urbanos, a grande maioria de população carente e sem infra-estrutura adequada, e algumas em condição de pobreza absoluta.

Foi encontrado um ambiente físico bastante insalubre, tendo sido verificadas doenças relacionadas à falta de saneamento básico, considerável ausência de hábitos de higiene, mau cheiro, enchentes, vandalismo, tráfico de drogas etc.



Abordagem Domiciliar

2.º Momento:

Caracterização da Área

Aplicação do Diagnóstico. A caracterização da área deu-se com a aplicação de um formulário em cada domicílio. Pretendia-se estabelecer o Diagnóstico Sócio-Econômico-Sanitário e Adesão.

As residências foram visitadas de forma individualizada (abordagem domiciliar). Na abordagem era feita, inicialmente, a identificação do agente social, seguida da apresentação do Prosanear, esclarecimentos de questões relativas à implantação da rede coletora de esgoto, a aplicação do diagnóstico e adesão do morador ao Programa. O objetivo do diagnóstico foi coletar informações relevantes das famílias, que posteriormente seriam utilizadas para embasar as atividades sócio-educativas, econômicas e técnicas considerando, assim, a efetiva prática social sob uma ótica dialética.

Análise

Os resultados permitiram o conhecimento da realidade das famílias, por meio de dados fundamentais para o desenvolvimento do Programa.

Durante as abordagens domiciliares verificou-se a falta de infra-estrutura local como a necessidade de extensão de rede de água, tendo em vista que em ruas inteiras existiam ligações clandestinas, os "rabichos". Foi detectada a precariedade também de outros serviços públicos como o fornecimento de energia elétrica, acondicionamento e coleta de lixo, arruamentos precários, falta de banheiros, esgoto a céu aberto, mau cheiro, proliferação de ratos e insetos transmissores de doenças. Os moradores consideravam muito grave a falta de

policiamento, pois a violência advinda do tráfico de drogas aumentava assustadoramente.

De um modo geral a comunidade foi bastante receptiva ao Programa durante as visitas domiciliares. Referiam-se ao trabalho social do Prosanear com entusiasmo, por acreditarem na possibilidade real de melhorias significativas da qualidade de vida dos moradores.

3.º Momento: Definição

do Processo Produtivo

Foi estabelecida a estratégia de reuniões comunitárias, afim de reforçar a importância da leitura crítica da realidade, na qual, a Equipe Prosanear e a comunidade encontravam-se inseridas. Destacou-se, ainda uma atuação voltada para a educação popular, oferecendo à comunidade espaço para a discussão e ações relativas ao saneamento básico, saúde e meio ambiente. Foram trabalhadas com ênfase as informações sobre a implantação da rede coletora de esgoto, tendo como tema Integração Social, Ações Educativas e Mobilização, com os seguintes direcionamentos:

- a) Histórico do Prosanear;
- b) Objetivos do Prosanear;
- c) Quadro de degradação local;
- d) Transformação ambiental;
- e) Comprometimento e participação da comunidade;
- f) Água;
- g) Esgoto;
- h) Rede coletora de esgoto;
- i) Lixo (orgânico, tóxico e reciclável);
- j) Tabela de parcelas/ valores da ligação e taxa de esgoto.



Grupo de teatro

Análise

Atingiu-se nas reuniões uma média de participação de 50% dos moradores convidados, os 50% restantes eram orientados em casa, sempre no dia seguinte às reuniões e, no caso dos imóveis fechados, aos sábados. Realizou-se ação conscientizadora dos moradores, em torno da importância do saneamento básico na região, sendo possível constatar a receptividade positiva dos mesmos, por meio da concordância ao Programa. Assegurou-se a compreensão aos presentes interessados, adultos e crianças, com a utilização de uma linguagem simples e adequada, abordando informações sobre água, esgoto e lixo. Havia nestas reuniões uma riquíssima troca de experiências Prosanear/comunidade. Orientou-se, de forma clara, a correta interligação dos imóveis à rede coletora de esgoto, evitando com isso, futuros problemas gerados pelo mau uso da mesma.

Questões sobre o uso moderado da água foram amplamente discutidas, por ser este fator a base para tarifação do esgoto. Fez-se necessária ação educadora sobre como economizar água, encaminhamento à tarifa social e de intermediações para regularização do consumo.

4.º Momento: Contextualização

Por meio da educação popular, buscou-se formas de transformar a realidade local insalubre, fazendo com que as pessoas percebessem a importância de participar do Programa, considerando o potencial de ajuda de cada um. A Equipe Prosanear trabalhou em conformidade com o processo de educação sanitária e ambiental, utilizando-se de reuniões, eventos educativos, seminários, palestras, teatros, oficina de maquetes, encontros escolares, visitas domiciliares, plantões, feiras e treinamentos profissionais, como curso de encanador.

Para tanto, fez-se necessária a internalização dos conceitos ambientais e a aplicação destes às questões sociais, o que propiciou uma melhor compreensão das relações entre saneamento básico, saúde, meio ambiente e qualidade de vida dos moradores que foram atendidos pelo Programa.

Buscou-se levantar todas as considerações norteadoras pelo tema meio ambiente, dentro de uma perspectiva social, demonstrando a relação entre as questões sociais e ambientais, uma vez que estas englobam diversos problemas identificados no dia-a-dia dos moradores, advindos principalmente da falta de infra-estrutura básica.

Buscou-se também desenvolver multiplicadores, para envolver os moradores em ações de caráter contínuo e permanente iniciadas pelo Programa, fazendo com que eles fomentassem o interesse pelo bem-estar de sua comunidade.

Por meio de seminários capacitou-se os educadores da região para tornarem-se multiplicadores das ações de educação ambiental, saúde e saneamento junto aos alunos das escolas locais.

5.º Momento: Implantação

do Processo Produtivo

A implantação do ProSanear ocorreu como ação educativa e mobilizadora, que propiciou, além da implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário, o desenvolvimento comunitário proporcionando efetivas condições para a melhoria da qualidade de vida das populações envolvidas. Para tanto fez-se necessário adotar uma metodologia que levasse a comunidade a despertar sobre a importância da participação, da organização da comunitária, da adesão ao sistema, da correta utilização do benefício, e também, promovendo a consciência das atribuições e responsabilidades entre o sujeito e o processo. A participação comunitária e a educação sanitária e ambiental são processos estratégicos para a implantação de programas de saneamento básico, pois o efetivo êxito de tais programas, vincula-se às alterações concretas de hábitos e valores da população usuária destes serviços.

Nesta etapa foram implantados 50.150,18 metros de rede coletora de esgoto e 2.544 metros de rede de água, foram executadas 3.318 ligações prediais de esgoto e 255 ligações prediais de água. Foram construídos 140 módulos sanitários e realizadas atividades sócio-educativas.



Palestras nas escolas

Desenvolvimento de técnicas participativas adequadas à prática comunitária

Durante todo o processo de implantação do Programa foram desenvolvidas técnicas participativas aplicadas junto à comunidade. Este trabalho tinha por finalidade facilitar a compreensão das pessoas em relação ao Programa e seus objetivos.

Metodologias

- Observar a comunidade para identificar os fatores que contribuíam para a degradação ambiental, tais como hábitos, atividades, tradições, nível de escolaridade e outros;

Realizar pesquisas de opinião para verificar a necessidade do material a ser confeccionado e avaliar após aplicações. O material impresso distribuído à comunidade foi produzido pela Unidade de Comunicação Social da Sanepar.



Teatro de fantoches

Recursos didáticos utilizados

Comunicados, cartilhas, informativos, álbum seriado, vídeos, folhetos, textos, planilhas, peças teatrais, maquetes, cartazes, faixas, transparências, paródias, painéis fotográficos.

Eventos Educativos

Foram realizados oito eventos educativos, envolvendo 5.483 pessoas da região, entre crianças e adultos, em comemoração ao Dia da Saúde, Saneamento e Meio Ambiente, Dia do Rio (dois eventos), Dia Mundial do Meio Ambiente, Dia Mundial da Água, Comunidade em Ação: Do Sonho à Conquista e I Encontro Escolar. Os eventos ocorreram sempre em parceria com as Unidades de Saúde locais, escolas, Fundação de Ação Social (FAS), Projeto Piá, Igrejas e outras instituições.

Buscou-se a integração, mobilização e sensibilização da comunidade para que, por meio de uma proposta educativa e de orientação, houvesse o despertar da atenção dos participantes em relação aos temas saneamento básico: água, esgoto e lixo, saúde e preservação do meio ambiente.

A experimentação fez com que os moradores, principalmente as crianças, se reconhecessem como agentes transformadores e propagadores de preservação ambiental, visando a melhoria da qualidade de vida no bairro e como um todo.

Destaca-se de uma maneira especial o envolvimento das crianças que sempre participaram dos eventos, por convite ou por iniciativa própria.

Seminários educativos - Educar para Transformar

O objetivo dos seminários educativos foi buscar multiplicar as propostas ambientais do Prosanear, considerando-se a melhoria da qualidade de vida e as preocupações em torno do meio ambiente, as quais entendem-se ser da sociedade como um todo.

Ressalta-se a importância do trabalho, pois é necessário criar processos educativos em relação aos hábitos e valores da comunidade, visando reverter as situações de degradação ambiental, bem como trazer propostas de melhoria da qualidade de vida para os moradores.

