

EDITORIAL

A escassez de água na Região Metropolitana de Curitiba impõe limites ao desenvolvimento da capital paranaense e aos seus Municípios próximos. O crescimento urbano desordenado e a agricultura predatória sobre os rios utilizados para o abastecimento público têm apresentado graves reflexos na qualidade das águas, com altos custos econômicos e sociais. Avaliado sob vários cenários, o problema se apresenta com um grande desafio: como assegurar o abastecimento público a partir do ano 2050, quando na hipótese mais otimista, os atuais mananciais estarão exauridos? Segundo os autores, há necessidade de negociações interinstitucionais onde as consequências ao desenvolvimento das diferentes alternativas, tenham sido informadas e discutidas.

Há de se ressaltar a necessidade de que o problema seja tratado por todos os segmentos envolvidos com a questão. Desde a participação das autoridades governamentais, como a comunidade organizada e o setor envolvido diretamente com o problema. Para isto, torna-se fundamental sensibilizar a todos para a importância do tema e as consequências que teremos que enfrentar caso não consigamos equacioná-lo.

Ações de educação ambiental, adoção de práticas sustentáveis nos processos produtivo, planos de recuperação e em melhoria ambiental serão imprescindíveis nesta luta.

A Portaria 36 Bsb/90, que determina os parâmetros para o controle da qualidade da água destinada ao abastecimento público, determina o monitoramento de princípios ativos cuja comercialização está proibida há mais de 10 anos; em contrapartida dos 400 ingredientes ativos mais usados no Paraná, apenas 5 são monitorados, seguindo as exigências da Portaria. Os baixos percentuais de agrotóxicos encontrados em 4.151 análises de água, realizadas em laboratórios da Sanepar, confirmam a absoluta inadequação da norma em relação à realidade agrícola do Paraná.

Também nesta edição da Sanare- Revista Técnica da Sanepar são apresentados os resultados da pesquisa de opinião pública sobre a aceitabilidade da utilização do lodo de esgoto na agricultura. A rejeição é apresentada pelos entrevistados que temem a contaminação por patógenos; já o fator que levaria os consumidores a adquirirem produtos adubados com lodo é a garantia da qualidade.

CARTAS

Gostaria de receber a **Sanare - Revista Técnica da Sanepar** porque a mesma aborda de forma prática e objetiva assuntos relativos às áreas de saneamento básico e meio ambiente.

Mario Francisco Figueiredo Meyer

Florianópolis - Santa Catarina

Indiscutivelmente a revista técnica publicada pela Sanepar será bastante útil no desenvolvimento de um trabalho atualizado nas áreas de saneamento e meio ambiente nos cursos de Meio ambiente e Tecnologia em Saneamento Ambiental desta instituição de ensino.

Cefet - Vitória (ES)

Para atender pedidos de nossos pesquisadores, solicitamos a inclusão desta instituição no cadastro da **Sanare - Revista Técnica da Sanepar**.

Pólis - Centro de Documentação e Informação

São Paulo - SP

Manifesto a excelente qualidade da **Sanare - Revista Técnica da Sanepar** e destaco que poucas são as publicações que apresentam os trabalhos com a mesma clareza e objetividade. A revista tem sido de grande auxílio no desenvolvimento de minhas atividades profissionais, como consultor no Pnud e docente da Universidade Ribeirão Preto.

Paulo Carvalho da Silva - Cuiabá (MT)

CONSULTORIA, INTERCÂMBIO E PESQUISA NA SANEPAR

O Grupo Específico de Consultoria, Intercâmbio e Pesquisa - GECIP, é responsável pela divulgação, transferência e internalização das novas tecnologias e serviços desenvolvidos pela Sanepar, buscando a agregação de valores aos produtos da Empresa.

Projetos em Andamento no âmbito do Gecip e profissionais responsáveis pelos projetos:

Desenvolvimento Tecnológico Tubulações Plásticas

Revisão conceitual e do estado da arte de tubos e conexões de PVC e polietileno. Análise e melhoria sistêmica de processos, desde a fabricação até a ocorrência e a prevenção de vazamentos.

Gecip, eng. M. J. Nielsen, e Gecip, eng. Déa Pires.

Modelação Matemática de Redes Hidráulicas

Estudo, seleção, adequação e calibração de softwares, treinamento de equipes e aplicações piloto.

Curso de treinamento preparou massa crítica de 61 profissionais em 1999, e será oferecido novamente em 2000, em calendário a ser ajustado com a Unidade de Serviços de Recursos Humanos (USRH).

Gecip, eng. Elizabeth S. Juliatto, USDI-CT, tecnol. Kátia R. G. Silva

Desenvolvimento Tecnológico de Gestão de Parques de Hidrômetros

Análise, inventário, seleção, testes e dimensionamento de equipamentos, levantamento de perfis de consumidores, telemetria e controle de perdas de medição.

Seminários sobre micromedição, assistidos em 1999 por 124 profissionais da Sanepar. Serão oferecidos novamente em 2000, em calendário a ser ajustado com a USRH.

Gecip, eng. Elizabeth S. Juliatto, Gecip, eng. M. J. Nielsen, USDI-CT, tecnol. Kátia R. G. Silva, USMV, econ. Juarez Trevisan.

Plano Integrado de Gerenciamento de Mananciais

Desenvolvimento de metodologias para gestão de mananciais. Trabalho financiado pelo Finep e integrado a uma rede nacional de pesquisa sobre o tema.

Gecip, eng. Cleverson Andreoli, e eng. Déa Pires.

Projeto Biossólidos

Metodologias de gestão e de soluções para utilização agrícola do lodo de esgotos. Trabalho financiado por: Finep, Prosab, e programa RHAÉ. Integrado a uma rede nacional de pesquisa sobre o tema.

Gecip, eng. Cleverson Andreoli.

Congresso Mundial da IAWQ - International Association on Water Quality

(13 a 15 Out 99/Atenas)

Três trabalhos produzidos pela equipe do projeto "Biossólidos" foram apresentados por Cleverson Andreoli e pelo consultor Eduardo Pegorini. A IAWQ patrocinou a apresentação da Sanepar.

Desenvolvimento Tecnológico de Gestão de Redes

Levantamento de Curvas de Demanda Setoriais, Horárias e Sazonais. Iniciado trabalho de intercâmbio com a Universidade Federal do Paraná para análise e interpretação de dados.

Gecip, eng. M. J. Nielsen, Eng. Elizabeth S. Juliatto.

Projeto Biossólidos (I)

A partir de março de 2000 se inicia a reciclagem de 500 t/mês em Curitiba, evoluindo para 1.500 t/mês até novembro.

Gecip, eng. Cleverson Andreoli; USOE-CT, eng. Daniel Gonçalves

Projeto Biossólidos (II)

Planos de Reciclagem Agrícola em negociação com a Emater que dará assistência agrônômica nas cidades de Londrina, Maringá e Foz do Iguaçu.

Gecip, eng. Cleverson Andreoli; USOS-LD, eng. Kazushi Shimizu; URMA, eng. Paulo Fregadolli; URFI, tec. Deógenes Sereniski

Projeto Pesquisa Pós-Tratamento de Processos Anaeróbicos

Trabalho em parceria com a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), baseado em plantas piloto construídas na ETE Belém.

Gecip, eng. Cleverson Andreoli; USGP, eng. Décio Jurgensen; PUC -PR, prof. Miguel Aisse

Projeto Política de Propriedade Intelectual

Definição de procedimentos, mecanismos e objetivos para uma política de propriedade intelectual na Sanepar.

Gecip, Marilene Maria Lora

Visitas

Em 1999 o Gecip coordenou a recepção a delegações técnicas procedentes dos Estados Unidos, México, Bolívia, Argentina, Uruguai, França, Inglaterra, Alemanha, Itália, e Israel. Do Brasil as visitas foram procedentes de vários estados.

Autores:

Ressetti, Robinson Rolim
Thomas Soccol, Vanete
Kaskantzis Neto, Georges

APLICAÇÃO DA VERMICOMPOSTAGEM NO CONTROLE PATOGÊNICO DO COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO

O método de compostagem por pilhas estáticas aeradas, com modo positivo de aeração, associado à vermicompostagem com oligoquetas detritívoras *Eudrilus eugeniae*, foi avaliado com o objetivo de verificar sua capacidade de redução e/ou inativação de patógenos em lodo de esgoto aeróbio bruto da ETE-Belém da Região Metro-politana de Curitiba. O lodo foi com-postado com serragem nas proporções de 1:1, 1:2 e 2:1 de lodo para serragem, com base no volume, mantendo-se a umidade de 50%. O experimento foi conduzido em leitos aerados com o substrato de cada tratamento possuindo as dimensões de 1,80m de largura x 2,00m de comprimento x 0,80m de altura na parte central e 0,50m nas bordas. A escarificação do material foi realizada a cada dez dias. A temperatura nas pilhas foi acompanhada diariamente com um termômetro digital colocado a 0,50m de profundidade e para cada tratamento foram realizadas sete medidas fazendo-se a média simples. Na fase de maturação realizou-se a vermicompostagem, inoculando-se 1 kg de *E. eugeniae* m-2. Coletou-se sete amostras simples formando uma composta por tratamento para as análises para-sitológicas em três estádios: material bruto; após estágio termófilo e após a vermicompostagem. Os resultados mostram que, nas condições do experimento, ocorre redução na viabilidade de ovos de helmintos na faixa de 93 a 100% após a fase termófila e de 100% após a vermicompostagem, indicando a viabilidade técnica do processo proposto.

Introdução

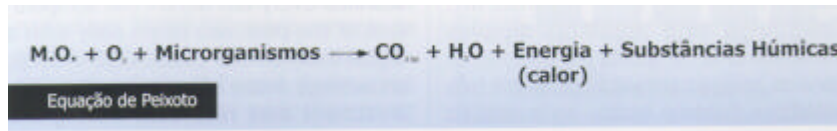
O lodo de esgoto é um biossólido resultante do tratamento de esgoto pelas empresas de saneamento. Em sua composição encontram-se elementos nutrientes e metais pesados, além de grandes concentrações de agentes patogênicos, como vírus, enterobactérias, ovos de helmintos e cistos de protozoários (ANDREOLI et al., 1994). O tipo e número de patógenos presentes no lodo de esgoto tem como variáveis a origem do esgoto, a população atendida, o tipo de tratamento a que é submetido e o lodo resultante (HAYS, 1977). Dentre os ovos de helmintos encontrados no lodo de esgoto da ETE-Belém (Curitiba-PR), ocorre a prevalência de *Ascaris* sp. (THOMAZ SOCCOL et al., 1997).

Dentre os principais impactos ambientais causado por biossólidos não reciclados, encontram-se:

- produção de odores desagradáveis;

- contaminação do solo, das águas superficiais e do lençol freático por agentes patogênicos e metais pesados;
- proliferação de organismos indesejáveis vetores de várias enfermidades, tais como roedores e insetos;
- riscos de contaminação do homem e dos animais com patógenos nele presentes por inalação, ingestão e ferimentos.

A reciclagem agrícola do lodo de esgoto é uma prática que tem sido incentivada. No entanto, para que possa ser utilizado como condicionador de solo, faz-se necessária uma higienização prévia para converter seu potencial poluidor em um insumo agrícola de grande importância para os solos agrícolas tropicais e subtropicais.



Dentre as técnicas economicamente viáveis de redução e inativação de patógenos, encontra-se a compostagem, que é um processo aeróbio controlado de decomposição biológica. Ele tem a vantagem de ser um processo de baixo custo e alta eficiência, maximizando a biodegradação do biossólido fresco, transformando-o em um produto mais estável, melhor utilizável como condicionador de solo e em condições sanitárias mais adequadas ao manuseio e aplicação no solo. Esse processo controla a produção de odores desagradáveis e atua na redução e/ou inativação de agentes patogênicos e sementes de ervas daninhas (RODA e ROGINSKI, 1983; PEREIRA NETO e STENTIFORD, 1991). Os principais aspectos relacionados com o alto rendimento desse processo são o modo de aeração, a temperatura (duração do estágio termófilo), o teor de umidade, a relação C/N, o pH, o tamanho das partículas e a inoculação (PEREIRA NETO e CUNHA, 1995). A equação de PEIXOTO (1988) dá uma idéia do bom desenvolvimento do processo de compostagem.

O método de compostagem por pilhas estáticas aeradas, com modo positivo de aeração, permite a manutenção de um elevado grau de uniformidade e controle das temperaturas internas das pilhas em relação ao modo negativo de aeração e ao sistema Windrow, otimizando o processo (PEREIRA NETO, 1987).

A vermicompostagem também se apresenta como uma técnica de higienização e humificação de biossólidos, sendo resultado da ação combinada de minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo, sendo uma forma de biotecnologia aplicada ao meio ambiente (AQUINO et al., 1992). Os microrganismos fazem parte da rede alimentar das minhocas, proporcionando maior segurança sanitária ao produto final, fundamentalmente, com relação à enterobactérias patogênicas. Dessa maneira, a vermicompostagem na fase de maturação do composto é uma técnica adicional para o controle de patógenos primários (normalmente presentes em resíduos sólidos orgânicos) e secundários (que crescem e se desenvolvem durante o processo). Por essa razão, são reduzidos os riscos advindos de sua aplicação agrícola, além de diminuir o período de duração dessa fase em torno de 20% (FINOLA et al., 1995). As substâncias húmicas do vermicomposto e do solo também apresentam características similares entre si, devido ao caráter aromático de ambas (DEIANA et al., 1990).

O presente trabalho tem como objetivos avaliar o método de compostagem por pilhas estáticas aeradas, com modo positivo de aeração, na higienização do lodo de esgoto e o papel da Oligoqueta edáfica (minhoca) detritívora *Eudrilus eugeniae* (KINBERG, 1867) na fase de maturação do composto de lodo de esgoto.

Materiais e métodos

Realizou-se esta pesquisa no período de março a agosto de 1997 em Araucária, Região Metropolitana de Curitiba (PR), utilizando-se o método de compostagem por pilhas estáticas aeradas com modo positivo de aeração e a minhoca *Eudrilus eugeniae* (KINBERG, 1867) na vermicompostagem.