As palestras sobre educação ambiental nas escolas tinham por objetivo desencadear um processo que, a médio e a longo prazos, resultasse em uma nova consciência ecológica individual e coletiva que promovesse o uso racional, e a preservação dos recursos hídricos e sanitários, que a curto prazo possibilitasse a implantação do processo de saneamento na comunidade, diminuindo assim o grau de poluição dos recursos hídricos verificados na região. As palestras foram feitas para 2.577 alunos de 1.^a a 8.^a séries do Ensino Fundamental e de 5.^a a 8.^a séries do Supletivo, com pessoas da faixa etária de 14 a 70 anos. to na comunidade, diminuindo assim o grau de poluição dos recursos hídricos verificados na região. As palestras foram feitas para 2.577 alunos de 1.^a a 8.^a séries do Ensino Fundamental e de 5.^a a 8.^a séries do Supletivo, com pessoas da faixa etária de 14 a 70 anos.



Atividades com as crianças

Os trabalhos foram desenvolvidos por meio de recursos lúdicos (palestras, vídeos, slides e teatros) com o intuito de despertar os alunos e professores para a reflexão sobre a necessidade de reequilibrar o ecossistema, incentivando-os a desenvolverem, enquanto cidadãos conscientes, um relacionamento harmonioso de troca com o meio.

Importa-se portanto, destacar algumas valiosas considerações feitas no decorrer dos seminários, de fundamental importância para o embasamento da prática social e de educação ambiental, as quais sejam:

- As questões ambientais e de saúde não se referem apenas às noções básicas de higiene, como: lavar as mãos, tomar banho, escovar os dentes, etc, e sim ao entendimento dos reais fatores que adoecem uma comunidade, pela falta de saneamento básico: rede de esgoto, água tratada e lixo coletado.
- Saúde é o bem-estar geral da população. Bem-estar é ter saúde. Doença, entretanto é um quadro específico de sintomas. O meio prolifera e facilita o surgimento de doenças. O ambiente favorável à morbidade com a presença de água contaminada, lixo e restos de comida e falta de rede coletora de esgoto, atrai os transmissores de graves doenças, como: tifo, cólera, leptospirose, peste bubônica, micoses, diarreias, etc.
- Alimentação adequada, boas condições de trabalho e de vida provocam as mudanças ambientais e, conseqüentemente a diminuição das doenças e dos males físicos. O que efetivamente irá melhorar as condições de saúde das pessoas é o entendimento da necessidade de transformação ambiental e não somente aumentando a oferta de médicos e de medicamentos à população.

Um dos conceitos utilizados pelo Programa foi o de que educação sem reflexão não é possível. Educar não significa adestrar, e sim levar as pessoas à conscientização. A escola é uma das instâncias responsáveis pelas mudanças ambientais. A educação ambiental deve ser vista de forma integral, sem fragmentação.

Educação ambiental leva à ação transformadora e não possui caráter apenas informativo. Se não servir para a melhoria de vida, não é educação ambiental e sim, informação. Também foi necessário desenvolver habilidades em administrar conflitos, para permitir a ação diferenciada, transformadora e mobilizadora.

Geração de renda

Curso de Habilitação Profissional Comunitário

O curso visou possibilitar aos moradores da área de abrangência do Prosanear, condições de geração e complementação de renda.

Sendo a população alvo composta por pessoas de nível sócio-econômico baixo e desempregados, para alcançar o objetivo do Programa no processo social de organização e promoção com a comunidade, firmou-se parceria com a Fundação de Ação Social (FAS) Unidade do Cajuru, a qual fez os encaminhamentos de pessoas interessadas em participar do curso de encanador, isentando-as da taxa de inscrição.

Os cursos foram uma oportunidade de minimizar os problemas de falta de qualificação profissional, verificada na região. Esta iniciativa procurou aliar a capacitação profissional à necessidade da correta interligação das residências (ramal interno) à rede coletora de esgoto.

Os cursos formaram 42 alunos, em três turmas. Os pré-requisitos ao curso foram conclusão da 1.^a série do Ensino Fundamental e idade mínima de 16 anos.



Reunião de Geração de Renda

Feiras comunitárias

Foram promovidas três feiras comunitárias: Feira de Natal, Feira de Páscoa e Feira do Dia Mundial do Meio Ambiente. As atividades objetivaram a organização das pessoas em torno da proposta de feiras comunitárias, visando a geração de renda para suas famílias. Outro objetivo foi despertar as potencialidades a serem aproveitadas em nível econômico.

As feiras foram promovidas como um espaço aberto a todo morador, com interesse em divulgar o seu trabalho, comercializar o seu produto e interagir com a sua comunidade. Foi a oportunidade para a troca de experiências culturais e aproximação das entidades presentes na região.

Mutirão para Extensão da Rede de Água

O principal problema detectado pela equipe na área do Prosanear, foi a falta de rede de água em 18 ruas da região, o que vinha causando enorme transtorno aos moradores que, muitas vezes, se viam obrigados a fazer ligações clandestinas de água, resultando em prejuízos para a Sanepar.

A alternativa mais viável, devido à situação econômica das famílias, foi a proposta do sistema mutirão. A Sanepar forneceu os tubos e os moradores

abriram as valas para a implantação das redes de água, ficando isentos do custo da extensão de rede.

Os mutirões foram realizados em 18 frentes, tendo sido realizados 61 deslocamentos de cavaletes e 194 novas ligações a um custo reduzido de implantação por cavalete. Foram implantados 2.544 metros de rede de água que atenderam 255 famílias.

No decorrer dos mutirões houve o acompanhamento de um fiscal de obras da Sanepar, fornecendo as orientações e o suporte necessário aos moradores que estavam trabalhando nas aberturas de valas.

Para a realização desta etapa foram feitas 12 reuniões, envolvendo 239 moradores e uma reunião geral contando apenas com os representantes das ruas, reunindo nesta, 40 moradores.

Os assuntos debatidos nas reuniões giraram em torno da discussão dos critérios para o funcionamento dos mutirões, ressaltando dentre outros principalmente orientações técnicas, determinação de datas dos mutirões, escolha dos representantes dos trechos, valores diferenciados das ligações de água, idade mínima e máxima para a participação e outros.



Mutirões para implantação da rede de água

Módulos sanitários

A partir do levantamento feito pela aplicação dos diagnósticos sócio-econômico, a cada família da área de abrangência do Prosanear, constatou-se haver em torno de 140 residências que não possuíam banheiros, utilizando-se apenas de privadas.

Como o Programa buscava a implantação da rede de esgoto na região, proporcionando aos moradores o benefício da disposição adequada de águas servidas e a descontaminação do solo, foi necessário prover a construção de módulos sanitários nos domicílios sem instalações sanitárias apropriadas.

Cada unidade constituiu-se de estrutura em placas pré-moldadas de concreto armado, contendo os seguintes dispositivos: vaso sanitário; caixa de descarga; pia; instalação para chuveiro; tanque externo. O período de implantação dos módulos sanitários foi de junho a agosto de 2000.

A Equipe Prosanear realizou trabalho de abordagem às famílias que receberam a benfeitoria, buscando junto as mesmas autorizações por escrito para a construção dos módulos sanitários em suas propriedades, sem ônus para o usuário, tendo em vista a implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário nesta região, como medida sanitária de ordem pública.

6.º Momento: Operacionalização dos Sistemas e Consolidação da Prática Social

Liberação da Rede Coletora de Esgoto

Neste período de liberação das interligações das residências à rede coletora de esgoto, já disponibilizada ao morador, contou-se com o trabalho da Equipe do Setor de Comercialização - URCT da Sanepar, a qual integrou-se à Equipe Prosanear, para efetuar as comercializações dos valores das ligações.

A partir do encaminhamento dos formulários de Adesão Formal, preenchidos e assinados pelos moradores, ao setor competente, procedeu-se então à entrada em campo do Programa de Despoluição Ambiental (PDA), ficando este responsável pelas vistorias aos imóveis, para verificação da correta interligação na rede coletora de esgoto.

A Equipe Prosanear fez solicitações ao PDA em relação à quantidade de situações regulares e irregulares encontradas junto aos imóveis, para servir como parâmetro de análise da consolidação da prática social.

Liberação dos módulos sanitários

A entrega oficial dos módulos sanitários às famílias, ocorreu por meio de reuniões comunitárias. Este procedimento garantiu a participação de pelo menos um representante por família, permitindo a eles o acesso a importantes informações sanitárias, como: saúde, higiene, saneamento, economia de água e outros temas indispensáveis ao correto uso das instalações.

7.º Momento: Avaliação

O processo final de avaliação permitiu a revisão do trabalho sócio-educativo, permeando todos os momentos teórico-práticos propostos e desenvolvidos pelo Programa.

Avaliação dos Moradores

Foram aplicadas 460 avaliações aos moradores, distribuídas de forma aleatória, considerando 10% (dez por cento) de amostragem em cada sub-bacia, organizadas conforme os seguintes itens: escolaridade, renda familiar, sexo, idade, endereço.

Buscou-se, também, avaliar o entendimento do morador em relação ao Prosanear, voltado a qualidade das reuniões comunitárias, sobre as orientações recebidas pelas famílias, o melhoramento das ruas, diminuição do mau cheiro, coleta do lixo, redução da presença de ratos e insetos e das doenças de veiculação hídrica, o grau de satisfação do usuário em relação à implantação da rede de esgoto e sugestões a respeito do que ele e sua comunidade poderiam continuar fazendo para continuar o processo de melhorias da região.

Transformação ambiental

Com o Programa de Saneamento Integrado todos saíram ganhando:

- A Sanepar, porque prestou serviços de saneamento básico com qualidade, cumprindo o seu papel social,
- A comunidade, porque participou do trabalho, resgatando a dignidade humana por meio do reconhecimento social e tendo seus endereços domiciliares identificados perante a sociedade.

Convênio de Cooperação

Obras da Prefeitura Municipal de Curitiba na região:

- drenagem;
- alargamento de canais e do Rio Atuba;
- pavimentação,
- regularização dos terrenos,
- ensaibramento de ruas;
- aplicação de antipó;
- asfalto;
- outras de infra-estrutura.

Transformação social

Impactos Sociais

do Empreendimento

A participação comunitária e a educação sanitária e ambiental foram processos estratégicos para a implantação de um programa de saneamento básico, uma vez que o efetivo êxito vinculou-se às alterações concretas de hábitos e valores da população usuária destes serviços.

Como resultados imediatos, e seus efeitos multiplicadores, na implantação do esgotamento sanitário de São Domingos, conseguiu-se:

- reduzir as doenças de veiculação hídrica em função do destino adequado do esgoto e do lixo; os casos de leptospirose caíram 80% segundo a unidade de saúde Solitude/Cajuru.
- elevar o nível de conscientização dos moradores sobre sua realidade e responsabilidades em relação à saúde e ao meio ambiente;

- organizar e desenvolver a comunidade;
- ampliar a consciência crítica dos moradores, objetivando a perenização dos investimentos;
- estimular o exercício da cidadania pela participação em todas as ações ambientais;
- criar mecanismos e instrumentos de defesa e preservação do entorno ambiental em que vivem;
- alterar atitudes e comportamentos em relação aos hábitos de higiene;
- fortalecer as associações pela efetiva participação no empreendimento;
- gerar renda pela criação de empregos na obra e no credenciamento de encanadores para execução dos ramais internos;
- descontaminar aproximadamente 50 km de terrenos pela eliminação dos focos de doenças provenientes de fossas e sumidouros;
- internalizar alunos e professores sobre conteúdos de educação ambiental como continuidade do processo de transformação sócio-ambiental;
- despoujar valetas, riachos e o Rio Atuba;

- aumentar em 20% a valorização dos imóveis de acordo com a Unidade de Serviços Jurídicos (Usju) da Sanepar, estimulando melhorias;

- resgatar a dignidade humana pelo reconhecimento social;

- possibilitar a intervenção da Prefeitura Municipal de Curitiba com implantação de novos benefícios, tais como: antipó, linhas de ônibus, coleta regular de lixo, abertura de canais, instalação de equipamentos comunitários, etc.

Melhoria da qualidade de vida

Após a implantação e funcionamento da rede coletora, o esgoto coletado passou a ser tratado na ETE Atuba Sul. Além da despoluição ambiental, os moradores perceberam melhoria na sua qualidade de vida.

Comentários de moradores

em relação ao Programa

Quanto à implantação

da Rede Coletora de Esgoto

"A obra de esgoto foi excelente para nós, foi uma maravilha. Acabou com ratos, baratas e mau cheiro. Quando ficava 3 a 4 semanas sem chover o mau cheiro era insuportável."

(Luiz - Jd. Acrópole)

"Mesmo sem ter sido liberado o uso da rede, quero antecipar a minha comercialização, porque recebi um benefício muito importante. Agora o meu esgoto vai receber tratamento."

(Edson - Autódromo)

"Depois que liguei meu esgoto na rede da Sanepar, o mau cheiro do banheiro acabou, e agora economizo em desinfetante."

(Maria Aparecida - Solitude)

"Fiquei feliz porque percebi que as mudanças estão acontecendo no bairro."

(Daniel - Jd. Acrópole)

"Não ocorrem mais enchentes no bairro. Eu sei quem está fazendo esse trabalho e não são os políticos."

(Leonice - São Domingos)

"É bom a turma do Prosanear participar de tudo com a gente. Dá um incentivo para continuar lutando para melhorar o nosso bairro."

(Erondina - São João Del Rey)

Quanto ao Parque Linear Atuba

"Esse parque está sendo bom. Antes a gente ficava em casa assistindo televisão, hoje a galera vem aqui para o campinho e se reúne para jogar uma pelada."

(Gilson - Trindade)

"Para nós foi muito importante. Antes o pessoal ficava em casa ou no bar. Agora tem esse campinho, que é um lazer para nós. Antes nesse local só tinha lixo, agora temos até uma churrasqueira para reunir os amigos e fazer um churrasco. Esse negócio que foi feito aqui, foi muito bem feito."

(Israel - Trindade)

Quanto à extensão

da rede de água

"Agora a conta d'água vem na minha casa. Quando deixavam lá na rua e era extraviada, precisava ir na Rua do Rosário, agora não. É preciso agora batalhar pela luz na rua!"

(Ademilton - Trindade)

Conclusão

O trabalho não pára por aqui. Após a conclusão do Prosanear, na Região de São Domingos e Adjacências, e mesmo durante sua implantação, várias demandas sociais foram surgindo dentro e fora da área de atuação do Programa. Isto demonstra o quanto é possível integrar o trabalho social com o de engenharia.

A ação continuada do Programa dar-se-á mediante a atuação dos multiplicadores na própria comunidade, sendo estes professores, alunos, agentes e líderes comunitários, grupos religiosos, e todos aqueles que assimilaram os conhecimentos disseminados durante todo o processo. E que, de forma simples ou elaborada, irão repassá-los a outros.

Outra forma de continuidade, ocorre quando da possibilidade de visitação e busca de informaçoes e de materiais na Estação de Tratamento de Esgoto Atuba-Sul, local onde permanece uma equipe da Sanepar responsável pelo monitoramento e atendimento aos visitantes.

O Prosanear São Domingos e Adjacências consagrou-se como modelo de saneamento integrado, referencial para outros Programas, outras cidades e países. Pelas suas características e resultados obtidos, o Programa foi escolhido para representar a Sanepar no Fórum Regional da América Latina sobre Desenvolvimento Sustentável, em Curitiba. O Fórum foi um dos eventos preparatórios para a conferência Rio+10 sobre o Meio Ambiente, previsto para setembro de 2002 em Johannesburgo, África do Sul.

Portanto, as solicita oes que já ocorreram e que ocorrerão para demonstra o do trabalho, representam sucessivamente um resgate de toda a a o.

Referências

BARRETO, V. A. Atuação do serviço social no projeto de mobilização para a educação sanitária e ambiental de São Domingos e Adjacências no Bairro Cajuru. Curitiba, 2000. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Serviço Social) – Centro de Ciências Jurídicas e Sociais. Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

CORREIA, A.; Oliveira, C. A.; Santos, G. L. S. A.; et al. **Educação ambiental comunitária**. Curitiba : Sanepar, 1996.

PICUSSA, R. **Configuração do processo de trabalho do serviço social no prosanear**. Curitiba, 2000. 85f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Serviço Social) – Centro de Ciências Jurídicas e Sociais. Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

PROSANEAR, São Domingos e Adjacências. Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário. Curitiba, 1997.

PROSANEAR. **Relatórios sociais mensais** : projeto de participação comunitária e educação sanitária e ambiental. Curitiba, 1998-2000.

SANTOS, G. L. S. A. **Projeto de participação comunitária e educação ambiental**: programa de saneamento cinturão norte - RMC. Curitiba, 1996.

TORO, J. B.; Duarte, N. M.; Werneck. **Mobilização social**: um modo de construir a democracia e a participação. Brasília, 1996.

Agradecimentos

A todos os integrantes da equipe efetivos, terceirizados e estagiários que atuaram com profissionalismo e comprometimento tornando possível a efetivação do Programa. Também a Adauto Correia (Grupo Específico Meio Ambiente), e Vanda Raquel Deckert (assistente social).

Autores

Marisa de Lourdes Cassola Theobald,

contabilista, cursando pós-graduação em Gestão pela Qualidade-PUC

Claudete G. Santos Apfelgun,

professora e assistente social

Rute Picussa,

assistente social

Carmem Regina Brito Muller, assistente social.

AVALIAÇÕES DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO TRATADO COM LODO DE ESGOTO POR DOIS ANOS CONSECUTIVOS

Graziela Moraes de Cesare Barbosa

João Tavares Filho

Ines Cristina de B. Fonseca

Resumo

A importância da utilização do lodo de esgoto como fertilizante agrícola tem levado a vários estudos nesta área. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de dois anos de aplicação de lodo de esgoto, nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho eutroférico. As avaliações foram realizadas na fazenda experimental da Universidade Estadual de Londrina/PR. O experimento foi instalado a campo, com delineamento em blocos ao acaso contendo três repetições com os seguintes tratamentos: sem adubação, somente adubação mineral, adubação orgânica com lodo de esgoto em doses crescentes de 6, 12 e 18 t.ha⁻¹ (aplicados em uma e duas vezes por ano) em base seca e complementação mineral. Os resultados mostraram uma tendência de aumento na agregação do solo e macroporosidade e redução na densidade do solo e microporosidade, porém sem diferenças significativas, nos tratamentos que receberam o lodo de esgoto. A densidade de partículas e a condutividade hidráulica aumentaram nos tratamentos que receberam 36 t.ha⁻¹/ano e 18 t.ha⁻¹/ano de lodo, respectivamente. A resistência do solo à penetração foi menor na superfície do solo (0 - 0,1m) no tratamento que utilizou 12 t.ha⁻¹/ano de lodo de esgoto.