Foram realizados três tratamentos em um leito aerado, com cada tratamento possuindo as dimensões de 1,80m de largura x 2,00m de comprimento x 0,80m de altura na parte central e 0,50m nas bordas, utilizando-se o lodo de esgoto aeróbio bruto oriundo da ETE -Belém e serragem (pinus ou eucalipto) nas proporções 1:1 (tratamento 1), 1:2 (tratamento 2), e 2:1 (tratamento 3), respectivamente, com base no volume. A serragem foi utilizada como material estruturante, devido às características físicas e químicas do lodo de esgoto, visando assegurar uma porosidade adequada e elevação da relação C/N, que no lodo é ao redor de 6:1 (SANEPAR, 1997).

O ar era injetado pela base do canteiro em ciclos de 2 minutos de aeração e 18 minutos de intervalo. A umidade foi mantida durante o todo o período de compostagem ao redor de 50% (m/m). A temperatura média na pilha, medida diariamente com um termômetro digital, foi determinada a uma profundidade de 0,50m em 7 pontos distintos para cada tratamento, fazendo-se a média simples. A temperatura ambiente foi determinada com termômetro de bulbo de mercúrio em uma pequena estação meteorológica presente no local.

Foram realizadas análises bacteriológicas e parasitológicas em três estádios distintos do processo: no material bruto, após fase termófila e após vermicompostagem. Para a realização das análises bacteriológicas (coliformes totais e fecais) e parasitológicas (ovos de helmintos), coletou-se 7 amostras simples para cada tratamento que, após homogeneizadas, formaram a amostra composta analisada.

As análises bacteriológicas tiveram um papel indicativo da viabilidade dos ovos de helmintos (HAY et al., 1984 citado por HAY, 1996). Dessa forma, homogeneizou-se as amostras obtidas em cada estádio de oxidação avaliado, obtendo-se uma amostra representativa da massa como um todo. Para as análises parasitológicas, obtiveram-se 3 amostras em cada estádio avaliado. As análises de coliformes totais e fecais foram realizadas de acordo com a técnica de tubos múltiplos (CETESB L5.202) e as parasitológicas (quantificação e estudo da viabilidade de ovos de helmintos) seguiram a metodologia proposta por YANKO (1987) citado por EPA (1992), sendo as últimas processadas em triplicata.

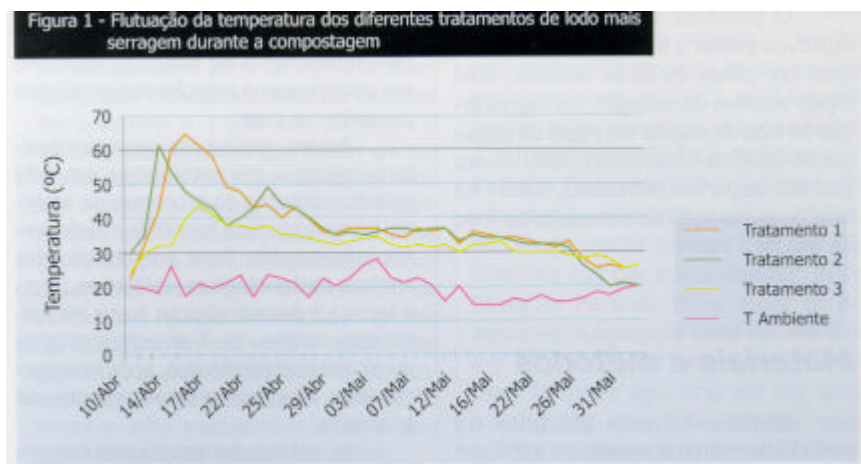
A vermicompostagem foi realizada no mesmo local que a compostagem após a fase termófila. Das dimensões iniciais, houve diminuição apenas da altura, devido à redução dos sólidos voláteis, sendo nivelada ao redor de 0,40m em todos os tratamentos.

Inoculou-se 1 kg da minhoca *E. eugeniae* por metro quadrado de composto, nos diferentes tratamentos, após desligar-se a aeração. Durante o período da vermicompostagem, manteve-se a umidade do substrato ao redor de 50% (m/m). Concluída essa fase, coletou-se amostras e realizou-se as análises conforme descrito anteriormente.

Resultados e discussões

1. Temperatura

Na Figura 1, observa-se a evolução da temperatura dos diferentes tratamentos de lodo mais serragem no processo de compostagem. Nos tratamentos 1 e 2, a temperatura máxima atingida foi de 65°C e 62°C, respectivamente. Entretanto, o estágio termófilo teve pequena duração (7 e 5 dias) devido, provavelmente, à limitação do teor de carbono disponível, apesar do teor total da serragem ser bastante elevado (C/N > 500). Isso deve-se ao fato do componente principal da serragem ser a lignina, que compreende entre 17 e 33% da madeira, sendo um complexo polímero aromático de grande resistência à decomposição. Sua principal função é a cimentação física e química de componentes polissacarídeos nas paredes das células vegetais, tendo como microrganismos principais que fazem sua lenta degradação fungos do gênero *Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus* e bactérias do gênero *Pseudomonas* (HI-GUCHI, 1980). Dessa forma, ocorre a formação e volatilização de compostos amoniacais, reduzindo drasticamente o teor de N na massa (RODA e ROGINSKI, 1983; PEIXOTO, 1988).



O tratamento 3 atingiu a temperatura máxima de 44 °C, devido às pequenas dimensões das partículas do lodo. Por essa razão, não houve oxigênio suficiente para a plena atividade dos microrganismos termófilos, entre eles bactérias termófilas aeróbias heterotróficas do complexo *Bacillus stearothermophilus*. Dessa maneira predominam os mesófilos, cujo metabolismo não produz altas temperaturas.

2. Análises bacteriológicas

Foram realizadas três análises bacteriológicas. Uma primeira análise serviu para caracterizar o lodo de esgoto saído do processo de digestão aeróbio seguido de um processo de prensagem. Nessa condição, o lodo apresentava coliformes totais e fecais (em NMP/100g) na ordem de $8,4 \times 10^8$ e $4,7 \times 10^8$, respectivamente. A segunda análise consistiu na observação desses agentes após a fase termófila, onde verifica-se uma nítida redução, principalmente, com relação aos indicadores coliformes fecais, apresentando $3,9 \times 10^4$ NMP/100g. Esse resultado é devido, basicamente, à temperatura ter-se elevado acima de 60°C nos tratamentos 1 e 2 (Figura 1). A terceira análise foi realizada após a vermicompostagem na fase de maturação, mostrando uma redução significativa nos indicadores (>200 NMP/100g). Esse resultado é devido à ação bacteriostática e bactericida das oligoquetas edáficas detritívoras, essencialmente, sobre enterobactérias gramnegativas (FINOLA et al., 1995).

3. Análises parasitológicas

A pesquisa de ovos de helmintos teve como objetivo conhecer a fauna parasitária presente no lodo de esgoto oriundo de processo de tratamento biológico aeróbio e acompanhar a inativação dos ovos de helmintos promovida pelo processo de compostagem seguido de vermicompostagem. No lodo digerido aeróbio bruto, verificou-se em média 9,19 ovos de helmintos viáveis/grama de matéria seca, sendo que *Ascaris* sp. representava 85% dos ovos presentes. Observou-se ainda ovos de *Trichuris* sp., *Hymenolepis nana*, *H. diminuta* e *Toxocara* sp.. Após o estágio termófilo (dia 57), houve a redução de 93% e 100% na viabilidade dos ovos nos tratamentos 1 e 2, respectivamente (Figura 2). Ovos de *Ascaris lumbricoides* são inativados em menos de uma hora a temperaturas acima de 50°C (EPA, 1979 citado por TCHOUBANOGLIOUS et al., 1993). O tratamento 3 não atingiu o estágio termófilo. Entretanto, a baixa temperatura permaneceu por um período relativamente longo (57 dias), determinando a redução significativa da viabilidade dos ovos de helmintos (98%) (HAUG, 1993 citado por HAY, 1996). Dessa forma, os compostos dos tratamentos 2 e 3 apresentam-se higienizados para o uso agrícola segundo FERNANDES et al. (1999) (< 0,25 ovos de helmintos viáveis/g matéria seca).

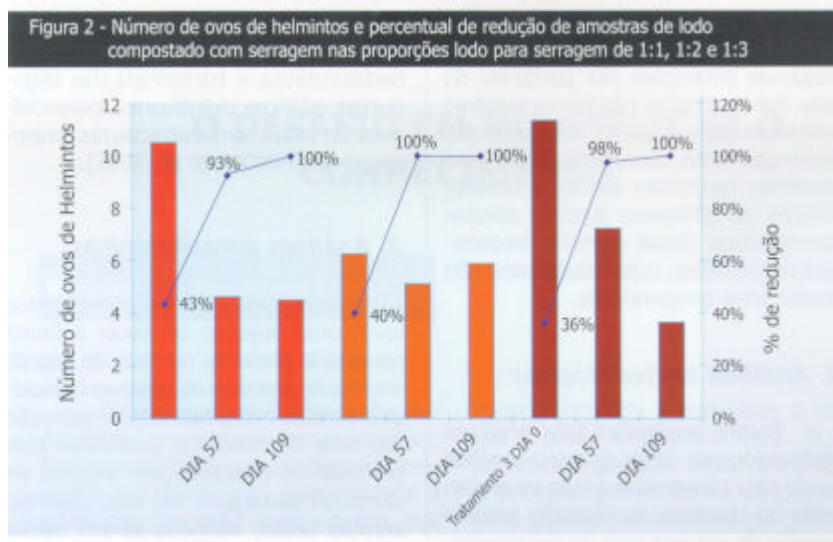
Os resultados obtidos nas análises parasitológicas (Figura 2, acima) estão de acordo com os do grupo coliforme (Tabela 1), uma vez que a redução da viabilidade de ovos de parasitos e coliformes fecais na última amostragem (109 dias) em relação à primeira (dia 0) foi de 100%. Como pode-se observar na Figura 2, após o término da vermicompostagem (amostra de 109 dias) houve a redução de 100% na viabilidade dos ovos de helmintos nos tratamentos 1 e 3. Sendo assim, os vermicompostos dos tratamentos 1, 2 e 3 podem ter utilização agrícola no Estado do Paraná com relação ao aspecto sanitário (FERNANDES et al., 1999), uma vez que não se avaliou os teores de metais pesados e de mineralização do material.

Os ovos tiveram sua inativação total após a vermicompostagem. Esse resultado é devido à grande redução na concentração do oxigênio livre no meio (em torno de 30 vezes inferior a da fase termófila, segundo DIAZ et al., 1993), uma vez que as reações bioquímicas mais intensas já cessaram e não se promove mais a aeração do substrato. O embrionamento dos ovos necessita de oxigênio e depois da larva infectante estar formada, esta apresenta maior resistência a condições adversas (REY, 1991). Esse é o fato principal causador da inativação dos ovos, uma vez que o pH (4,48 a 5,40), a umidade (50%) e a temperatura (20°C) não foram fatores limitantes, apesar de não mostrarem-se ideais. Por outro lado, os ovos que continham larvas viáveis restantes da fase termófila (*Asca-ris* sp. no estágio L3) e que foram ingeridos pelas oligoquetas, liberaram as larvas em seu interior, apesar de não se ter realizado o exame parasitológico das minhocas para comprovar esse fato. A quitinase decompõe a camada quitinosa dos ovos, a qual exerce proteção contra fatores mecânicos, e outras enzimas do trato digestivo das minhocas, como protease que hidroliza a camada albuminosa dos ovos e esterase, que atua sobre a membrana vitelina, terminam a liberação das larvas. Estas permanecem nos tecidos, celoma e hemocele em um estágio de latência (EDWARDS e FLETCHER, 1988; FORTES, 1997). Dessa maneira, as larvas mantêm-se infectivas até atingir o hospedeiro final por meio da predação natural na rede alimentar onde tornam-se adultas. Esse transporte larvário é denominado paratenose (PESSÔA e MARTINS, 1988) e os analídeos não são afetados por esse tipo de associação.

TABELA 1- Avaliação de coliformes total (CT) e fecal (CF) em amostras de lodo submetidas aos processos de compostagem e vermicompostagem (em NMP/100g)

DATA*	ESTADO	RESULTADOS
09/04/97 (dia 0)	material bruto	CT $8,4 \cdot 10^4$ CF = $4,7 \cdot 10^4$
02/06/97 (dia 57)	material após fase termófila	CT = $2,8 \cdot 10^4$ CF = $3,9 \cdot 10^4$
28/07/97 (dia 109)	material após vermicompostagem	CT = $2,69 \cdot 10^4$ CF < 200

* a data refere-se à coleta do material.



As oligoquetas edáficas são hospedeiros paratênicos de helmintos parasitas encontrados no lodo de esgoto e em dejetos animais. As principais famílias de nematóides associadas às minhocas são *Ascarididae* (que inclui *Ascaris* sp.), *Dioctophymatidae*, *Diplogasteridae*, *Diplonematoidea*, *Heterakidae*, *Mer-mithidae*, *Metastrongylidae*, *Rhabditiae*, *Syngamidae*, *Thelastomatidae* e *Tri-churidae* (POINAR, 1978). No interior das minhocas, as larvas podem ser transportadas às camadas mais profundas do solo e/ou áreas mais apropriadas horizontalmente, de acordo com o nicho ecológico das oligoquetas, durante o inverno ou estações de seca, sendo protegidas contra fatores físicos adversos. Nos períodos quentes ou chuvosos, as minhocas retornam à superfície, podendo ser ingeridas por seus predadores, dessa forma retornando a fonte de infecção (RYSAVÝ, 1969; BARNES, 1990). RYSAVÝ (1969) cita que minhocas, moluscos, insetos e artrópodos são hospedeiros de reserva de helmintos, por não serem parte essencial de seu ciclo. JAKOVLJEVIC (1975) citado por SABINE (1983) afirma que minhocas são importantes na dispersão natural do nematóide *Ascaris suum* em suínos. O estágio cisticercóide de *Taenia cuneata* foi encontrado por MAGALHÃES (1905) citado por STEPHENSON (1930) nas minhocas *Eisenia fetida* e *Amyntas* spp. no Rio de Janeiro.