Palavras-chave: biossólidos, matéria orgânica, propriedades físicas

Abstract

The importance of using sewage sludge as an agricultural fertilizer has led to several studies in this area. This project had as objective the evaluation of the

effects of two years of application of sewage sludge on the physical properties of a red eutroferic laterite soil. The evaluations were performed at the experimental farm of the State University of Londrina / PR. The experiment was installed in the field, with the delineation in random sections containing three repetitions of each of the following treatments: no fertilization, mineral fertilization only, organic fertilization with sewage sludge in increasing doses of 6, 12, and 18 tons per hectare (applied once and twice per year) on a dry base and with mineral complementation. The results showed a tendency for an increase in soil aggregation and in macroporosity and in a reduction of the soil density and microporosity, however, without significant differences, in treatments that received sewage sludge. The particle density and hydraulic conductivity increased in the treatments that received 36 tons/hectare-year and 18 tons/hectare-year, respectively. The soil's resistance to penetration was smaller at the surface (0 - 0,1 m) of the soil for the treatment that used 12 tons/hectare-year of sewage sludge.

Key words: biosolids, organic matter, physical properties

Introdução

O lodo é o principal subproduto do tratamento de esgotos e a sua disposição final tem sido um problema discutido em vários países. Sua utilização em terras produtivas, reservadas para agricultura e pecuária, e a disposição em aterros sanitários são as formas predominantemente adotadas pelos países desenvolvidos (LUDUVICE, 2000).

A alternativa da reciclagem agrí-cola, segundo ANDREOLI & PEGORINI (2000) tem o grande benefício de transformar o lodo de esgoto como um importante insumo agrícola, o qual fornece matéria orgânica e nutrientes ao solo e vantagens indiretas ao homem e ao ambiente, reduzindo os efeitos adversos à saúde causados pela incineração e diminuindo a dependência de fertilizantes químicos.

Estudos mostram que a aplicação do lodo de esgoto no solo aumenta a capacidade de infiltração e retenção de água, devido ao aumento da porosidade total do solo e da diminuição da sua densidade (BONNET, 1995), bem como, aumenta o teor de matéria orgânica no solo (BATAGLIA et al., 1983; OUTWATER, 1994) e a formação de agregados das partículas do solo (ANDREOLI & PEGORINI, 2000).

A umidade e as altas temperaturas favorecem a degradação acelerada da matéria orgânica. Em razão disso, BISCAIA & MIRANDA (1996) analisaram a grande importância da adição de matéria orgânica para a manutenção do

potencial produtivo do solo e da nutrição de plantas, permitindo assim, produtividades elevadas.

Face à importância da utilização de biossólidos na agricultura, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de dois anos de aplicação do lodo de esgoto, nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho eutroférico.

Material e métodos

O trabalho foi realizado em um Latossolo Vermelho eutroférico, com teor de argila variando de 760 a 820 g.kg⁻¹ entre 0 - 0,40 m, localizado na área experimental da fazenda escola da Universidade Estadual de Londrina (PR), coordenadas geográficas: 23°23' de latitude S e 51° 11' de longitude W, altitude média 566 m e clima, segundo classificação de Köppen do tipo Cfa.

O lodo utilizado (quadro 1) foi digerido anaerobicamente, produzido em Reator Anaeróbico de Lodo Fluidizado (Ralf), e tratado pela cal (CaO e MgO) na concentração de 50% do peso seco de lodo, com umidade variando entre 50 e 75%, que é favorável ao processo de calagem em betoneiras ou manual.

Quadro 1 - Características Químicas do Lodo Anaeróbico (Ralf) Utilizado na Área Experimental, na Região de Londrina - PR Segundo Andreoli, 1999.

Lodo Anaeróbico (Ralf)							
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	N	C	C/N
PH	g.kg ⁻¹						
6,1	9,5	3,4	8,3	3,0	22,2	201,0	9

Em relação à condução do experimento, inicialmente o solo recebeu calagem e posteriormente foi gradeado. Após estas operações, foi realizada a aplicação do lodo manualmente, e em seguida, efetuou-se uma segunda gradagem para incorporação do mesmo. As dosagens aplicadas de lodo foram diferentes (6, 12 e 18 t.ha⁻¹) durante dois anos e, neste período, foram implantadas as culturas de aveia e milho nas safras de 1997, 1997/98 e 1998/99 (verão/inverno). Após o período de dois anos, foi suspensa a aplicação de lodo de esgoto e implantou-se a cultura de milho safrinha (1999).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos aleatórios, sendo a área total do experimento igual a 0,5 ha, dividida em 3 blocos, com 8 tratamentos, totalizando 24 parcelas. Os 8 tratamentos foram conduzidos da seguinte forma:

(1) testemunha (calagem = 1 t.ha⁻¹); (2) adubação mineral recomendada para o milho (8-18-16) + calagem (somente no primeiro ano); (3) 6 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral (no verão); (4) 12 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo

6 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral (no verão); (5) 12 t.ha⁻¹ ano por de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral (no verão); (6) 18 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral (no verão); (7) 24 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 12 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral (no verão); (8) 36 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 18 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral (no verão).

As amostras de solo e os dados de campo foram obtidos 6 meses após a última aplicação do lodo de esgoto, no mês de março de 1999, durante o desenvolvimento da cultura do milho safrinha. Para as análises de densidade do solo (método do anel volumétrico), macroporosidade e microporosidade (método da mesa de tensão), foram coletadas amostras não deformadas em anéis e, para densidade de partículas (método do picnômetro) e estabilidade de agregados em água (método de Yoder), coletaram-se amostras deformadas. As análises fo-ram efetuadas segundo EMBRAPA (1997). A campo, foi determinada a condutividade hidráulica por meio de infiltrômetro de sucção controlada segundo metodologia proposta por ANKENY et al. (1991), para as tensões 0, 1, 3 e 6 cm. A resistência do solo à penetração foi determinada utilizando-se o penetrômetro de Impacto Modelo IAA/Planalsucar STOLF, a partir da superfície do solo até a profundidade de 0,60 m, segundo a metodologia descrita em STOLF (1991).

A análise estatística da condutividade hidráulica foi feita em esquema fatorial. Os dados foram submetidos à análise de variância (nível de significância) e teste de comparações de médias (Tukey) com 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância (quadro 2), verifica-se que para os parâmetros densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA), micro e macroporosidade, não houve efeito significativo entre os tratamentos.

Mês	Densidade		Porosidade		Estabilidade de Agregados		
	Ds	Dp	Micro	Macro	DMP	DMG	IEA
	Kg/dm ³		m ³ , m ³		mm		%
1	1,28 a ¹	2,55 b	0,52 a	0,068 a	4,12 a	1,50 a	82,77 a
2	1,30 a	2,59 ab	0,47 a	0,082 a	4,44 a	1,66 a	84,79 a
3	1,26 a	2,59 ab	0,55 a	0,075 a	4,46 a	1,65 a	83,86 a
4	1,27 a	2,56 ab	0,50 a	0,078 a	4,37 a	1,73 a	85,84 a
5	1,25 a	2,60 ab	0,50 a	0,077 a	4,44 a	2,37 a	87,90 a
6	1,21 a	2,68 ab	0,50 a	0,085 a	4,63 a	1,96 a	89,01 a
7	1,26 a	2,59 ab	0,48 a	0,089 a	4,10 a	1,68 a	87,64 a
8	1,25 a	2,70 a	0,50 a	0,076 a	4,76 a	1,93 a	86,69 a
CV%	6,56	3,33	8,00	21,34	38,75	23,14	5,20

1 - Tratamentos: (1) testemunhas; (2) adubação mineral recomendada para o milho + calagem; (3) 6 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral; (4) 12 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 6 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral; (5) 12 t.há⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral; (6) 18 t.há⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral (7) 24 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 12 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral; (8) 36 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 18 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral. 2- Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey com 5% de probabilidade.

Mesmo não havendo diferença significativa no nível de 5% na densidade do solo (Ds), há uma tendência de redução desta propriedade com o aumento das dosagens de lodo de esgoto, em relação à testemunha. Este resultado estávtemunha, porém observou-se uma tendência de aumento, conforme se aumentava a dose de lodo de esgoto (quadro 2). Estes resultados estão de acordo com FIEST et al. (1998) que também verificaram tendência de acréscimo na Dp na dose de 9,6 t.ha⁻¹ de lodo de esgoto, porém sem diferença significativa.

Para a análise de agregados, os parâmetros DMP, DMG, IEA não apresentaram diferença significativa, entre os tratamentos, mas verificou-se uma tendência na formação de agregados maiores (DMP) quando utilizado lodo de esgoto. MELO & MARQUES (2000) demonstrava que a matéria orgânica e os cátions presentes (Ca₂₊ e Al₃₊ dentre outros) no lodo de esgoto influenciam na agregação de partículas do solo e determinam aumento no seu volume, causando redução na sua densidade. O IEA também foimaior nestes tratamentos, demonstrando que o lodo de esgoto contribuiu para a agregação do solo pois, quanto menor a quantidade de agregados < 0,25 mm, maior será o IEA. LUE-HING et al. (1992), LOGAN & HARRISON (1995), MARX et al. (1995), encontraram resultados semelhantes para estabilidade de agregados em solos tratados com lodo de esgoto. JORGE et al. (1991) verificaram que a estabilidade de agregados teve efeito benéfico nos tratamentos que utilizaram 40 e 80 t.ha⁻¹ em base úmida, com e sem aplicação de calcário. EPSTEIN (1976) verificou que o lodo aumentou a estabilidade dos agregados do solo, alterando sua estrutura, afetando a infiltração de água no solo e distribuição das raízes.

Em relação à porosidade do solo, observa-se que para a macroporosidade, mesmo não sendo significativo os resultados no nível de 5%, existe uma tendência de aumento nos tratamentos que utilizaram 18 (tratamento 6) e 24 t.ha⁻¹/ano (tratamento 7), denotando uma melhoria na agregação do solo. Esta tendência observada é coerente com os resultados encontrados por KLADIVKO et al. (1979), LUE-HING et al. (1992), os quais concluíram que a utilização do lodo de esgoto aumenta a porosidade do solo. Também foi observado um aumento na macroporosidade de um Latossolo Vermelho Escuro argiloso distrófico em um estudo realizado por JORGE et al. (1991), quando aplicadas 40 ou 80 t.ha⁻¹ de lodo de esgoto, numa única aplicação. Para a microporosidade observou-se, em relação à testemunha, uma tendência de redução quando utilizadas doses acima de 12 t.ha⁻¹/ano de lodo de esgoto. WISNIEWSKI et al. (1996) verificaram uma tendência na diminuição da densidade do solo, devido ao aumento da porosidade total do solo, em estudos de recuperação de áreas degradadas. MARCIANO (1999), aplicando doses crescentes de lodo de esgoto, observou aumento na porosidade total de um Latossolo Vermelho-Amarelo. JORGE et al. (1991), estudando um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, distrófico, após quatro anos de aplicação de lodo de esgoto com doses de até 80 t.ha⁻¹, parceladas (20 t.ano⁻¹) ou não, observaram efeitos sobre a porosidade e densidade.

No caso da condutividade hidráulica (quadro 3), a interação entre os tratamentos e potenciais matriciais (0, 1, 3, 6 cm), assim como o efeito dos potenciais não foram significativos, porém a análise de variância mostrou efeito significativo de tratamento.

Quadro 3 - Efeito residual do lodo de esgoto na condutividade hidráulica em um latossolo vermelho eutroférrico na região de Londrina - PR

Tratamentos	Condutividade Hidráulica cm . min ⁻¹
1	0,07 b ²
2	0,12 b
3	0,05 b
4	0,05 b
5	0,30 b
6	0,75 b
7	0,21 ab
8	0,15b
CV%	44,2

- Tratamentos: (1) testemunha; (2) adubação mineral recomendada para o milho + calagem; (3) 6 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral; (4) 12 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 6 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral; (5) 12 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral; (6) 18 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (única aplicação) + complemento mineral; (7) 24 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 12 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral; (8) 36 t.ha⁻¹ por ano de lodo calado (sendo 18 t.ha⁻¹ aplicado semestralmente) + complemento mineral.
- Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey com 5% de significância.

De acordo com os resultados encontrados referentes à condutividade hidráulica, os tratamentos que utilizaram doses acima de 12 t.ha⁻¹/ano de lodo de esgoto, apresentaram uma tendência de aumento na condutividade, sendo o tratamento que utilizou 18 t.ha⁻¹/ano (tratamento 6) diferente, estatisticamente, em relação à testemunha e à adubação química. Esses resultados diferem dos encontrados por MARCIANO (1999) que constatou uma redução na condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho-Amarelo, com exceção do potencial mátrico de 0 KPa, quando aplicado o lodo de esgoto. JORGE et al. (1991) observaram que em 8 tratamentos analisados com e sem lodo de esgoto, não houve diferença significativa na taxa de infiltração do solo. Para MAZURAK et al. (1975), a adição da matéria orgânica pode ser um atributo que afeta a infiltração básica do solo, causando, na maioria das vezes, aumentos significativos.

Os resultados de condutividade hidráulica obtidos podem estar refletindo o fato de existir uma tendência de formação de agregados maiores (quadro 2) quando utilizado lodo de esgoto, portanto, maiores serão os espaços porosos entre os agregados, o que provocará aumento na infiltração da água no solo, como observado, principalmente no tratamento 6.

Com relação à resistência do solo à penetração (quadro 4), somente o tratamento 5, (12 t.ha⁻¹/ano), apresentou diferença significativa no nível de 5%, em relação à testemunha, para a profundidade de 0- 0,1 m. Nas profundidades abaixo, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Provavelmente essa diferença encontrada na superfície seja em função da incorporação do lodo, pois o mesmo foi aplicado e incorporado superficialmente, não influenciando as camadas mais profundas.

Quadro 4 - Resultado do efeito residual do lodo de esgoto da resistência do solo à penetração de um latossolo vermelho eutroférico na região de Londrina - PR

Tratamentos	Resistência do solo à penetração (MPa)				
	0 - 0,1	0,10 - 0,2	Profundidades		
			0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5
1	3,63 a ¹	3,71 b	3,50 a	2,77 a	2,59 a
2	2,07 ab	3,09 a	2,94 a	2,26 a	2,88 a
3	2,41 ab	3,00 a	2,97 a	2,22 a	2,48 a
4	2,50 ab	3,17 a	3,28 a	3,31 a	3,46 a
5	1,16 ab	2,52 a	2,99 a	2,63 a	3,42 a
6	3,28 ab	3,80 a	4,11 a	3,58 a	4,55 a
7	2,89 ab	3,06 a	3,73 a	3,00 a	3,65 a
8	2,96 ab	3,94 a	3,48 a	2,98 a	3,20 a
CV%	33,51	27,67	25,96	34,85	41,36

Em sua maioria, os resultados apresentados neste estudo mostraram, a existência de diferenças não significativas. Portanto, devido à importância da utilização do lodo de esgoto no solo, seriam necessários estudos de longa

duração para a obtenção de respostas com um maior grau de confiabilidade na confirmação ou não da influência do lodo nas propriedades físicas do solo.

Conclusões

Nas condições em que foi realizado este experimento, foi possível concluir que:

1. Existe uma tendência de aumento da agregação do solo e macroporosidade e redução da densidade do solo e microporosidade, porém sem diferenças significativas, nos tratamentos que receberam o lodo de esgoto.
2. A densidade de partículas e a condutividade hidráulica aumentam nos tratamentos que receberam 36 t.ha⁻¹/ano e 18 t.ha⁻¹/ano de lodo respectivamente.
3. A resistência do solo à penetração foi menor somente na superfície do solo (0 - 0,1 m) no tratamento que utilizou 12 t.ha⁻¹/ano de lodo de esgoto.

Referências

ANDREOLI, C.V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. Curitiba : UFPR, 1999. 278p.

ANDREOLI, C. V.& PEGORINI, E.S. Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP : EMBRAPA, 2000. p.281-312,.

ANKENY, M.D.; AHMED, M.; KASPAR, T.C.; et. al. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 55, p. 470-476. 1991.

BATAGLIA, O.C.; BERTON, R.S.; CAMARGO, A.O. et. al. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim-braquiária. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 7, p. 277-284. 1983.

BERNARDES, L. F. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo**. Jaboticabal : Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. M. Uso de lodo de esgoto calado na produção de milho. **Sanare**, v. 5, n. 5, p.86-89. 1996.

BONNET, B.R.P. **Diagnóstico da situação e posição preliminar de sistema de monitoragem dos impactos ambientais causados pelo uso agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba, 1995. Monografia (Especialização) - Universidade Federal do Paraná.

CANARACHE, A. Penetr: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Till. Res.**, v. 16, p. 51-70. 1990.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro : EMBRAPA, 1997. 212p.

EPSTEIN, E. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. **J Environ. Qual.**, Madison, n. 5, p. 422-426. 1976.

GERARD, C.J.; MEHTA, H.C.; HINOJOSA, F. Root growth in a clay soil. **Soil Sci.**, v. 114, p. 37-49. 1972.

GERARD, C.J.; MEHTA, H.C.; HINOJOSA, F. **Root growth in a clay soil**. Soil Sci., v. 114, p. 37-49. 1972.

FIEST, L.C.; ANDREOLI, C.V.; MACHADO, M.A.M. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo. **Sanare**, Curitiba, v. 9, n. 9, p. 48-57.1998.

GUIDI, G.; PAGLIAI, M.; GIACHETTI, M. et al. **Modifications of some physical and chemical soil properties following sludge and compost applications**, 1982.