THOMAZ SOCCOL (1998) cita que, dentre os parasitas patogênicos, *Taenia solium* (LINEU, 1758) é o que merece maior atenção, devido ao seu ciclo evolutivo estar associado ao homem (hospedeiro definitivo) e suínos (hospedeiro intermediário), sendo uma zoonose de alta incidência na América Latina. Apenas um ovo de helminto ou cisto de protozoário é suficiente para infectar o hospedeiro. A via de infecção é oral, podendo ser direta por meio do manuseio de solo ou vegetais contaminados ou indireta, por meio da ingestão de água ou de vegetais contaminados. Por essa razão, faz-se necessária a higienização prévia do biossólido para sua utilização agrícola.

A temperatura não tem distribuição totalmente uniforme no interior da massa em compostagem. As regiões de menor temperatura são, principalmente, a base da pilha por

apresentar o menor espaço poroso (compactação) e sofrer a maior oxigenação (região de maior contato com os tubos de aeração) e a camada superficial da mesma, por apresentar as maiores trocas gasosas com o meio (troca de calor) (PEREIRA NETO, 1988). Por essa razão, a vermicompostagem é um método complementar seguro de ampliação no controle de organismos patogênicos no processo de compostagem. As oligoquetas ingerem quase totalmente o substrato disponível sem promover uma grande aeração do meio (não constróem túneis), devido à natureza de seu nicho ecológico, sendo retiradas após o término dessa fase. As oligoquetas edáficas detritívoras também reduzem o período de duração da fase de maturação ao redor de 20% (FINOLA et al., 1995), diminuindo, dessa maneira, a área do pátio de compostagem.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- compostagem pelo método de pilhas estáticas aeradas com modo positivo de aeração foi eficiente na redução significativa da viabilidade dos ovos de helmintos do lodo de esgoto após a fase termófila;

- vermicompostagem com a oligoqueta detritívora *E. eugeniae* na fase de maturação reduziu em 100% a viabilidade dos ovos de helmintos remanescentes no composto de lodo de esgoto.

Agradecimentos

Manifestamos nossos agradecimentos a: Rosângela Clara Paulino e Edilene Alcântara de Castro, professores assistentes de Parasitologia, e Juliana Tacz, técnica em laboratório, do Departamento de Patologia Básica (Setor de Ciências Biológicas) da UFPR, pela colaboração técnica e ao eng. agrônomo Cícero J. Bley Jr., diretor-presidente da empresa Ecoltec Consultoria Ambiental S/A, pela oportunidade de realização do experimento.

Referências bibliográficas

ANDREOLI, C.V.; SOUZA, M.L. de P.; COMIM, J.J. et al. Bases para o uso agrícola do lodo de esgoto da ETE-Belém. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (6. : 1994: Florianópolis, SC). **Anais...** Rio de Janeiro : ABES, 1994. p.389-419.

AQUINO, A.M.; ALMEIDA, D.L.; SILVA,V.F. Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem. **Centro Nacio-nal de Pesquisa em Agrobiologia**, Itaguaí, n. 8, p. 1-6, 1992. Comunicado técnico

BARNES, R.D. Classe *Oligochaeta*. In: **Zoologia de invertebrados**. 4. ed. São Paulo :

Rocco, 1990. p. 568-590.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Coliformes totais e fecais**: determinação do número mais provável pela técnica dos tubos múltiplos. Método de ensaio. São Paulo : CETESB, 1986. 40p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná** . Curitiba: SANEPAR, 1997. 96p.

DEIANA, S.; GESSA, C.; MANUNZA, B. et al. Analytical and spectroscopic characterization of humic acids extracted from sewage sludge, manure, and wormcompost. **Soil Sci.**, Baltimore, v.150, p. 419-424. 1990.

DIAZ, L.F.; SAVAGE, G.M.; EGGERTH, L.L. et al. Composting. In: **Composting and recycling municipal solid waste** . Boca Raton CRC, p. 121-174. 1993.

EDWARDS, C.A.; FLETCHER, K.E. Interactions between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown. **Agriculture, Ecos-systems and Environment** , Amsterdam, v.24, p. 235-247. 1988.

FERNANDES, F.; LARA, A.I.; ANDREOLI, C.V. et al. Normatização para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto. In: **Reciclagem de biossólidos**: transformando problemas em soluções. Curitiba: SANEPAR/FINEP/PADCT-CIAMB, 1999. p. 263-291.

FINOLA, M.; RODRIGUEZ, C.; BEOLETTO, V. Bacteriologia gastrointestinal de la lombriz *Eisenia foetida* cultivada em cama de pollos parrilleros compostada. **Revista Argentina de Microbiologia** , Buenos Aires, v.27, n.04, p. 210-213, 1995.

FORTES, E. Helminologia. In: **Parasitologia veterinária** . 3. ed.. São Paulo : Ícone, 1997. p. 153-428.

HAY, J.C. Pathogen destruction and biosolids composting. **BioCycle**, Emmaus, v.37, n.06, p. 67-72; 74-76. 1996.

HAYS, B.D. Potential for parasitic disease transmission with land application of sewage sludge plant effluents and sludges. **Water Research**, Oxford, n.11, p. 583-595. 1977.

HIGUCHI, T. Lignin structure and morphological distribution in plant cell walls. In: KIRK, T.K.; HIGUCHI, T.; CHANG, H. **Lignin biodegradation**: microbiology, chemistry and potential applications. v. 1. Boca Ra-ton: CRC, 1980. p. 1-19.

PEIXOTO, R.T.G. **Compostagem**: opção para o manejo orgânico do solo. Ponta Grossa, Pr. : IAPAR, 1988. 48p. Circular n.57.

PEREIRA NETO, J.T. Avaliação do desempenho de três modos de ae-ração para sistemas de compostagem em pilhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (14.: 1987: São Paulo). **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1987. p.146-163.

PEREIRA NETO, J.T. Monitoramento da eliminação de organismos patogê-nicos durante a compostagem do lixo urbano e do lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. **En-genharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 149-152. 1988.

PEREIRA NETO, J.T.; CUNHA, W.G. Influência da inoculação de composto orgânico maturado no período de compostagem de resíduos orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (18. : 1995: Salvador). **Anais...** Rio de Janeiro : ABES, 1995.

PEREIRA NETO, J.T.; STENTIFORD, E.I. Aspectos epidemiológicos na compostagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (16. : 1991: Goiânia). **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1991. p. 38-53.

PESSÔA, S.B.; MARTINS, A.V. Introdução à parasitologia. In: **Parasitologia médica** . 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. p. 2-14.

POINAR, G.O. Associations between nematodes (*Nematoda*) and Oligo-chaetes (*Annelida*). **Proc. Hel-minthol. Soc. Wash.**, Lawrence, v.45, n.02, p. 202-210. 1978.

REY, L. *Ascaris lumbricoides* e Ascariase. In: **Parasitologia**. 2. ed. Rio de Janeiro :

Guanabara, 1991. p. 485-496.

RODA, L.S.A.; ROGINSKI, E.C. **Compostagem de lodo secundário com rejeitos orgânicos**. Curitiba: SUREHMA/SANEPAR, 1983. 62p.

RYSAVY, B. *Lumbricidae*: an important parasitological factor in helminthoses of domestic and wild animals. **Pedobiologia**, Jena, v.9, p. 171-174. 1969.

SABINE, J.R. Earthworms as a source of food and drugs. In: SATCHELL, J.E. **Earthworm ecology**: from Darwin to vermiculture. 1. ed. London : Chapman and Hall, 1983. p.285-296.

STEPHENSON, M.B.J. The oecology and manner of life of the oligochaeta. In: **The oligochaeta**. Oxford: University Press, 1930. p.606-656.

TCHOUBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. **Integrated solid waste management**: Engineering principles and management issues. New York : McGraw-Hill, 1993. 978p.

THOMAZ SOCCOL, V. Aspectos sanitários do lodo de esgoto. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BÍOSSÓLIDOS DE MERCOSUL (1. : 1998 : Curitiba). **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.65-72.

THOMAZ SOCCOL, V.; PAULINO, R.C.; CASTRO, E.A. et al. Eficácia dos diferentes processos de tratamento do lodo na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Sanare**, Curitiba, v. 8, n. 8, p. 24-32. 1997.

YANKO, W.A. Occurrence of pathogens in distribution and marketing municipal sludges. In: EPA. **Environmental regulation and technology**: control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Rapport U.S. EPA 625/R-92/13, 149.1992.

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE AGROTÓXICOS ENCONTRADOS NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO NAS REGIÕES DE CURITIBA E LONDRINA

Para um controle de qualidade da água é necessário o monitoramento de diversos indicadores, entre eles a avaliação dos resíduos de agrotóxicos. No Brasil, vigora a Portaria 36/Bsb/90 do Ministério da Saúde, que exige a análise de um conjunto de agrotóxicos que no entanto, inclui apenas um dos 20 ingredientes ativos mais usados no Estado do Paraná. A partir destas constatações, realizou-se um estudo com o objetivo de verificar a adequação dos indicadores definidos pela Portaria. A metodologia utilizada foi o levantamento dos níveis de agrotóxicos a partir de 2.612 análises realizadas nos laboratórios da Sanepar de Londrina e 1.539 em Curitiba. O trabalho demonstrou que foram encontrados resíduos em 32 amostras, contudo em nenhuma destas amostras foram encontrados resíduos acima do nível permitido pela Portaria 36/Bsb/90. Esses resultados evidenciam a inequação da norma em relação à realidade agrícola do Estado do Paraná, pois a maioria dos agrotóxicos defendidos para o monitoramento já está proibida há mais de 10 anos e não pertencem à lista dos agrotóxicos mais usados no Estado.

Introdução

A agricultura intensiva desenvolvida no Estado do Paraná apresenta diferentes impactos ambientais na qualidade da água. É necessário, portanto, o monitoramento de diversos indicadores de qualidade e entre eles a avaliação de resíduos de agrotóxicos.

A Portaria 36/Bsb/90 exige que um conjunto de agrotóxicos sejam analisados neste monitoramento, porém, a legislação não inclui os agrotóxicos mais comercializados no Estado do Paraná. Assim, o monitoramento recai em alguns produtos que não são mais utilizados na agricultura, enquanto que, outros de grande expressão comercial não são analisados, por não estarem previstos na legislação.

Este trabalho consiste na avaliação estatística descritiva dos resíduos encontrados no monitoramento realizado pela Sanepar nos laboratórios de Curitiba e Londrina entre os anos 1994 e 1998 com o objetivo de verificar a adequação dos indicadores testados.

Revisão bibliográfica

De acordo com PASCHOAL (1979) os primeiros produtos empregados no País para o controle de pragas foram os de origem mineral e os botânicos. O primeiro inseticida orgânico - sintético a ser usado foi o DDT, introduzido no Brasil em fins de 1943, sob a denominação de Gesarol. A partir de 1946-47 outros produtos como o BHC e o Paration etílico foram introduzidos e usados nas lavouras.

O Brasil se tornou o terceiro consumidor mundial de agrotóxicos, sobre uma estrutura institucional precaríssima, em termos de legislação, pesquisa, fiscalização, comercialização, formação, ética profissional e extensão rural. (PASCHOAL, 1983).

Os Estados em que o impacto dos praguicidas parece ser mais acentuado, ou pelo menos de que se tem maiores informações, são Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná (PASCHOAL, 1979). No Estado do Paraná, esse consumo tem aumentado significativamente e de forma mais expressiva em cinco culturas principais: batata, cana-de-açúcar, soja, citros e tomate. Segundo o IBGE (1993) o total aplicado nas culturas mencionadas ultrapassou sessenta mil toneladas de agrotóxicos.

Dados gerais indicam que o consumo total de agrotóxicos no país foi de 151,8 mil toneladas de produtos formulados em 1989 (FUTINO & SILVEIRA, 1991). O consumo de agrotóxicos, expresso em quantidades de ingrediente ativo passou de 16 mil toneladas em 1964 (RUEGG et al, 1987) para 60,2 mil toneladas em 1991 (FUTINO & SILVEIRA, 1991; GELLNER, 1993)

ANDREOLI & FERREIRA (1998) afirmaram que o Estado do Paraná apresenta mais de 400 ingredientes ativos distribuídos em aproximadamente 700 marcas comerciais. Do total de ingredientes ativos, apenas 20 recebem monitoramento pela representação oficial (Portaria 36/ Bsb), porém, o controle desses agrotóxicos é ineficiente e não condiz com a realidade, pois destes, apenas 5 ainda são comercializados no Estado. Desta forma o monitoramento recai em alguns produtos que não são mais comercializados, pois estão proibidos no Estado desde a década de 80.

O comportamento da qualidade das águas internas do Paraná por agrotóxico, foi demonstrado em levantamento realizado pela Surehma (1984) que verificou uma média de 70% das amostras com resíduos na água tratada; 91,4% de amostras com resíduos em 9 bacias de água in natura e 87,5% das amostras exibiram resíduos em 6 bacias analisadas em mananciais não utilizados para abastecimento urbano.

De acordo com a Portaria 36/Bsb da Secretaria da Saúde os ingredientes ativos que devem ser monitorados no Brasil são Aldrin, BHC, Chlordano, DDD (TDE), DDE, DDT, Dieldrin, Endosulfan, Endrin, HCB, Heptacloro, Lindane (BHC), Metoxicloro, Toxafeno (Campheclor), Dysiston (Disulfaton), Ethion, Malathion, Metil-Parathion, Naled, Parathion, Phosdrin (Mesinphos), Vapona (Diclor-vos). Para a verificação das características de qualidade química da água no sistema de abastecimento público, a frequência mínima prevista de amostragem é feita semestralmente. A tabela 1 indica os valores máximos permitidos de ingredientes ativos na água de consumo.

Tabela 1 - Ingredientes Ativos permitidos na qualidade da água pela Portaria 36/Bsb/90

CARACTERÍSTICAS	VMP($\mu\text{g/l}$) *
Aldrin e Dieldrin	0,03
Benzeno	10
Benzo-a-pireno	0,01
Clordano (Total de Isômeros)	0,3
DDT (p-p'DDT; o-p'DDT; p-p'DDE; o-p'DDE)	1
Endrin	0,2
Heptacloro e Heptacloro epóxido	0,1
Hexaclorobenzeno	0,01
Lindano (Gama HCH)	3
Metoxicloro	30
Pentaclorofenol	10
Tetracloroeto de Carbono	3
Tetracloroetano	10
Toxafeno	5,0
Tricloroetano	30
Trihalometanos	100
1,1 Dicloroetano	0,3
1,2 Dicloroetano	10
2,4 D	100
2,4,6 Triclorofenol	10

* VMP - Valor Máximo Permitido
Fonte: Ministério da Saúde, 1990

ANDREOLI & FERREIRA (1998), constataram que os agrotóxicos definidos na Portaria 36/Bsb/90 para o controle da qualidade da água não são os mais utilizados no Estado do Paraná. Assim, para se buscar alternativas mais eficazes no controle de agrotóxicos o autor propõe o controle desses resíduos, através dos 5 mais utilizados em cada bacia, considerando a sazonalidade agrícola.