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, et. al. Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 15, p. KLADIVKO, E.J.; NELSON, D.W. Changes in soil properties from application of anaerobic sludge. **J. Water Pollut.**, v. 51, p. 325-332. 1979.

LOGAN, T.J.; HARRISON, B.J. Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N - Viro Soil) and their effects on soil physical properties. **J. Environ. Qual.**, v. 24, p. 153-164. 1995.

LUDUVICE, M. Experiência da Companhia de Saneamento do Distrito Federal na reciclagem agrícola de biossólido. In: **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP : EMBRAPA, 2000. p.153-162.

LUE-HING, C.; ZENZ, D.R.; KUCHENRITHER. Municipal sewage sludge management: processing, tilization and disposal. **Water Qual. Manage.**, Philadelphia, v. 4, p. 455-500. 1992.

MARCIANO, C.R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. Piracicaba : ESALQ-USP, 1999. 93p.

MARX, D.H.; BERRY, C.R.; KORMANIK, P.P. Application of municipal sludge to forest and degraded land. In: **Agricultural utilization of urban and industrial by**: products. 1995. p.275-293.

MAZURAK, A.P.; CHESNIN, L.; TIARKS, E. Detachment of soil aggregation by simulated from heavily manured soils in Eastern Nebraska. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v. 30, p. 732-736. 1975.

MELO, W. J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutriente para as plantas. In: **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP : EMBRAPA, 2000. p.109-141.

NESMITH, D.S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultissol. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 51, p. 193-186. OUTWATER, A.B. **Reuse of sludge and minor wastewater residuals**. S.I. : Lewis Publishers, 1994. 179p.

SENE, M.; VEPRASKAS, M. J.; NADERMAN, G.C. et. al. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 49, p. 422-427. 1985.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 15, p. 229-235. 1991.

TAYLOR, H.M.; BURNETT, E. Influence of soil on the root growth habitat of plants. **Soil Sci.**, v. 98, p.174-180. 1964.

WISNIEWSKI, C. NETO, J.A.; PEREIRA, A.M. et al. Uso do lodo de esgoto da ETE- Belém na recuperação de áreas degradadas por mineração de calcário. **Sanare**, Curitiba, v. 5, n. 5, p.76-86. 1996.

Autores

Graziela Moraes de Cesare Barbosa,

engenheira agrícola pela Unioeste, bolsista da Capes, no mestrado em Agronomia pela UEL

João Tavares Filho,

engenheiro agrícola, mestre em Solos pela Ufla - Lavras, doutor em Ciências do Solo pela Université Hanry Poincaré Nancy I França, professor do Departamento de Agronomia

da Universidade Estadual

de Londrina (UEL)

Ines Cristina de Batista Fonseca,

engenheira agrônoma, especialista em Estatística Aplicada pela UEM, mestre em Agronomia pela Unesp - Botucatu, doutora em Ciências Biológicas pela Unesp - Botucatu, professora do Departamento de Agronomia da UEL.

VIABILIDADE DE OVOS DE HELMINTOS EM LODO DE ESGOTO TRATADO TERMICAMENTE EM LEITOS DE SECAGEM

Andréia Cristina Ferreira

Cleverson Vitório Andreoli

Beatriz Monte Serrat Prevedello

Resumo

A reciclagem agrícola tem sido considerada a melhor opção para a disposição final do biossólido em todo o mundo, principalmente por causa de sua segurança ambiental.

Para que o lodo seja utilizado, com segurança como fertilizante agrícola, é necessário processá-lo corretamente. O processo de higienização é indispensável, pois reduz a quantidade de patógenos presentes no biossólido.

Os resultados mostraram que na primeira descarga os tratamentos utilizando solarização com e sem revolvimento foram os mais eficientes, apresentando 0,34 e 1,44 ovos/ g/ MS após 28 dias de experimento, apresentando um percentual de redução de 97,48% e 89,33% respectivamente. Na segunda descarga, os tratamentos com estufa plástica e biogás com e sem revolvimento destacaram-se dos demais apresentando 5,06 e 3,99 ovos g/ MS, alcançando uma redução de 89,84% e 92,00% respectivamente. Já na terceira descarga os três melhores resultados obtidos foram os tratamentos utilizando estufa associada ao biogás, solarização com e sem revolvimento com 9,05, 9,33 e 7,91 ovos/g/MS com uma redução de 84,51%, 84,03% e 86,46% respectivamente.

Estes valores ainda não atendem às normatizações internacionais, nem à Instrução Normativa proposta pelo Estado do Paraná que preconizam 0,25 ovos viáveis/g/MS, porém, alguns dos valores chegam muito próximo ao estabelecido, demonstrando a eficiência do experimento ao objetivo proposto, que era o de diminuir o número de ovos de helmintos viáveis presentes no lodo.

Palavras-chave: lodo de esgoto, ovos de helmintos, biogás, higienização

Abstract

Biosolid recycling for farming purposes has been considered the best option for biosolid deposit worldwide, especially because it is safe to the environment.

In order to safely use sludge as a fertilizer it must be correctly processed. A previous hygienization process is mandatory, in order to reduce pathogen amount in the biosolid.

Results have shown that, at the first discharge, the most efficient treatments were those that used soil solarization (raked and unraked soils). In a 28-day experiment with 0.34 and 1.44 eggs/g/MS, there was a 97.48% and 89.33% reduction respectively. At the second discharge, the most efficient treatments were the plastic greenhouse, and biogas (raked and unraked): 5.06 and 3.99 eggs/g/MS with a reduction of 89.84% and 92.00% respectively. At the third discharge, the three best results were achieved with treatments using greenhouse associated to biogas, soil solarization (raked and unraked soils): 9.05, 9.33 and 7.91 eggs/g/MS with a reduction of 84.51%, 84.03% and 86.46% respectively.

These results still fail to fulfill international standards or the Standard proposed by the State of Paraná (0.25 viable eggs/g/MS), however, some of them come very close to fulfilling the standard evidencing that the experiment was efficient in terms of the proposed objective that was to reduce the number of viable helminth eggs in the sludge.

Key words: sludge, helminth eggs, biogas, hygienization

Introdução

O uso do lodo na agricultura é a alternativa de disposição final que apresenta menores impactos ambientais negativos, desde que sejam observados o conteúdo de metais pesados, lixiviação de nitrogênio e sua eficácia no sistema de higienização.

Para a efetivação de seu uso como fertilizante e condicionante do solo, precauções devem ser tomadas principalmente para que os organismos patogênicos não contaminem o ambiente e não comprometam a qualidade das culturas para alimentação animal e humana (ANDREOLI et al., 1994).

Segundo EPA (1991), as taxas de inativação dos microrganismos variam com o tipo e sua condição, método de aplicação do lodo, grau de predação, competição com outros organismos, condições atmosféricas e a composição físico-química do solo. Alguns processos de tratamento do lodo podem ser empregados para o controle de patógenos e redução de vetores, como: compostagem, pasteurização, digestão aeróbia, digestão anaeróbia, radiação gama, radiação beta, hipercloração, inergização pela cal e secagem térmica (EPA, 1992). A eficiência destes métodos depende da natureza do patógeno existente no lodo bem como da qualidade operacional dos mesmos.

O aumento populacional e a crescente industrialização são fatores que promovem o agravamento da problemática de produção de resíduos sólidos urbanos, que mesmo após sofrerem tratamento, ainda apresentam potencial poluidor e contaminação por organismos patogênicos. Seu manejo inadequado contribui significativamente para a degradação da qualidade ambiental, podendo se tornar, sem os devidos cuidados, num dos maiores poluidores do solo, da água, do ar e ainda oferecer riscos à saúde pública (FILHO, 1999).

Este trabalho consistiu no monitoramento da temperatura e do tempo sobre a influência na redução de ovos de helmintos presentes em lodo digerido anaerobiamente em escala real, por meio do uso de estufa plástica sobre leito de secagem, revolvimento da massa de lodo e injeção de calor a partir dos gases gerados no processo de tratamento de esgoto por meio de Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado (Ralf) determinando o uso seguro do produto como fertilizante agrícola e descaracterizando seu papel de agente veiculador de doenças.

Revisão bibliográfica

A aplicação de alternativas tecnológicas para a gestão de resíduos, envolve a revisão dos padrões mínimos de qualidade do esgoto recebido na rede, especialmente no que se refere ao seu conteúdo de metais pesados, pois, tanto a norma NBR – 9800 da ABNT, quanto a resolução 020/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) não são suficientes para garantir níveis de qualidade de lodo que permitam a sua reciclagem agrícola. Os principais riscos associados à utilização agrícola do lodo referem-se a questão dos metais pesados, aspectos sanitários, micropoluentes orgânicos e nitrogênio. Tanto os metais quanto os agentes patogênicos como ovos de helmintos, esporos de fungos e colônias de bactérias tendem a co-precipitar com o esgoto e se concentrar no lodo (FERREIRA, et al., 1999c).

Dentre os fatores biológicos limitantes ao uso do lodo na agricultura destacam-se os patógenos, presentes no esgoto doméstico que ao precipitar se concentram nos lodos provenientes dos sistemas de tratamento. A presença destes agentes patogênicos, ainda que substancialmente reduzida, pode causar problemas devido à sua possibilidade de disseminação pelo meio ambiente (ILHENFELD et al., 1999)

A densidade de patógenos presente no lodo de esgoto de uma determinada localidade é bastante variável e depende das condições socioeconômicas da população, das condições sanitárias, da região geográfica, da presença de animais vivendo na rede, da presença de indústrias agroalimentares e do tipo de tratamento a que o lodo foi submetido. Pode diferir ainda de acordo com a natureza do efluente, o tipo de estação e dentro de uma mesma estação ela pode variar de um período para outro (THOMAZ-SOCCOL et al., 1998).

Os diferentes graus de atividade biológica e as concentrações destes agentes patogênicos definem a sua virulência que, associada às condições do meio e à susceptibilidade dos hospedeiros, pode se refletir em algumas alterações na saúde das populações. Deve-se ressaltar, portanto, que o grau de contaminação da população estabelece base potencial de disseminação das doenças. Portanto, as ações que melhorem o quadro sanitário trarão, também, reflexos positivos relativos à segurança do uso do lodo na agricultura (SANEPAR, 1997a).

No Brasil, os agentes patogênicos constituem-se em um importante elemento de limitação ao uso do lodo na agricultura, porém, é o fator mais facilmente controlado pela adoção de soluções técnicas de higienização que levem à eliminação do patógeno (FERRREIRA, et al., 1999c). No Estado do Paraná, para fins de caracterização do perfil sanitário do lodo, foram estabelecidos os seguintes indicadores: ovos de helmintos e coliformes fecais. Uma vez realizado o controle desses patógenos, os demais estarão automaticamente em níveis admissíveis, não proporcionando riscos aos usuários do produto e ao ambiente. O limite para esses organismos está especificado na tabela 1.

TABELA 1 – LIMITE DE PATÓGNOS PRESENTES NO LODO DE ESGOTO PARA A RECICLAGEM AGRÍCOLA	
Parâmetros	Limites
Helmintos (contagem de ovos viáveis)	0,25 ovos/g MS
Coliformes fecais	10 ² NMP/g MS

FONTE: FERNANDES, F.; LARA, A.; ANDRELI, C.V.; PEGORINI, E.S. Normatização para reciclagem agrícola do lodo de esgoto in Reciclagem de Biossólidos: Transformando problemas em soluções. Curitiba: SANEPAR, FINEP, 1999.

O uso do lodo de esgoto na agricultura deve, portanto, considerar alternativas de desinfecção, de forma a reduzir a quantidade de agentes patogênicos e correlacionar restrições de uso segundo a qualidade alcançada, afim de permitir que as condições do meio garantam o uso seguro deste material (SANEPAR, 1997a)

Materiais e métodos

O aparato experimental foi instalado na Companhia de Saneamento do Paraná, nas dependências da Estação de Tratamento de Esgoto Guaraituba, no bairro Guaraituba, situada no município de Colombo-PR, na Região Metropolitana de Curitiba, e segundo a classificação de KOEPPEN sob clima cfb, mesotérmico úmido, com temperaturas médias do mês mais quente menor que 22 °C e mês mais frio menor que 18 °C, com geadas severas e freqüentes, sem estação seca, com latitude 25°26' e longitude 49°16' a 947 metros de altitude (IAPAR, 1978).

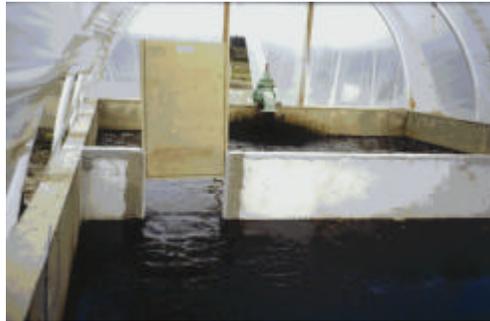
Os tratamentos utilizados no experimento tiveram o objetivo de verificar o comportamento do lodo em relação à desinfecção. Assim, foram estudados, em quatro leitos de secagem, medindo 10,0 x 5,0m, oito processos diferenciados que consistiram nos referidos tratamentos, onde quatro deles foram cobertos com filme transparente 100m UV, dois ficaram a céu aberto e dois foram cobertos com filme plástico transparente, constituindo os tratamentos de solarização.

Assim, os oito tratamentos utilizados seguem:

1. Testemunha com revolvimento;
2. Testemunha sem revolvimento;
3. Estufa plástica com revolvimento;
4. Estufa plástica sem revolvimento;
5. Estufa plástica com biogás e com revolvimento;
6. Estufa plástica com biogás e sem revolvimento;
7. Solarização com revolvimento;
8. Solarização sem revolvimento.

Na mureta que subdividiu os leitos, foi colocada uma comporta para permitir a passagem do lodo líquido no momento da descarga. As figuras 1 e 2 ao lado mostram uma das descargas ocorridas e a divisão dos leitos de secagem.

Figuras 1 e 2 Momento da descarga de lodo e divisória dos leitos de secagem



O biogás, subproduto do tratamento anaeróbio do esgoto, liberado pelas estações de tratamento para a atmosfera, foi utilizado para aquecimento e conseqüente aumento da temperatura dentro das estufas plásticas nos tratamentos 5 e 6 (Figura 3, ao lado)

Figura 3 - Queima do biogás em leito de secagem



O possível retorno do gás ao Ralf poderia ocasionar uma explosão, assim, buscou-se uma alternativa que oferecesse segurança à estação e que fosse economicamente viável. Uma das possibilidades foi a instalação de uma válvula corta-chamas situada na canalização interna à estufa, próximo aos bicos

queimadores, porém, economicamente, em escala real, o custo ficaria impraticável. Assim, buscou-se por meio da construção do selo hidráulico, uma maneira econômica e segura de evitar o retorno do gás ao Ralf.

Toda canalização externa foi construída em tubos de PVC e a interna em ferro galvanizado, a 0,5 m do fundo do leito de secagem, instalando-se quatro bicos queimadores em cada tratamento.

Foram efetuadas três descargas do lodo digerido anaerobiamente dentro dos leitos de secagem, nos meses de novembro de 1999, janeiro e fevereiro de 2000, relacionando assim, períodos muito quentes com precipitação intensa, condição esta que tende a aumentar a permanência do lodo em leitos descobertos, pois o processo de secagem do material é prolongado. O período de avaliação para cada descarga foi de 28 dias. Após as descargas (t_0), foram determinados periodicamente os seguintes parâmetros:

1. Temperatura e umidade relativa externa à estufa (3 determinações diárias), utilizando higrômetro;
2. Temperatura e umidade relativa interna à estufa (3 determinações diárias), utilizando higrômetros e termômetros, sendo um termômetro para cada tratamento e um higrômetro disposto no centro da estufa;
3. Temperatura do lodo (3 determinações diárias), utilizando Termopar;
4. Níveis de ovos de helmintos pela metodologia demonstrada por YANKO (1987);

As análises do lodo em relação a ovos de helmintos foram realizadas a cada cinco dias e teve por objetivo a caracterização do níveis de contaminação discriminando o número e a viabilidade de ovos de helmintos. A metodologia para a determinação foi realizada por diluição, centrifugação e contagem em Câmara de Sedwick e Ratter e da viabilidade após incubação a 28°C por quatro semanas, conforme descrito por YANKO modificado por THOMAZ-SOCCOL (2000). Essas análises foram realizadas no laboratório da UFPR/SCB/Patologia Básica.

O revolvimento do lodo dentro dos leitos foi realizado manualmente a cada sete dias, utilizando-se rastelos, tendo como objetivo a exposição das camadas inferiores do lodo para a superfície.

Resultados e discussão

Dados climáticos

No processo de secagem natural, os fatores ambientais como precipitação e insolação são imprescindíveis para avaliação da eficiência na remoção da umidade e na inviabilização dos ovos de helmintos presentes no lodo.

A tabela 2 mostra os valores médios mensais para os fatores mencionados, durante o período de avaliação. O observado é o que predomina na região, ou seja, o período de precipitação se intensifica nos meses de janeiro e fevereiro, conseqüentemente, a insolação no período diminui. O conjunto desses dois fatores explica a ação proporcionada nos tratamentos com e sem estufa.

TABELA 2 – DADOS MÉDIOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO PARA OS MESES DE NOVEMBRO (1999), JANEIRO E FEVEREIRO (2000)

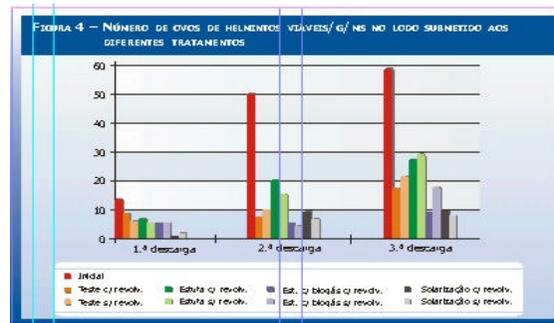
Meses	Insolação (horas)	Precipitação (mm)
novembro (1999)	165,0	46,6
janeiro (2000)	133,7	109,6
fevereiro (2000)	104,4	206,1

Avaliação da redução de patógenos

Os ovos de helmintos foram escolhidos como indicadores da sanidade do lodo por serem comprovadamente os organismos mais resistentes aos processos de higienização, portanto, quando estes forem eliminados, outros organismos patogênicos como por exemplo as bactérias também estarão controladas.