Nos últimos anos houve uma queda nítida no consumo dos agrotóxicos motivada principalmente pela desvinculação de algumas políticas creditícias, que estimulavam a utilização daqueles produtos, o Receituário Agrônomo, maior racionalização e conhecimento do uso dos produtos por parte do agricultor, práticas biológicas de controle de pragas, dentre outras (PARANÁ, 1986).

PASCHOAL (1979), afirmou que a contaminação da água resulta da aplicação direta, de partículas trazidas pelas enxurradas ou pela deriva dos produtos aplicados e por meio de despejos industriais. Afirmou ainda que as águas superficiais contêm a maior fração de agrotóxicos e é distribuída em diversos espaços geográficos onde a preservação do ambiente aquático depende de práticas adequadas. Segundo LANGENBACH (1996), para a preservação das águas é necessário implementar práticas agrícolas mais adequadas ao uso de agrotóxicos.

O segundo desafio é tornar estas práticas obrigatórias e garantir a difusão destas informações de forma a garantir a sua efetiva realização.

Os impactos ambientais nos recursos hídricos gerados pelas atividades agrícolas, não podem ser dissociados dos impactos nas próprias áreas de produção, devendo seu monitoramento e as medidas preventivas, estarem sempre integradas de uma forma sistêmica (ANDREOLI, 1993).

O convívio com agrotóxicos está incluído na rotina diária da população rural e da população urbana, que consome muitas vezes, inconscientemente alimentos e água com os resíduos destes produtos (MEDEIROS, 1988).

Segundo dados do Instituto de Saúde do Paraná (1999) em levantamento do número de intoxicações por agrotóxicos no Estado do Paraná de 1995 a 1999, o ano de 1995 apresentou 814 casos, conforme pode ser observado na figura 1. Os dados referentes aos anos de 1998 e 1999 são parciais e, portanto, não se pode afirmar que haja uma tendência de decréscimo do número de intoxicações por agrotóxicos, sendo hoje considerados a 2.^a causa de intoxicação no Brasil, ficando abaixo apenas das intoxicações por medicamentos (Instituto de Saúde do Paraná, 1999).

A principal causa de intoxicação por agrotóxicos é ocasionada pela contaminação dos aplicadores, seguida de suicídios e por contaminação acidental. A frequência de contaminantes por meio de alimentos foi de 0.96% em 1997 e 0.5% em 1998, e a contaminação por poluição ambiental foi de 0.3 % em 1997 e 0.2% em 1998, conforme apresentado na tabela 2.

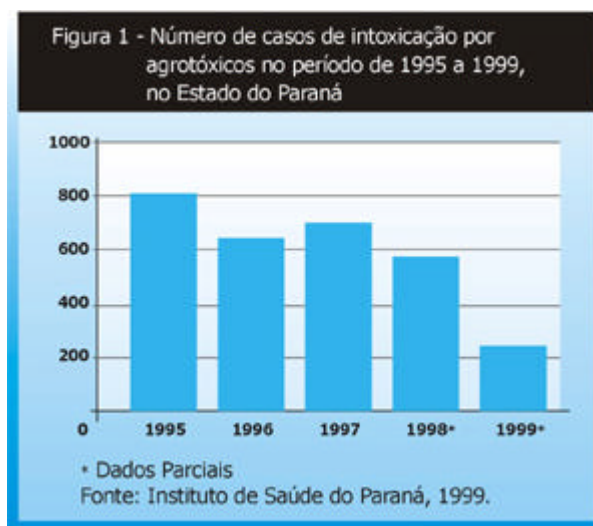


Tabela 2 - Frequência e causa de intoxicação por agrotóxicos no Estado do Paraná nos anos de 97 e 98

Causa	1997		1998	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Acidental	127	17,9%	94	16,5%
Alim. c/ agrotóx.	4	0,6%	3	0,5%
Criminosa	4	0,6%	3	0,5%
Indeterminada	13	1,8%	5	0,9%
Outra	3	0,4%	3	0,5%
Poluição Ambient.	2	0,3%	1	0,2%
Profissional	354	49,9%	274	48,1%
Suicídio	203	28,6%	187	32,8%
Total	710	100,0%	570	100,0%

Fonte: Instituto de Saúde do Paraná, 1999.

Tabela 3 - Casos de intoxicação por alimentos no Estado do Paraná, entre os anos de 1994 a 1998

Ano	1994	1995	1996	1997	1998	Total
N.º total de amostras	83	34	24	44	27	212
N.º total de amostras com resíduos	5	0	5	17	15	42
N.º de amostras com resíduos acima do limite	0	0	0	2	0	2

Fonte: Instituto de Saúde do Paraná, 1999.

Foram realizadas um total de 212 análises de resíduos de agrotóxicos em alimentos num período de 1994 a 1998. Apenas no ano de 1997 foram encontradas duas amostras acima do nível permitido, representado 0,94%. De todas as análises realizadas, 20,75% do total continham resíduos, conforme mostra a Tabela 3 (Instituto de Saúde do Paraná, 1999).

Materiais e métodos

O levantamento dos níveis de agrotóxicos encontrados na água de abastecimento, tanto tratada como in natura, foi realizado a partir de dados dos laboratórios da Sanepar relativos aos anos de 1994 até 1998 do Estado do Paraná, onde foram realizadas 4.370 análises de resíduos de agrotóxicos, para monitoramento de qualidade de água.

As análises dos grupos organoclorados e fosforados e ingrediente ativo trifluralina foram realizadas pelo método da cromatografia gás com um detector de captura de elétrons (STANDARD METHODS, 1995).

Resultados e discussão

Curitiba

No laboratório da Sanepar em Curitiba, entre 1994 e 1998 foram realizadas 219 análises de água tratada e 1539 in natura dando um total de 1.758 análises. Os agrotóxicos pesquisados foram: Aldrin, BHC, Clordano, DDD, DDE, DDT, Dieldrin, Endosulfan, Endrin, HCB, Hepta-cloro, Lindano, Metoxicloro, Mirex, Toxafeno, Dysiston, Ethion, Malathion, Metil Parathion, Naled, Parathion, Phosdrin e Vapona. Em 100% das análises realizadas não foram encontrados quaisquer níveis de agrotóxicos, como pode ser visto na tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de agrotóxicos encontrados na água in natura e tratada do laboratório de Curitiba, entre os anos de 1994 e 1998

Ano	Água in natura			Água tratada		
	N.º de análises totais	N.º de análises com agrotóxicos	% encontrada	N.º de análises totais	N.º de análises com agrotóxicos	% encontrada
1994	39	0	0	102	0	0
1995	32	0	0	95	0	0
1996	45	0	0	183	0	0
1997	33	0	0	659	0	0
1998	70	0	0	500	0	0
Total	219	0	0	1539	0	0

Londrina

No laboratório da Sanepar em Londrina foram analisadas 1966 amostras na água tratada e 646 na água in natura, perfazendo um total de 2.612 amostras. Destas foram encontrados resíduos em 0,966% na água tratada e 2,012% na água in natura, como mostra a tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade de agrotóxicos encontrados na água in natura e tratada da região de Londrina no período de 1994 a 1998

Ano	Água in natura			Água tratada		
	N.º de análises totais	N.º de análises com agrotóxicos	% encontrada	N.º de análises totais	N.º de análises com agrotóxicos	% encontrada
1994	104	1	0,961%	281	4	1,423%
1995	156	8	5,128%	306	1	0,327%
1996	170	2	1,176%	317	1	0,315%
1997	99	0	0%	450	3	0,667%
1998	117	2	1,709%	612	10	1,634%
Total	646	13	2,012%	1966	19	0,966%

As cidades analisadas no laboratório de Londrina, onde foram encontrados resíduos são: São Pedro do Paraná, Vila Guarani, Lovat, Apucarana, Santa Elisa, Rondon, Umuarama, Planaltina do Paraná, Água Boa, Santa Mariana, Wenceslau Braz, Arapongas, Cerrado Cinzas, Douradina, Jardim Indo Ivaí.

Os agrotóxicos pesquisados foram os mesmos da cidade de Curitiba, incluindo o ingrediente ativo Trifluralina. No entanto os agrotóxicos mais comercializados nesta região segundo ANDREOLI & FERREIRA (1998) são: Trifluralin, Glyphosate, Isopropilamina, Endosulfan, Metamidophos, Monocrotophos e Diuron. Seguindo propostas dos autores, o monitoramento deveria ocorrer principalmente nos agrotóxicos mais utilizados sazonalmente em cada bacia, e não apenas nos exigidos pela portaria, pois dentre os 400 ingredientes ativos mais usados no Paraná, apenas 5 são monitorados seguindo exigências da Portaria 36/Bsb/90.

O ano em que apresentou a maior frequência de agrotóxicos foi 1998, onde das 729 análises 12 apresentaram resíduos representando 1,646%, ficando todos abaixo dos níveis determinados. O ano de 1997 foi o que apresentou menor frequência, pois das 549 amostras apenas 3 apresentaram resíduos de agrotóxicos representando um total de 0,546%.

Os níveis encontrados estão representados na Tabela 6, sendo que das análises realizadas no período de 1994 e 1998 nenhum ultrapassou os níveis permitidos pela Portaria 36/Bsb/90 do Ministério da Saúde.

Tabela 6 - Agrotóxicos encontrados nas análises e seus níveis permitidos pela Portaria 36/Bsb/90 na região de Londrina entre os anos de 1994 e 1998

Ano	Princípio Ativo	Amostras com agrotóxicos	Traços de agrotóxicos	Mín - Máx	Média (µg/l)	Permitido (µg/l)
94	Heptacloro	1	-	0,005	0,005	0,1
	Lindano	1	-	0,00128	0,0013	3
	αBHC	2	-	0,0043-0,0636	0,0053	*
	βBHC	1	-	0,0021	0,0021	*
95	HCB	-	1	Traços	-	0,01
	αBHC	4	1	Traços-0,001	0,0023	*
	βBHC	3	-	0,003-0,007	0,0047	*
96	Gama Clordano	-	1	Traços	-	0,3
	βBHC	-	1	Traços	-	*
	Trifluralina	-	1	Traços	-	*
97	Lindano	2	-	0,0023-0,0048	0,0035	3
	Trifluralina	1	-	0,0041	0,0041	*
98	Lindano	4	-	0,038-0,005	0,0141	3
	Trifluralina	3	-	0,004-0,015	0,0087	*
	HCB	1	-	0,003	0,003	0,01
	αBHC	2	-	0,0027-0,015	0,0088	*
	βBHC	2	-	0,014-0,2615	0,1379	*

* não constam na Portaria 36 Bsb/90 do Ministério da Saúde

Os agrotóxicos encontrados em 5 das análises do ano de 1994 referentes a 1,299% das análises totais deste ano foram: Heptacloro, Lindano, αBHC e βBHC; o Heptacloro e o Lindano estavam abaixo do limite máximo permitido pela Portaria 36/Bsb/90, no entanto o αBHC e βBHC não são definidos por esta Portaria.

Em 1995 das 9 análises com agrotóxicos referente a 1,948%, 2 continham traços de αBHC e HCB, as demais continham resíduos de αBHC e βBHC. O resíduo de HCB está abaixo do nível máximo permitido, e os níveis de Trifluralina, αBHC e βBHC não são defendidos pela legislação.

No ano de 1996 verificou-se em 3 amostras traços de βBHC, Gama Clordano e Trifluralina representando 0,616% das análises realizadas.

No ano de 1997 verificou-se resíduos de agrotóxicos em 3 amostras representando 0,546% das análises, sendo 2 do ingrediente ativo Lindano e 1 da Trifluralina, estando as análises de Lindano abaixo do nível permitido e os níveis de Trifluralina não constam na legislação.

No ano de 1998, 10 das amostras analisadas, apresentaram resíduos de agrotóxicos, sendo encontrados os agrotóxicos Lindano, Trifluralina, HCB, αBHC e βBHC. O Lindano e o HCB estavam abaixo do nível permitido pela Portaria 36/Bsb/90, e os demais não são definidos pela Portaria 36/Bsb/90.

O ingrediente ativo Heptacloro, é um inseticida organoclorado, com uma classe toxicológica II, altamente tóxico, apresentando longa persistência no ambiente. Foi encontrado, na região de Londrina, apenas no ano de 1994, em uma amostra (SOARES E BONATELLE, 1975).

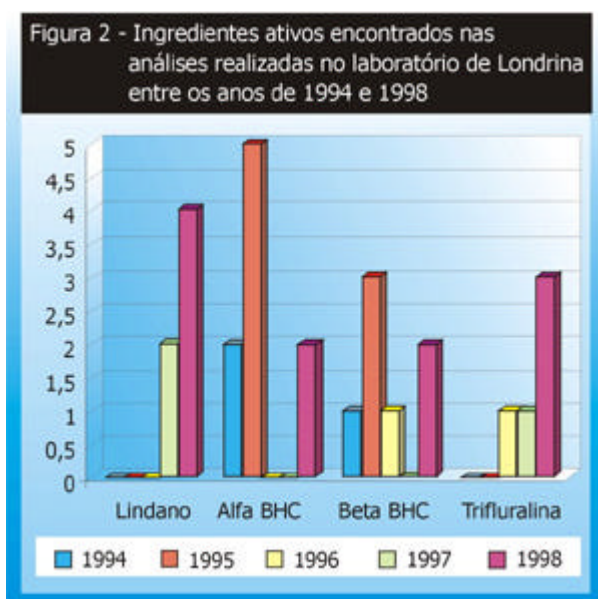
O ingrediente ativo Clordano apresenta classe toxicológica I, sendo extremamente tóxico e apresentando biodegradação lenta. Foi encontrado apenas no ano de 1996, no entanto o que se verificou foram apenas traços, sem valores significativos (SOARES E

BONATELLE, 1975).