Há que se destacar, que mesmouma contagem "zero" não garante que o lodo esteja completamente livre dos ovos de helmintos, tendo em vista que nenhuma das metodologias de enumeração garante um percentual de recuperação de 100% dos ovos eventualmente presentes nas amostras processadas. Outro fator considerando a contagem e viabilidade diz respeito à própria coleta de amostras, pois a distribuição dos ovos torna-se muito heterogênea ao longo do perfil.

Os resultados da tabela 3 mostram os valores iniciais, finais e a porcentagem de redução de ovos de helmintos nos oito tratamentos estudados, comparando as três descargas de lodo realizadas.



Na estação de tratamento duas fontes de energia de baixíssimo custo são a queima dos gases gerados durante o tratamento e a energia solar captada pelo efeito estufa. A colocação de filme plástico transparente sobre a estufa, visando criar o efeito estufa, também protege os leitos das chuvas. É importante ressaltar que tanto a elevação da temperatura quanto a redução da umidade têm efeito desinfectante.

Para que uma espécie possa sobreviver e multiplicar-se em dada situação necessita encontrar no meio todos os materiais e condições indispensáveis à sua fisiologia. As necessidades variam de espécie para espécie, sendo que para o caso dos helmintos, de acordo com REY (1991) dentre os agentes físicos mais importantes como fatores limitantes, deve-se destacar a temperatura, a luz, o oxigênio e a água ou a umidade, esta diretamente relacionada com a temperatura. A ação da temperatura nos tratamentos que utilizaram estufa, biogás e solarização tornam-se totalmente benéficas na ação contra os helmintos, pois o aumento da temperatura faz com que enzimas, principalmente a albumina que faz parte da constituição do microrganismo, diminuam ou percam totalmente sua capacidade funcional, sendo sua estrutura totalmente modificada pelo efeito térmico.

Já a umidade juntamente com a incidência solar e a temperatura, constitui importante fator limitante ao desenvolvimento fisiológico do microrganismo, pois o teor de água do meio pode modificar efeitos da temperatura sobre os organismos.

Em relação à umidade do lodo para o processo de higienização pode-se considerar que cistos de protozoários, ovos e larvas de alguns helmintos pertencentes ao filo dos platelmintos mostram-se geralmente muito mais sensíveis à dessecação, quando encontrados no meio exterior (REY, 1991). Assim, relacionando os dados de eficiência de secagem e desinfecção percebe-se que na segunda e terceira descargas esta reação ocorreu nos tratamentos estufa com biogás e estufa com biogás e revolvimento, mostrando a inter-relação entre a falta de umidade com a inviabilização dos ovos. Porém, verificando os resultados para helmintos nos tratamentos solarização e solarização com revolvimento, percebe-se que os resultados foram bem satisfatórios, tendo uma situação totalmente contrária a anterior, pois a quantidade de água foi bem superior aos outros tratamentos. O que ocorre nesse caso é a inviabilização pelo aumento da temperatura da água que conduz o calor até a massa de lodo.

Assim, serão encontrados nos resultados do trabalho valores que preconizam a ação da umidade como fator limitante induzida pelos casos: inviabilização dos ovos por dessecação, pela falta de água ou pelo excesso de umidade e pelo aquecimento da mesma.

A discussão abaixo mostra os resultados separadamente para os fatores utilizados nos tratamentos, considerando sua ação diante da higienização do material.

Dentre todos os oito tratamentos utilizados no experimento, observa-se que há uma tendência para uma eficiência maior nos tratamentos solarização com e sem revolvimento. Assim, na primeira descarga foram os mais eficientes chegando a níveis bastante baixos, quase alcançando os níveis preconizados pelas normatizações vigentes, porém na segunda descarga, a eficiência dos tratamentos que utilizaram biogás aliado à estufa plástica foram superiores aos demais. Isso pode ser explicado pelas adaptações feitas no sistema de biogás para essa descarga, que proporcionou maior eficiência ao processo, pois contava com as chamas acesas durante um período aproximado de 24 horas/dia, o que não aconteceu com a primeira e terceira descargas, onde ficava ligado por um período aproximado de 10 horas/dia. Com isso, na terceira descarga os tratamentos com solarização tiveram eficiência superior aos demais, com proximidade apenas do tratamento 4, que utilizou estufa e biogás com revolvimento.

A figura 4 mostra os resultados para ovos de helmintos para todos os oito tratamentos, considerando as três descargas de lodo realizadas.

Relacionando esses dados de redução e fazendo um comparativo com valores em porcentagem, na primeira descarga os tratamentos com solarização tiveram um índice de redução de 97,48 e 89,33%; a segunda descarga apresentou os tratamentos com estufa e biogás com um índice de 89,94 e 91,99% e a terceira descarga apresentou os tratamentos estufa com biogás com revolvimento e solarização com e sem revolvimento com índices de 84,51, 84,03 e 86,46%, respectivamente.

Em relação à ação do revolvimento nos tratamentos adotados quando comparados aos tratamentos que não utilizaram o processo, pode-se verificar que teve ação negativa no tratamento com estufa, provavelmente por expor as

camadas mais úmidas à uma temperatura ótima de desenvolvimento do ovo; o tratamento testemunha teve uma leve redução de eficiência com o processo, pela mesma explicação ao tratamento com estufa; o tratamento com estufa e biogás apresentou o melhor desempenho de todos os tratamentos, pois, expunha o lodo à uma temperatura maior proporcionada pela superfície e a solarização, como esperado, não apresentou resultados, pois, o processo proporcionou uma condição de igualdade em todo perfil do lodo.

Portanto, apesar dos valores ainda estarem acima dos valores da EPA e da própria Instrução Normativa Paranaense sobre higienização do lodo para a reciclagem de lodo de esgoto, o experimento mostrou uma grande redução de patógenos, tendo em vista as condições adotadas em campo, podendo ser utilizados em áreas de reflorestamento ou para recuperação de áreas degradadas. Para ser utilizado na agricultura esse lodo deverá ser complementado com uma dosagem de cal virgem, porém, os níveis a serem adicionados serão bem menores que os normalmente colocados.

Conclusão

De acordo com as condições monitoradas no experimento, pode-se fazer as seguintes conclusões:

Os tratamentos com biogás apresentaram um melhor desempenho para a inviabilização de ovos de helmintos quando seu sistema de instalação estava em condições ideais de funcionamento.

A solarização apresentou ótimos resultados para higienização, sendo totalmente ineficiente para a secagem. Os ovos apresentaram uma sedimentação natural no fundo do leito, podendo subestimar a amostragem em relação ao nível real de ovos de helmintos.

O revolvimento apresentou ação negativa para tratamentos com estufa, tendo uma leve redução nos tratamentos testemunha, um melhor desempenho na estufa com biogás e indiferente para solarização.

Em termos gerais, o processo de revolvimento não se mostrou eficiente e tecnicamente viável para os tratamentos testados, e para leitos convencionais (testemunha) em dias de chuva, o revolvimento torna-se totalmente inadequado;

O biogás produzido no reator e canalizado para a estufa, proporcionou maior inviabilização de ovos de helmintos, quando comparado com os demais tratamentos.

Referências

ANDREOLI, C. V. et al. Tratamento e disposição do lodo de esgoto no Paraná. **Sanare**, Curitiba, v.1, n.1, p. 10-15, 1994.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto**: estudo preliminar para a definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária. Curitiba : SANEPAR, 1997. 84p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Preliminary risk assessment for bacteria in municipal sewage sludge applied to land**. Washington, DC. : EPA, 1991 (n.600/6-91/006).

. **Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge under**. Washington, DC. : EPA, 1992. (n.40, CFR part 503).

FERREIRA, A.C.; ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I. Riscos associados ao uso de lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro : ABES, 1999. 97p.

FILHO, P.M. Reciclagem da matéria orgânica através da vermicompostagem. In: **Metodologia e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro : ABES, 1999. p. 31.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, PR. : IAPAR, 1978. 41 p.

ILHENFELD, R.G.K.; PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V. Fatores limitantes. In : **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro : PROSAB; FINEP, 1999.

REY, I. **Parasitas e doenças parasitárias do homem nas Américas e na África**. 2. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1991. 731p.

THOMAZ-SOCCOL, V. Aspectos Sanitários do Lodo de esgoto In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR., 1998. p. 65-72.

THOMAZ-SOCCOL, V.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A. Metodologia de Análise Parasitológica em Lodo de esgoto e Esgoto.. In: ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P. (Orgs.). **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba : Sanepar; Prosab, 2000. **Autores**

Andréia Cristina Ferreira,

engenheira agrônoma, MSc. em Ciência do Solo pela UFPR, pesquisadora bolsista DTI/RHAE – CNPq da Sanepar

Cleverson Vitório Andreoli,

engenheiro agrônomo, dr. em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela UFPR, engenheiro de desenvolvimento da Sanepar e professor do Departamento de Solos da UFPR

Beatriz Monte Serrat Prevedello,

engenheira agrônoma, dra. em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, professora adjunta do Departamento de Ciência do Solo da UFPR.