O ingrediente ativo Lindano foi encontrado nos anos de 1994, 1997 e 1998, no entanto apresentou maior frequência no ano de 1998, como mostra a figura 2.

Os ingredientes ativos aBHC, bBHC e Lindano (isômero gama do BHC), encontrados na amostragem são classificados como inseticida organoclorado persistente com classe toxicológica I, ou seja, extremamente tóxico de difícil degradação e elevada persistência no ambiente (SOARES E BONA-TELLE, 1975). Os níveis permissíveis tanto de aBHC e bBHC, não são estabelecidos pela Portaria 36/Bsb/90.

O ingrediente ativo Trifluralina é da classe dos herbicidas, apresentando classe toxicológica III (medianamente tóxica) com persistência média no ambiente. Este somente foi encontrado nos anos de 1996, 1997 e 1998. Os níveis máximos de Trifluralina não são estabelecidos pela Portaria 36/Bsb/90 (SOARES E BONATELLE, 1975).



Os ingredientes ativos encontrados na água de abastecimento foram: aBHC, bBHC, Lindano (Gama BHC), HCB, Heptacloro, Trifluralina e Gama Clordano. Como estes produtos já estão proibidos pela legislação a ocorrência desses resíduos pode ser justificada pela alta persistência no ambiente ou pela utilização clandestina desses produtos.

Os baixos níveis de agrotóxicos encontrados não significam que não hajam resíduos, mas sim que os agrotóxicos que estão sendo analisados não representam a realidade agropecuária do Estado do Paraná.

Conclusões

No laboratório de Curitiba não foram encontrados resíduos de pesticidas em nenhuma das 1.539 amostras de água bruta e tratada realizadas entre 1994 e 1998;

Na água in natura, foram realizadas 646 análises no laboratório de Londrina, sendo encontrados resíduos em 13 análises que significam 2,012%;

Na água tratada do laboratório de Londrina foram realizadas 1.966 análises, onde foram verificados resíduos em apenas 19 amostras, que significam 0,966% de amostras realizadas;

Em nenhuma das amostras analisadas pelo laboratório de Londrina foram encontrados resíduos de agrotóxicos acima do nível permitido pela Portaria 36/Bsb/90, do Ministério da Saúde;

Os baixos percentuais de agrotóxicos encontrados evidenciam a absoluta inadequação da norma em relação à realidade agrícola do Paraná, pois não garantem que a água não apresenta problemas, pois a maioria dos produtos a serem pesquisados, definidos pela Portaria 36/Bsb, já estão proibidos há mais de 10 anos;

A identificação dos ingredientes ativos mais utilizados nas determinadas épocas de aplicação e culturas correspondentes deverá ser realizado através do Receituário agrônomo, identificando os mais utilizados na bacia hidrográfica e na sua ausência, identificá-los através dos dados de comercialização dos produtos.

O trabalho evidencia a necessidade de monitoramento dos agrotóxicos mais utilizados em cada bacia considerando a sazonalidade agrícola e não apenas a exigência da Portaria 36/ Bsb/90.

É necessário o estabelecimento de limites de tolerância para todos os princípios ativos, que sejam objeto de monitoramento.

Portanto, para se buscar alternativas mais eficazes no controle de resíduos de agrotóxicos na água, se faz necessário a adequação do sistema, viabilizando maior controle sobre as causas e efeitos de problemas reais ocasionados por alguns produtos que possam servir de indicadores, em locais e períodos do ano tecnicamente selecionados.

Agradecimentos

Ao engenheiro agrônomo da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, Carlos Wilson Pizzaia Jr. - chefe do Setor de Fiscalização às Empresas Prestadoras de Serviços Fitossanitários - pelo fornecimento dos dados.

Referências bibliográficas

ANDREOLI, C.V. **Influência da agricultura na qualidade da água**. Curitiba : OPS, 1993. 15 p.

ANDREOLI,C.V.; FERREIRA,A. C. Levantamento quantitativo de agrotóxicos como base para a definição de indicadores de monitoramento de impacto ambiental na água. **Revista SANARE**, Curitiba, v.10. n. 10.p. 30-38. 1998

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.36/Bsb**. 1990 BRITO FILHO, D. **Toxicologia humana e geral**. 2.ed. São Paulo : s.n. 1988. p.263 - 284.

FOWLER, R.B.; NIEWEGLOWSKI, A. M. A.; MEDEIROS, M.L.M.B. **Levantamento quantitativo dos principais ativos de agrotóxicos utilizados e das principais culturas agrícolas nas bacias hidrográficas do Paraná no ano de 1984.** Curitiba, SUREHMA, 1989. 93p.

FUTINO, A. M.; SILVEIRA, JM. JF. A indústria de defensivos agrícolas no Brasil. Agricultura em São Paulo, n. 38, p. 1-43, 1991. Tomo especial GOELLNER, CI. Utilização dos defensivos agrícolas no Brasil: análise do seu impacto sobre o meio ambiente e a saúde humana. São Paulo: Ed. Artgraph, 1993. 102p

GOMES, M.A.F.; SPADOTTO, C.A.; LUIZ, A.J.B.; NEVES, M.C. Método de classificação preliminar dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água no solo: subsídio à avaliação do risco de contaminação por agroquímico. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO (8. : 1996 : Águas de Lindóia, SP). **Anais...** São Paulo : S.n., 1996.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v.5, n.6, p.1-76, 1993.

MEDEIROS, M.L.M.B.; NIEWEGLEWSKI, A.M.A; FOWLER, R.B. et al. **Problemática de agrotóxicos no Paraná.** Curitiba, SUREHMA, 1988. 14 p.

PARANÁ. Instituto da Saúde. **Relatório interno.** Curitiba, 1999.

Secretaria do Meio Ambiente. **Programa Estadual de Meio Ambiente:** primeira aproximação. Curitiba, [1999?]. 62p.

PASCHOAL, A.D. Biocidas: morte a curto e a longo prazo. **Rev. Bras. Tecnol** Brasília. v. 14, n.1, p.24-40. 1983.

O ônus do modelo da agricultura industrial. **Rev. Bras. Tecnol**. Brasília, v. 14, n.1, p.17-27. 1983.

Pragas, praguicidas e a crise ambiental: problemas e soluções. Rio de Janeiro : FGB, 1979. 102 p.

RUEGG, E.F.; PUGA, F.R.; SOUZA, M.C.M.; UNGARO, M.T.S.; FER-REI-RA, M.S.; YOKOMIZO, Y.; ALMEIDA, W. Impacto do agrotóxicos sobre o ambiente e a saúde. In: MAR-TI-NE, J.; GARCIA, R.C. Os impactos sociais da modernização agrícola. São Paulo: Ed. Caetés, 1987. P. 171-207

SOARES, N. A.; BONATELLI JÚNIOR, R. Contaminação e descontaminação de ambiente por pesticidas. In: CARDOSO, E.J.B.N. **Tópicos em microbiologia do solo** . Piracicaba, SP. : S.n., 1995. p. 202 - 227.

Autores

Cleverson Vitório Andreoli

engenheiro agrônomo, mestre em Agronomia e doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento (UFPR), professor do Departamento de Solos da UFPR, coordenador do Programa de Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto e do Programa Interdisciplinar de Pesquisas de Gerenciamento de Mananciais da Sanepar

Cinthya Hoppen

acadêmica do curso de Engenharia Química/PUC-PR, estagiária do Plano Integrado de Gerenciamento de Mananciais - PADCT 3/Água na Sanepar

Andréia Cristina Ferreira

engenheira agrônoma, pesquisadora bolsista do CNPq pelo Prosab, atua no projeto Operacionalização das alternativas de secagem, desinfecção e disposição final de lodo de esgoto, da Sanepar

Isamara Sachetim Marçal Rigo

bioquímica, coordenadora da Unidade de Serviços Avaliações de Conformidades da Sanepar em Londrina

Lutero Eduardo Lucio

químico industrial, responsável pelo laboratório de análises físico-químicas da água da Sanepar em Curitiba.

O DESAFIO EM MULTIPLICAR O CONHECIMENTO

Estamos vivenciando profundas mudanças nos modelos organizacionais, principalmente no que se refere aos processos de gestão, sua aplicabilidade e resultados. Por trás deste cenário, nos deparamos com um processo alavancador destas transformações: o conhecimento. E aqui cabe um parênteses, a cada instante nos deparamos com uma série de novos dados e informações, que interferem na percepção da realidade, mas que necessariamente não implicam em construção do conhecimento, uma vez que este se dá a partir do instante em que existe o contato com a informação, a internalização e a prática, que neste enfoque, passa a ser capacidade de intervenção inovadora e criativa da realidade presente, ou seja a possibilidade de criação.

Trazendo este referencial para as empresas, surgem vários questionamentos no que diz respeito à otimização do potencial de construção do conhecimento frente à participação de empregados em eventos das mais variadas naturezas, seminários, congressos, palestras técnicas, e até mesmo em programas de educação formal.

Em geral, estes questionamentos referem-se: a critérios de participação, local de realização e período de duração do evento, porque quanto mais longe e mais tempo durar o evento, maior o incômodo que este fato causa para quem não participa. Sem falar quando do retorno dos participantes, que na grande maioria limita-se a reproduzir o material e deixá-lo em sua área. O que acontece é que para todos os efeitos, a impressão que se tem é de perda de uma grande possibilidade de potencial criativo, transformador e inovador, do qual as empresas e a sociedade de um modo geral estariam se beneficiando.

No entanto, muitas são as possibilidades de transformação desta realidade. Inicialmente, é preciso rever a maneira como a Empresa está organizada, uma vez que este fator influencia, incentivando ou restringindo, a capacidade das pessoas em desenvolver estratégias criativas.

Neste processo de organização a Empresa deve estar orientado ao contínuo aprendizado, tendo clareza em seus objetivos e metas, ou seja focada em seu negócio e principalmente comunicando aos seus colaboradores.

A partir deste foco, alavancar para processos educativos que viabilizem a prática da multiplicação e construção do conhecimento, tendo estes como fatores diferenciais e recompensadores daqueles que dedicam-se a esta missão.

Como estratégia, é possível a Empresa fomentar:

- a institucionalização de uma política orientada ao desenvolvimento de tecnologias, que venham contemplar como indicador de desempenho que beneficiem ações desta natureza;

- a realização de eventos internos que propiciem a troca de informações e a origem de grupos de estudos;

- a parceria com instituições de ensino que promovam a pesquisa e geração de novas tecnologias;

- a criação de usinas do conhecimento, focadas no negócio da Empresa;

Em contrapartida, cabe uma análise do comportamento das pessoas neste ambiente. Faz-se necessário o exercício da troca e da cooperação, por mais competitivo que seja o contexto e mesmo considerando que conhecimento é ainda para muitos instrumento de poder.

Outros fatores ainda a serem considerados são as limitações pessoais que existem no âmbito da geração e multiplicação do conhecimento. Estas limitações dizem respeito às dificuldades encontradas na hora de escrever ou falar sobre um conhecimento adquirido ou construído. Para estas situações cabem estratégias que, conseqüentemente, desencadearam um plano de desenvolvimento pessoal que implique na qualificação das pessoas para a produção de textos, desenvolvimento de pesquisas e projetos (metodologia científica), e também oratória.

Ao finalizar, cabe ressaltar que o desafio em multiplicar o conhecimento requer, tanto da empresa quanto de seus colaboradores, a revisão e a adoção de novas estratégias, competência e habilidades que promovam processos de criação, transformação e cooperação, a fim de que a sociedade em to--das as suas dimensões possa ser beneficiada.

E não dá para falar em sociedade sem lembrarmos que a mesma é constituída por pessoas que pensam, agem e de um modo geral, querem o melhor para si e para o outro. Esta é a essência de todo o conhecimento.

Alguns caminhos. para o início desta multiplicação:

· Sites de consultorias nacionais e internacionais, na área de gestão de processos e pessoas

www.ceopress.com.br

www.corpu.com.br

www.institutomcv.com.br

· Site especializado na área de negócios e finanças

www.bloomberg.com

· Site que acessa uma lista de curtas biografias de executivos, artistas e outras personalidades.

www.biography.com

· Leituras

MELLANDER, Klas. - O Poder da Aprendizagem. Ed. Cultrix/Amana, 1995.

DEMO, Pedro - Pesquisa e Construção do Conhecimento, Ed. Universitária, 1996.

GRETZ, J.R. - Viabilizando Talentos, 1998

SAHTOURIS, Elisabet - A Dança da Terra, Edit. Rosa dos Tempos, 1998.

Wanderléia Coelho Madalena,

Pedagoga, da Unidade de Serviços de Recursos Humanos da Sanepar

A GESTÃO AMBIENTAL NA EMPRESA

Há algumas décadas as pessoas perceberam que a preservação do planeta Terra significa também a preservação da própria vida. Inicialmente, a preocupação era pela extinção dos animais, mais tarde a questão da derrubada das florestas, a poluição do ar.

Em seguida, a poluição industrial e agrícola e também a preocupação com a poluição gerada nos países em desenvolvimento, pela falta de infra-estrutura urbana. Finalmente foram identificadas as grandes conseqüências da poluição mundial e seus riscos, como o efeito estufa e a camada de ozônio.

Se inicialmente tínhamos alguns idealistas alertando para problemas que pareciam surreais, mais tarde passou-se a contar com organizações especialistas na questão ambiental, organizações internacionais e alguns poucos governos comprometidos com a preservação do Planeta.

Hoje, milhões de pessoas em todo o mundo lutam por esta nobre causa, tentando mostrar os perigos iminentes de uma postura agressiva ao meio em que vivemos, e os riscos concretos que corremos.

Esta consciência coletiva vem crescendo dia-a-dia, transformando culturas, quebrando velhos paradigmas e obrigando todos a darem sua colaboração por uma justa causa, a saúde do nosso Planeta.

Um dos últimos grupos a integrar esta luta, e talvez o que traga resultados mais diretos em menos tempo, é o setor empresarial. Movidos pela exigência de seus consumidores, inicialmente os europeus, as empresas começaram a perceber que seus clientes estavam dispostos a pagar mais por produtos ambientalmente corretos, e mais, deixar de comprar aqueles que contribuíam para a degradação do Planeta.

Além disto, esta pressão popular atingiu também os governos, os quais passaram a estabelecer legislações ambientais cada vez mais rígidas, fazendo com que as empresas tivessem que adequar seus processos industriais, utilizando-se de tecnologias mais limpas.

Esta mudança na percepção da questão ambiental obrigou o setor industrial, a desenvolver e implantar sistemas de gestão de seus processos de maneira que atendessem a demanda vinda de seus clientes e cumprissem com a legislação ambiental vigente.

A estes sistemas denominaram Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Com estes sistemas, os empresários começaram a verificar que uma postura ambientalmente correta na gestão dos seus processos refletia diretamente em produtividade, qualidade e conseqüentemente melhores resultados econômico-financeiros.

Além disto, como uma forma de verificar e divulgar quais as empresas que

realmente apresentam uma postura ambientalmente correta, estabeleceu-se sistemas de avaliação de desempenho ambiental, com normas e critérios padronizados para o mundo todo. O conjunto de normas mais conhecido é o da série ISO 14000.

A implantação de um sistema de gestão ambiental, por uma empresa, pressupõem e exige um forte comprometimento de sua direção e colaboradores com o meio ambiente. Não basta apenas anunciar que seus processos não causam danos ambientais, é preciso provar.

A implantação de um SGA e a obtenção de um certificado ISO 14001 jamais pode ser simplesmente um jogada de marketing ou o cumprimento de uma cláusula comercial, pois mais cedo ou mais tarde, esta verdade será mostrada, com prejuízos ainda maiores para a empresa.

Esta decisão deve ser baseada em uma análise criteriosa dos benefícios a serem obtidos e dos recursos a serem utilizados. É fundamental lembrar que uma vez obtida a certificação, este compromisso passa a ser permanente, exigindo uma mudança definitiva da antiga cultura e das velhas práticas.

Contudo, o gerenciamento de um processo, por meio das ferramentas de um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) possibilita inúmeros ganhos de produtividade e qualidade, além da satisfação das pessoas envolvidas diretamente naquele processo, pois estes aprendem que sempre é possível fazer melhor e percebem a evolução da qualidade de seus serviços.

E o mais importante neste processo: o cliente passa a confiar muito mais na empresa e em seus produtos.

Atuar de maneira ambientalmente responsável é ainda hoje um diferencial entre as empresas, desatacando-as neste competitivo mercado.

Porém, em breve, este diferencial se transformará em um pré-requisito e quanto antes as empresas perceberem esta nova realidade maior será a chance de se manterem no mercado.

Péricles S. Weber,

Engenheiro Químico, Coordenador do Grupo Específico de Meio Ambiente da Sanepar

LIMITES AO DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA, IMPOSTOS PELA ESCASSEZ DE ÁGUA

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) está localizada próxima às cabeceiras da Bacia do Iguaçu, na Serra do Mar, que é o seu principal manancial de abastecimento, por isso a disponibilidade de água de boa qualidade representa um dos importantes fatores de limitação do desenvolvimento da região.

Para avaliar os limites definidos pela disponibilidade de água, foram comparadas diferentes projeções de demanda, com cenários de disponibilidade hídrica, decorrentes dos usos dados às bacias destes mananciais, para os próximos 50 anos.

De acordo com o que foi definido no Plano Diretor de 1992, se toda a disponibilidade hídrica fosse preservada nas condições daquele ano - o que é bastante improvável -, em 2050 será necessário utilizar 100% desta disponibilidade para atender a população máxima projetada para aquele ano. Para atender a população mínima projetada, será necessário utilizar 83% da disponibilidade total.

No cenário de manutenção da disponibilidade hídrica atual, os mananciais disponíveis serão suficientes até o ano 2050 para o crescimento mínimo e até 2040 para o crescimento máximo. Em condições de ausência de programas efetivos de conservação, os mananciais indicados estariam esgotados entre os anos de 2.030 e 2.035 para o máximo crescimento, e entre 2.035 e 2.040 para as projeções de mínimo crescimento populacional.

O Plano Diretor de Mananciais deverá ser revisado para orientar não somente o plano de obras de captações, mas também para ser utilizado como base para negociação da revisão dos Planos Diretores Municipais dos municípios da RMC, de forma a definir critérios ambientais para o uso urbano, agrícola e industrial destas áreas.

Introdução

Há cinquenta anos o homem ainda atônito com a catastrófica apresentação da energia nuclear, ainda não conhecia o videocassete, a TV em cores, o gravador, o toca-fitas, o computador, a Internet. Ainda não sabia que teríamos uma revolução na produção e que os temas ambientais ganhariam importância mundial. Estava ainda otimista com as perspectivas da automação, sem perceber as ameaças do desemprego.

A escassez da água que era considerada no passado recente como uma hipótese restrita a regiões áridas, assume uma importância estratégica em todas as regiões do mundo. A compreensão da água como recurso natural renovável mais limitado foi consensada recentemente. No contexto atual os recursos hídricos começam a ser

entendidos como sinônimo de oportunidade de desenvolvimento, e que muito provavelmente serão os grandes limitadores do crescimento humano. Um amplo programa de pesquisa está iniciando por meio da execução do Plano Integrado de Gerenciamento de Mananciais, projeto desenvolvido com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos através do PADCT III, cujo objetivo é criar instrumentos para a melhoria e/ou conservação dos mananciais de abastecimento

Este trabalho estuda cenários futuros, que fazem parte do campo do desconhecido. Qualquer previsão está sujeita a erros, pois dificilmente podemos avaliar os resultados do potencial criativo do ser humano. Desta forma apresentamos os potenciais comparados com demandas de diferentes cenários, como forma de embasar tecnicamente decisões políticas de maior relevância. Este estudo não pretende definir nem julgar os usos que estão previstos sobre as áreas de mananciais, mas sim avaliar as conseqüências de diferentes cenários de usos dos mananciais, ao desenvolvimento da RMC.

Revisão bibliográfica

Os recursos hídricos estão sendo comprometidos pela degradação urbana, industrial e agrícola e por desequilíbrios ambientais resultantes do desmatamento e uso indevido do solo. A cada dia cresce a disputa entre os setores da agricultura, indústria e abastecimento humano, que tradicionalmente competem pelo uso da água, gerando sérios conflitos entre os usuários (FIGUEIREDO, 1997).

A dinâmica da degradação de mananciais

Rural

A ocupação do Paraná é recente, passando a primeira metade do século XX voltada ao extrativismo e cultivo do café no Norte do Estado. No período de 1950 a 1970 houve a expansão acelerada da fronteira agrícola nas regiões Oeste e Sudoeste, caracterizada pela implantação de sistemas agrícolas imediatistas, resultando na contínua e progressiva degradação ambiental (ANDREOLI & SOUZA, 1992). Embora represente 2,4% do território nacional, o Estado do Paraná contribui com cerca de 7% da produção pecuária e 25% da produção nacional de grãos.

Este processo de expansão da fronteira agrícola, realizado visando o lucro imediato não se preocupou com o correto manejo do solo. Com isso as formas inadequadas de preparo do solo provocaram intensos processos erosivos com a remoção da camada mais fértil e degradação física do solo. Esta ação representa a perda do solo pela erosão e o transporte de 12.587.969 toneladas por ano de solos nas principais bacias do Paraná.

Segundo dados do Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE) os rios que mais contribuem para esta cifra são os rios Ivaí e Paraná que transportam, respectivamente, 2.708.300 e 8.325.504 toneladas de solo por ano.

O aumento da turbidez causou um gasto estimado de US\$ 217.000/ano em produtos químicos para o tratamento da água potável (ADUR & GUIDI, 1986). Segundo ANDREOLI (1993) muitos contaminantes químicos, incluindo agrotóxicos e insumos agrícolas como nitrogênio e fosfatos estão associados aos sedimentos. Em estudos realizados no período de 1976 e 1984 pela Sema/Surhema, foram encontrados resíduos de agrotóxicos em 91,4% das amostras de água de 12 bacias do Estado sendo que a Bacia do Rio Pirapó

apresentou resíduos em 97,2% das amostras.

A redução da fertilidade decorrente da erosão no período 1970-1986 induziu o consumo de fertilizantes de 575%, sem reflexos na produtividade, que se manteve estável na maior parte das culturas (BRAGAGNOLO & ALTAGA, 1990). Estes dados demonstram que grande parte do investimento com fertilizantes acaba sendo perdido e se transformando em contaminante hídrico. A EMBRAPA (1995) estima que a agricultura no Brasil contribua com 43% da carga total de nitrogênio, 41% do fósforo e quase 100% do potássio da carga de sais escoados por um rio

Para ANDREOLI et alli (1997) se o grau de deterioração da água bruta for mais acentuado, as características de projeto das estações de tratamento tornam-se inadequadas, exigindo novos investimentos para alteração das estações ou dos pontos de captação. Além da justificativa financeira deve ser avaliada a inviabilidade de sustentação deste processo a longo prazo, além das implicações éticas de tal prática. Concluem os autores que medidas de conservação de mananciais devem ser tomadas, pois sua deterioração além de causar o aumento do consumo de produtos químicos para o tratamento, apresenta reflexos diretos na qualidade da água bruta e conseqüentemente na qualidade da água tratada.

Urbana

O crescimento populacional sobre mananciais gera a impermeabilização do solo, remoção florestal, aumento da produção de lixo e esgoto e eventualmente a localização de aterros sanitários em mananciais. Esta pressão traz como efeitos à qualidade da água o aumento da DBO, coliformes e outros contaminantes. Para os mananciais urbanos os problemas de lixo e esgotamento sanitários são os que mais atuam para a degradação de mananciais de abastecimento. No caso do lixo, além do lançamento direto de toneladas de lixo nos corpos d'água pelas comunidades ribeirinhas, dos 12 mil lixões existentes no Brasil, 63 % situam-se na beira de rios e mananciais demonstrando o descaso para com a conservação dos recursos hídricos. Situação semelhante verifica-se em relação ao esgoto doméstico onde as ligações clandestinas poluem diretamente os rios, comprometendo os benefícios dos recursos investidos na rede de coleta e tratamento de esgotos.

Para DALARMI (1995) a maior ameaça à qualidade da água bruta dos mananciais reside na expansão urbana sobre suas bacias. Na Bacia do Alto Iguaçu, os rios Palmital, Irai, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Itaqui e Pequeno estão sob ameaça permanente de degradação de suas águas pela ocupação urbana, inclusive o Rio Passaúna na face oeste da cidade. No Palmital, o grau de poluição obriga a paralisação da estação em curtos períodos após o início de chuvas de grande intensidade, o que determinou estudos de sua exclusão futura do cenário dos mananciais de abastecimento.

Mananciais atuais e potenciais da RMC

Os mananciais para abastecimento público devem apresentar uma distância das cidades a serem abastecidas, viável em termos econômicos sem perder de vista o equilíbrio de sua preservação. Esta relativa proximidade apresenta um sério conflito representado pela expansão espontânea da urbanização sobre os referidos mananciais, com sua inevitável degradação. Esta dinâmica leva ao abandono dos investimentos realizados e a criação de verdadeiros cadáveres hídricos, que poluem e envergonham as cidades.

Por mais distante que seja, a definição de uma bacia como manancial de abastecimento

estabelece a mais nobre e importante vocação desta área, que é a de produzir água de boa qualidade a qual, todos os demais usos devem estar subordinados. A idéia de aceitar a definição de restrição de uso, está expressa na estratégia de definir as Áreas de Proteção Ambiental como os instrumentos de manutenção da qualidade destas bacias. A definição de mananciais deve ser revestida de garantias legais, institucionais e políticas objetivando a manutenção da qualidade da água frente às pressões desenvolvimentistas. Trata-se de realizar um estudo estratégico e buscar o consenso político por meio da participação pública.

Outro ponto de fundamental importância são os custos de investimento e operacionais dos sistemas de abastecimento de água. Bacias mais distantes, em geral mais facilmente conservadas demandam a construção de grandes adutoras e em algumas situações determinam grandes alturas mamoneiras. É fácil compreender a diferença econômica entre a coleta de água próxima da cidade com a distribuição praticamente realizada por gravidade, tal como acontece nos mananciais do Altíssimo Iguaçu, com uma transposição de 60 quilômetros de extensão e com mais de 600 mca de altura manométrica operacional, como seria o aproveitamento do Açungui.

O dimensionamento econômico destes custos poderia fornecer parâmetros da viabilidade dos investimentos na conservação dos mananciais. As fontes convencionais de financiamento têm disponibilidade de recursos para obras, mas dificilmente para custear atividades que visem a garantia de disponibilidade da matéria-prima. Não somente pelos aspectos econômicos, mas incluindo também a dimensão ética da manutenção das condições ambientais, consideramos que não é a conservação ambiental que é cara, mas sim, a sua degradação.

Finalmente deve ser cuidadosamente avaliado o tempo necessário para a viabilização de obras de reserva e captação de água a grandes distâncias. O projeto de concepção, o Estudo de Impacto Ambiental, o detalhamento do projeto, o licenciamento ambiental, a licitação, as desapropriações e a implementação da obra requerem um corrugaram muito bem definido que considere um período mínimo de 8 anos entre a decisão política e a água na torneira do cidadão.

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) está localizada próxima às cabeceiras da Bacia do Iguaçu, na Serra do Mar, que é o seu principal manancial de abastecimento e portanto a disponibilidade de água de boa qualidade representa um dos importantes fatores de limitação do desenvolvimento da região.

Quadro 1 - Mananciais do Alto Iguaçu - área e vazão de produção

Bacia	Área Total (km ²)	Área-Barragem (km ²)	Vazão de Produção*** (l/s)
1 Iguaçu			
Altíssimo Iguaçu	565,00	233,00	7525
a) Rio Iraí (Barragem)	113,00	113,00	1800
b) Rio Iraizinho	52,60	-	-
c) Rio Piraquara	101,60	85,00	1200
d) Rio do Meio	25,00	-	-
e) Rio Palmital	93,00	-	-
f) Rio Itaqui	39,80	-	-
g) Rio Pequeno	140,00	62,00	1000
h) Bacias incrementais*	-	-	3525
Alto Iguaçu	728,20	689,40	10210
1.2.1 Margem Esquerda	583,20	544,40	8210
a) Miringuava	101,00	71,90	1440
b) Rios de Campina e Cerro Azul	94,50	94,50	1465
c) Rio Cotia / Despique	154,70	154,70	2150
d) Rio Alto Maurício	36,00	36,00	540
e) Rio das Onças (Mandirituba)	29,00	29,00	410
f) Rio Faxinal	63,30	63,30	935
g) Rio das Onças (Contenda)	60,70	51,00	664
h) Rio Guajuvira	19,00	19,00	256
i) Rio Pianduva	25,00	25,00	350
1.2.2 Margem direita	145,00	145,00	2000
a) Rio Passaúna	145,00	145,00	2000
b) Rio Verde *	257,00	-	-
c) Rio Itaqui *	128,00	-	-
Rio da Várzea	675,00	675,00	8780
Rio Açungui	1265,00	1265,00	11475
Rio Capivari	1100,00	1100,00	14900
Rio Arraial	286,00	286,00	5640
Rio Negro	-	-	-
Rio Ribeira	-	-	-
Aqüífero Karst	-	-	600

* Afluentes do Iguaçu à jusante do limite estabelecido para a bacia Alto Iguaçu; são hoje mananciais de abastecimento de Campo Largo e da Petrobrás.

** Para as bacias onde não estão previstas a construção de barragens, foi considerada a vazão mínima Q(10,7).

*** Todas as vazões mínimas consideradas garantem uma vazão de jusante de 50% do Q(10,7) definida pela Decreto Estadual 974 de 09/12/91.

Para facilitar a compreensão, adotamos neste trabalho, a subdivisão desta bacia em Altíssimo Iguaçu e Alto Iguaçu; as bacias dos rios Várzea e Açungui aparecem a seguir como os próximos mananciais naturais de abastecimento.

Além dos recursos hídricos até aqui avaliados, as possibilidades seguintes seriam: o aproveitamento do Rio Negro e do Rio Ribeira. O Rio Negro situa-se na divisa com o Estado de Santa Catarina, em região de grande industrialização, com uma distância aproximada de 100 km da cidade de Curitiba. O Rio Ribeira, tem previsão de aproveitamento hidrelétrico pela Cesp e de Tijuco Alto pela iniciativa privada, localizado a cerca de 70 km de Curitiba, com um desnível de mais de 700 m, o que estabeleceria um altíssimo custo operacional. As bacias dos rios Capivari e Arraial embora próximas da RMC, não foram consideradas no presente trabalho, pois estão sendo usadas para a geração de energia elétrica.

O Altíssimo Iguaçu inclui as áreas de drenagem desde as nascentes até a Captação do Iguaçu em Curitiba e Alto Iguaçu as áreas à jusante deste ponto até a foz do Rio Pianduva no Município de Contenda. Desta forma, os rios da Várzea e Negro, embora afluentes do Iguaçu são considerados de forma independente. Além destes o Rio Açungui, localizado a 50 km a oeste da RMC que demandaria uma altura manométrica total aproximada de 560 mca. O Rio da Várzea teria o seu aproveitamento à montante da BR-116, a aproximadamente 60 km ao sul de Curitiba, com altura manométrica cerca de 280 mca.

Cenários futuros

Foram considerados três cenários de disponibilidade hídrica na RMC, de forma a possibilitar a avaliação das limitações impostas pelo crescimento urbano, agrícola e industrial sobre os mananciais de abastecimento.

Cenário do Plano Diretor de 1992 (Consórcio Geotécnica)

Este cenário, extremamente otimista, considera que haverá um grande cuidado do crescimento urbano sobre os mananciais e portanto somente aqueles que já se encontram com pressões antrópicas claramente definidas, seriam desconsiderados como áreas de abastecimento público, incluindo, portanto, praticamente toda a disponibilidade hídrica da bacia do Altíssimo e Alto Iguaçu até a cidade de Contenda, previstas no Plano Diretor de 1.992, elaborado pelo Consórcio Geotécnica.

Este cenário considera ainda a recuperação do Rio Palmital, na hipótese de que os programas que estão sendo desenvolvidos na recuperação deste rio apresentem grande efetividade prática. Além disto esta hipótese conta com o aproveitamento do Rio Pequeno, à montante do Distrito Industrial de São José dos Pinhais, cuja bacia alcança cerca de 102 km² (62 km² de barragem e 40 km² de bacia incremental).

Além destas definições o cenário do Plano Diretor prevê a utilização integral das captações previstas das bacias do Várzea, à montante da BR-116 e do Açungui na confluência do Rio Tacaniça e de 600 l/s provenientes do Aquífero Cárstico. O ponto de captação do Açungui foi definido nesta posição, para evitar o grande aumento do desnível e o pequeno incremento da bacia à jusante além da exigência da manutenção da vazão remanescente para a operação das usinas da Cesp, já outorgadas pelo DNAE.

Cenário atual dos recursos hídricos aproveitáveis para a RMC

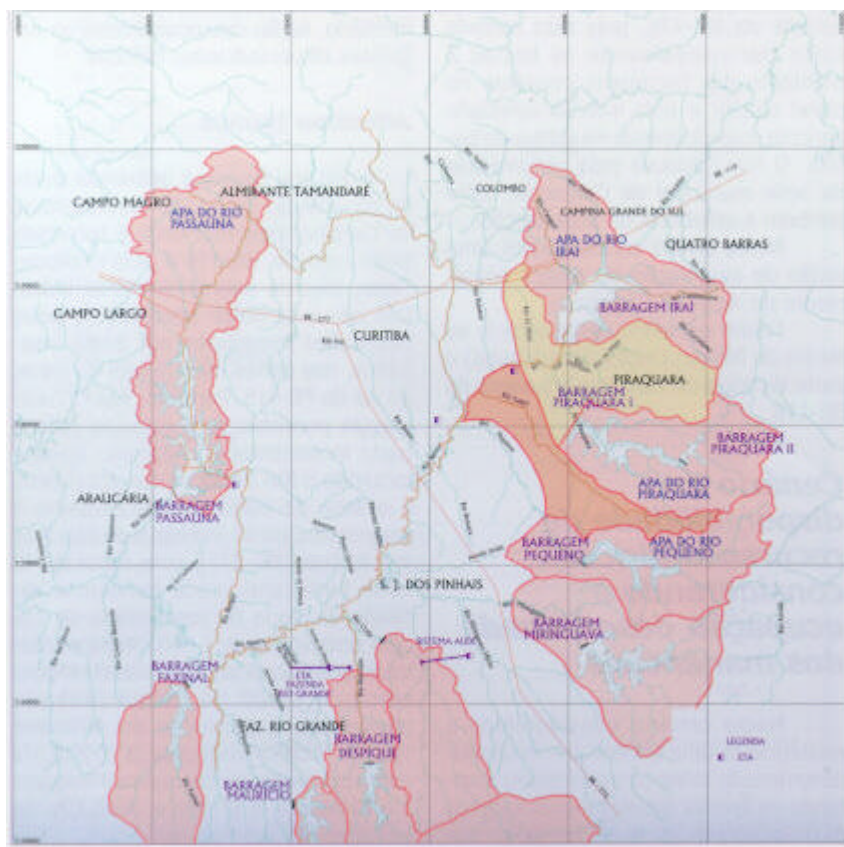
A realidade prevista neste cenário, define a perda de bacias mais sujeitas a pressões antrópicas, no entanto mantendo as bacias mais importantes e estratégicas. As vazões provenientes do Várzea e Açungui são mantidas integralmente. Trata-se do cenário mais próximo da realidade, considerando a implementação de programas efetivos de conservação destas áreas. Estão previstas neste cenário, a retirada dos seguintes mananciais:

Altíssimo Iguaçu

Nesta previsão são retiradas as bacias incrementais do Rio Iraí, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Palmital, Itaqui e Pequeno, em decorrência da expansão urbana sobre os mananciais. Esta hipótese foi considerada no Plano de Aproveitamento de Recursos Hídricos realizado pela Jica em 1.995.

Alto Iguaçu

São retirados os Rio Campina e Cerro Azul devido à influência da BR 376, que corta toda a extensão do divisor das duas bacias e da tendência à industrialização nas suas cabeceiras;



Quadro 2 - Disponibilidade hídrica dos diferentes cenários

	Cenário do Plano Diretor de 1.992		Cenário Atual dos Recursos Hídricos Aproveitáveis em 1.999		Cenário Considerando a Ocupação Desordenada dos Mananciais	
	Capac. Prod.	Prod.Acum.	Capac. Prod.	Prod.Acum.	Capac. Prod.	Prod.Acum.
Vazão (l/s)						
Aqüífero Karst	600	600	600	600	200	200
Altíssimo Iguaçu	7.525	8.125	4.500	5.100	3.200	3.400
Alto Iguaçu	10.210	18.335	4.321	9.421	4.621	8.021
Rio da Várzea	8.780	27.115	8.780	18.201	3.600	11.621
Rio Açungui	11.475	38.590	14.400	32.601	14.400	26.021

Retirada integral do Rio Cotia e redução da bacia hidrográfica do Rio Despique, em razão da intensa atividade agrícola, da expansão acentuada da industrialização na Região e finalmente para evitar a influência do oleoduto, em cujo traçado será futuramente construído o gasoduto da Petrobrás;

Retirada do Rio Pianduva e redução do aproveitamento da bacia do Rio das Onças (Contenda) na sua parte à jusante da BR-476, pois esta rodovia corta transversalmente as bacias à montante das barragens previstas no plano diretor e pela intensa atividade agrícola, especialmente no cultivo da batata. O Rio Pianduva pela proximidade da sede municipal de Contenda, sofre também a influência da urbanização.

Nesta opção consideramos uma vazão de exploração de 600l/s proveniente do Aquífero Cárstico.

Foram excluídos deste cenário as bacias do Rio das Onças (Mandirituba) e parte da bacia do Maurício, à jusante da BR-116.

Cenário de disponibilidade de recursos hídricos, considerando a ocupação desordenada dos mananciais

Neste cenário consideramos a existência de uma dinâmica de ocupação desordenada sobre os mananciais, mantendo-se apenas aqueles menos sujeitos às pressões antrópicas em função de sua localização e da posição geográfica. Desta forma além das reduções de vazões já consideradas no cenário intermediário, serão desconsideradas as seguintes disponibilidades hídricas:

Altíssimo Iguaçu

Rio Iraí devido à influência direta da conurbação da Região Metropolitana de Curitiba, pois esta área é recortada pelas rodovias BR-116 e pelo Contorno Leste, afetada pelo crescimento industrial que está sendo observado e pelas ocupações irregulares em áreas insalubres, nas partes mais baixas da bacia, ao sul da PR-415. Portanto, nas circunstâncias previstas será excluída toda a bacia incremental do Altíssimo Iguaçu, incluindo o Rio Itaquí na sua totalidade, e a área da bacia do Rio Pequeno à jusante do Distrito Industrial de São José dos Pinhais (BR-277), com cerca de 40 km². Será considerada também a exclusão da bacia do reservatório do Iraí com uma vazão de 1.500 l/s. As perdas totais poderão alcançar nestas condições cerca de 6.000 l/s. Nesta previsão pessimista, a produção do Altíssimo Iguaçu ficaria reduzida a 1.200 l/s correspondente às barragens Piraquara I e Piraquara II e mais a produção da barragem do Rio Pequeno.

Alto Iguaçu

Exclusão do Rio da Onças (Contenda), pois encontra-se em uma região onde há expectativa de intensificação da agricultura e por apresentar uma vazão relativamente pequena. Rio Maurício por ser essa bacia uma área de maior concentração de irrigantes agrícolas, que segundo o Plano Diretor de 1992, já alcançavam naquela época uma vazão média de 170 l/s, com a previsão para o ano 2000 um volume anual de 1.404.000 m³.

Serão também, neste cenário excluídas as bacias dos Rios Cotia e a área da bacia do Rio Despique à jusante do oleoduto. As perdas de vazão dessas bacias a fio d' água serão da ordem de 382 l/s (250 l/s. Cotia e Despique e 132 l/s. do Rio Maurício).

Bacia do Várzea

O impacto associado do crescimento das cidades, da expansão industrial e do uso agrícola, influenciado pela rodovia que liga Rio Negrinho a Curitiba, na área de influência

desse rio justificariam a retirada parcial deste manancial neste cenário, mantendo apenas as cabeceiras com aproximadamente 198km².

Aquífero Karst

A exploração deste aquífero encontra-se atualmente prevista para 600 l/s e tem apresentado reflexos ambientais na região. O cenário do Plano Diretor fixa o nível atual de exploração, pois considera a falta de informações dos impactos que poderiam ser gerados pela ampliação deste nível, tanto pela sua magnitude quanto pelos custos decorrentes.

Cenários de demanda

Para o estabelecimento dos cenários de demanda, adotamos o horizonte de 50 anos, com taxas decrescentes de crescimento populacional, considerando ainda uma taxa de crescimento máxima e uma mínima para cada período, o que permitiu o cálculo de populações máximas e mínimas. As quotas de consumo adotadas são crescentes, variando entre 200 a 300 l/hab.dia nas quais já está considerado o consumo doméstico e industrial.

Quadro 3 - Projeções de taxas de crescimento, populações, consumo per capita, demandas médias e demandas compensadas para o período entre o ano 2000 e 2050

Ano	Taxa de crescimento %	População 1000 hab		Quota per capita (l/hab. dia)	Demanda média l/s		Demanda compensada (l/s)	
		Máx	Mín		Máx	Mín	Máx	Mín
2000	-	2.800	2.800	200	6.482	6.482	7.130	7.130
2005	-	3.206	3.160	250	9.277	9.143	10.205	10.057
2010	3,5/3,2	3.808	3.699	250	11.018	10.703	12.120	11.773
2015	3,5/3,2	4.457	3.802	280	14.444	12.321	15.888	13.537
2020	2,8/3,2	5.217	4.875	280	16.907	15.799	18.597	17.378
2025	2,8/3,2	5.989	5.382	280	19.409	17.442	21.350	19.187
2030	2,2/2,8	6.876	5.942	280	22.283	19.256	24.511	21.182
2035	2,2/2,8	7.592	6.049	300	26.361	21.003	28.997	23.103
2040	1,8/2,2	8.547	7.102	300	29.677	24.659	32.645	27.125
2045	1,8/2,2	9.344	7.726	300	32.444	26.826	35.688	29.509
2050	1,7/1,8	10.216	8.406	300	35.472	29.187	39.019	32.106

Normalmente para a definição de demanda compensada, utiliza-se a demanda do dia de maior consumo, adotando-se 20% a mais do que a demanda máxima prevista. Este trabalho contudo, considerou o percentual de 10%, pois a procedência da água destes mananciais, se origina em grande parte, de bacias regularizadas através de reservatórios. As taxas adotadas e as projeções calculadas estão apresentadas no Quadro 3.

Relações entre cenários de disponibilidade e projeções de demanda

Cenário do Plano Diretor de 1.992 (Consórcio Geotécnica)

Nas condições do Plano Diretor, seria necessário o aproveitamento de cerca de 83% da disponibilidade hídrica das bacias consideradas, para suprir a população projetada para a condição de crescimento populacional mínimo no ano de 2050. Para a condição de crescimento máximo as bacias consideradas poderiam suprir a demanda até o ano 2049.

Na projeção de demanda máxima de crescimento populacional, o aproveitamento do Várzea deve ser realizado pouco antes do ano de 2020 e do Açungui entre 2045 e 2050.

Cenário com a manutenção dos recursos hídricos atualmente aproveitáveis para a RMC

Neste cenário hoje mais realista, os mananciais propostos teriam condições de suprir a demanda do crescimento mínimo até o final do período e para o crescimento populacional máximo até o ano 2040. Após essa data, para evitar o impasse do crescimento nulo devido à carência de água, seria necessária a busca de mananciais com distância maior do que 100 km como o Rio Negro ou alterar o uso de bacias com aproveitamento hidroelétrico como o Ribeira ou o Capivari. Considerando a demanda máxima, as captações do Alto Iguaçu deverão entrar em operação tão logo sejam desativadas as bacias incrementais do Altíssimo Iguaçu; as águas do Açungui serão necessárias pouco antes do ano 2020.

Cenário de disponibilidade de recursos hídricos, com a manutenção da atual dinâmica de degradação

Neste cenário os mananciais disponíveis seriam esgotados para o atendimento da comunidade no crescimento mínimo entre os anos de 2030 e 2035 e para a demanda correspondente ao crescimento máximo pouco após o ano 2025.

Conclusões

- ≠ disponibilidade hídrica da RMC é restrita e portanto o planejamento do uso de seus mananciais deve ser cuidadosamente avaliado;
- ≠ o cenário do Plano Diretor, que considera que praticamente toda a disponibilidade hídrica das condições de 1.992 ficará preservada até o ano 2050, seriam utilizados neste ano, aproximadamente 100% da disponibilidade total para a projeção de população máxima e 83% para a população mínima;
- ≠ o cenário de manutenção da disponibilidade hídrica atual, os mananciais disponíveis serão suficientes até o ano 2050 para o crescimento mínimo, e até 2040 para o crescimento máximo;
- ≠ considerando a demanda máxima, para o cenário de manutenção dos recursos hídricos atualmente aproveitáveis, as captações do Alto Iguaçu deverão entrar em operação tão logo sejam desativadas as bacias incrementais do Altíssimo Iguaçu e as águas do Açungui serão necessárias próximo ao ano de 2020 ;
- ≠ as condições do cenário de disponibilidade de recursos hídricos considerando a inexistência de programas efetivos de conservação de mananciais, toda a potencialidade das bacias indicadas seriam esgotados entre os anos de 2030 e 2035 para o crescimento máximo entre os anos 2035 e 2040 para o crescimento mínimo;

- ≠ especificamente para a Região Metropolitana de Curitiba, devem ser toma-das as seguintes medidas:
- ≠ tomar todas as providências imediatas para evitar os impactos sobre a bacia do Irai;
- ≠ deve ser acelerada a implantação do Projeto de Controle de Cargas Tóxicas na BR-116, previsto no Prosam e também no Contorno Leste;
- ≠ deverá ser revisado o Plano Diretor que deverá orientar não somente o plano de obras de captações, mas deverá ser utilizado como base para negociação da revisão dos Planos Diretores Municipais dos municípios da RMC, de forma a definir critérios ambientais para o uso urbano, agrícola e industrial destas áreas, com base no art. 211 da Constituição Estadual do Paraná;
- ≠ deverá ser desenvolvido um amplo programa de divulgação do Plano Diretor, de forma a garantir o seu controle social;
- ≠ degradação de mananciais além de impor limites físicos ao desenvolvimento, estabelece a antecipação do cronograma de obras para captações mais distantes, determinando maiores custos de implantação e operação dos sistemas;
- ≠ nova dinâmica econômica exige da sociedade e do poder público, uma grande agilidade para a adequação dos paradigmas ambientais, de forma a implementar instrumentos capazes de organizar e direcionar desenvolvimento, evitando os reflexos ambientais automáticos do modelo econômico que não considera a conservação de sua base produtiva;
- ≠ alteração da estrutura atual, exige a definição de ações concretas de harmonização das ações interinstitucionais, especialmente com as áreas de gestão ambiental, de recursos hídricos e de áreas setoriais, como agricultura e desenvolvimento urbano e da iniciativa privada.

Referências bibliográficas

ADUR & GUIDI, E.F. O manejo integrado de solos na Bacia do Rio do Campo e seus efeitos na melhoria da qualidade da água. Curitiba: SEAB/SANE-PAR, 1986.

ANDREOLI, C.V.; SOUZA, M.L.P. Gestão ambiental por bacias hidrográficas. In: MAIMON, D. Ecologia e desenvolvimento. Rio de Janeiro : APED, 1992. p. 99-118.

ANDREOLI C.V. Influencia de la agricultura en la calidad del agua. In: FAO. Prevencion de la contaminacion del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile, 1993. p. 59-73.

ANDREOLI,C.V.; ANDREOLI,F.N.; ILHEN-FELD,R.G.K. et al. Influência da deterioração da água bruta no consumo de produtos químicos e na qualidade da água tratada. Sanare, Curitiba, v.7, n.7, p.28-32. 1997.

BRAGAGNOLO,N.; ALIAGA, J.C.A.E. Programa de desenvolvimento rural do Paraná:

subprograma de manejo e conservação de solo e controle da poluição. In: CONGRESSO SUL AME-RI-CANO DE BACIAS HIDRO-GRÁ-FICAS. Chile. 1990.

DALARMI, O. Utilização futura dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Curitiba. Sanare, Curitiba, v. 4, n.4, p.31- 43. 1995.

DECONTO, L.; SANTOS, J.C.R. Produção de desinfetantes in loco: experiência da SANEPAR. Sanare, Curitiba, v.4, n.4, p. 15-21. 1995.

EMBRAPA. Programa de qualidade ambiental. Jaguariúna, SP.: Embrapa, 1995. 30p.

FIGUEIREDO,S.V.A . Conflitos relativos ao uso da água. In: SILVA, DD.; PRUS-KI, FF. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Viçosa, MG. : UFV, 1997. p. 37-44.

LARA,A. I.; ANDREOLI,C.V.; ANDREOLI, F.N. Conservação e mananciais: a visão das companhias de saneamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (20. : 1999: Rio de Janeiro). Anais... Rio de Janeiro : ABES, 1999. Em Cd-Rom.

LUDUVICE,M. Gestão de Biossólidos e o Mercosul. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODISSÓLIDOS DO MERCOSUL (1:1998:Curitiba,PR). Anais... Curitiba : SANEPAR/ABES-PR., 1998. p. 9-10.

ROMANO, P. Política para a gestão de recursos hídricos. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Viçosa, MG. : UFV, p.1-13. 1997.

SANTOS, R.J.R. Programa de conservação de mananciais. Sanare, Curitiba, v.9, n.9, p.33-40. 1998.

Autores

Cleverson Vitório Andreoli, engenheiro agrônomo, MSc em Agronomia, doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento, prof. do Departamento de Solos da UFPR, coordenador do Programa Interdisciplinar de Pesquisa em Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto e de Plano de Gerenciamento de Mananciais da Sanepar

Oswaldo Dalarmi, engenheiro civil, especialista em saneamento básico, engenheiro da Sanepar de 1964-1998

Aderlene Inês Lara, bióloga, MSc em Zoologia, pesquisadora do Programa Interdisciplinar de Pesquisa em Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto - Plano de Gerenciamento de Mananciais da Sanepar

Fabiana De Nadai Andreoli, engenheira civil, MSc. em Engenharia Ambiental, professora do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR, pesquisadora do Instituto de Saneamento Ambiental-Isam/PUC-PR.

OS MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO DO SISTEMA INTEGRADO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - RMC

A disponibilidade de água, tanto em quantidade como em qualidade, é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das cidades.

O crescimento urbano desordenado e de uma agricultura predatória sobre os rios utilizados para o abastecimento público, têm apresentado graves reflexos na qualidade das águas, com altos custos econômicos e sociais. A demanda tem aumentado, em função, além do crescimento populacional, da elevação do consumo per capita.

O crescimento da demanda de água para abastecimento público na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), apresenta atualmente da ordem de 300 l/ s. ano, índice este que aumentará em função do aumento da demanda total.

Para a manutenção sustentável do recurso natural água é necessário o desenvolvimento de instrumentos gerenciais de proteção, planejamento e utilização, adequando o planejamento urbano de acordo com a vocação natural do sistema hídrico.

Este trabalho apresenta a situação dos principais mananciais da RMC e os agentes de degradação.

O setor de saneamento necessita incluir o desafio da conservação de mananciais nas diversas etapas do processo, desde o planejamento até a operação, em todos os níveis institucionais das companhias de saneamento.

Introdução

Pela sua característica de ser o solvente universal, a água desempenha um importante papel como elemento de ligação entre os compartimentos ambientais, refletindo na sua qualidade a forma de como a bacia é usada. O aumento da demanda causado pelo crescimento populacional e pela significativa ampliação dos níveis de consumo per capita encontra uma disponibilidade cada vez mais reduzida determinada pela degradação da qualidade, que inviabiliza determinados usos.

A disponibilidade de água, tanto em quantidade como em qualidade, é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das cidades. Para a manutenção sustentável do recurso água é necessário o desenvolvimento de instrumentos gerenciais de proteção, planejamento e utilização, adequando o planejamento urbano de acordo com a vocação natural do sistema hídrico. Tratamento especial e diferenciado deve ser dado às bacias consideradas como manancial de abastecimento, pois a qualidade da água bruta depende da forma pela qual os demais compartimentos do sistema são

manejados.

Em levantamento realizado em 1997 sobre a visão das companhias de saneamento em relação a conservação de mananciais, LARA et al. (1999) identificaram que embora todos os entrevistados (23 de um universo de 27 empresas) considerem a questão importante e necessária, apenas 11 companhias possuem algum tipo de programa para a conservação de mananciais que incluem desde projetos de despoluição até planos de ação integrados entre órgãos. As demais empresas relataram não possuírem programas específicos, sendo que destas apenas uma empresa estava iniciando um diagnóstico ambiental e plano de conservação de mananciais. Esta informação retrata a forma como os recursos hídricos estão sendo tratados apesar da existência da Política Nacional de Recursos Hídricos. Neste sentido vale ainda ressaltar que são poucos os estados que instituíram sua política estadual sobre o tema e implantaram as medidas nela previstas.

No Estado do Paraná, segundo SANTOS (1998) algumas iniciativas já existiram no sentido de se tratar das questões de recuperação e/ou conservação de mananciais, mas por dificuldades de articulação entre instituições ou de recursos financeiros, não foram levadas a termo. Atualmente a Sanepar possui um Programa de Conservação de Mananciais que tem por objetivo a implementação de ações estruturais e não-estruturais visando a melhoria da qualidade das águas dos mananciais de abastecimento público e sua manutenção.

Para a consecução deste objetivo, o programa conta com o suporte financeiro do Fundo Rotativo de Meio Ambiente criado pela Empresa para subsidiar as gerências no desenvolvimento de projetos que contem com a articulação de outras instituições como parceiras ao desenvolvimento das atividades. Além desta iniciativa da Empresa, um amplo programa de pesquisa está sendo iniciado por meio da execução do Plano Integrado de Gerenciamento de Mananciais, projeto desenvolvido com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos através do PADCT III, cujo objetivo é criar instrumentos para a melhoria e/ou conservação dos mananciais de abastecimento. No Estado do Paraná, a Sanepar nas 700 localidades onde atua atende uma população aproximada de 7,4 milhões de habitantes utilizando-se de 950 mananciais de abastecimento. Segundo SANTOS (1998) em levantamento recente foram identificados cerca de 110 mananciais de abastecimento público de água com sinais de degradação.

A evolução da demanda de água na RMC

A demanda tem aumentado, em função, além do crescimento populacional, da elevação do consumo per capita. O crescimento da demanda de água para abastecimento público na RMC, apresenta-se atualmente da ordem de 300 l/s.ano, índice este que aumentará em função do aumento da demanda total, conforme o Quadro1.

O sistema atual de produção de água de Curitiba

A bacia do Alto Iguaçu tem 565 km² com uma vazão específica média de 17,5 l/s . km², alcançando até 22 l/s. km² onde as chuvas são mais freqüentes, como nas

cabeceiras do Rio Pequeno. Além dos mananciais superficiais, o sistema recebe atualmente 200 l/s do aquífero cárstico, que abastece principalmente a cidade de Colombo (sistema interligado). O sistema produtor alcança desta forma uma produção de 6.950 l/s, convivendo a região portanto com um pequeno déficit operacional, pois a demanda é pouco superior a 7.000l/s.

A situação dos mananciais atuais e potenciais para a RMC

A vazões consideradas neste trabalho atendem as determinações do Decreto Estadual 974 de 9/12/91 que define que a vazão de jusante mínima exigida após a captação seja equivalente à 50% da vazão de um período de recorrência de 10 anos com 7 dias de duração ($Q_{(10,7)}$). Como o presente trabalho faz uma avaliação estratégica, os dados utilizados a seguir são aproximados e portanto para elaboração de projetos ou trabalhos, que exigem maior precisão, as áreas e vazões deverão ser recalculadas.

Ano	Demanda (l/s)	Aumento da demanda (l/s)
1.996	6.395	
1.997	6.690	295
1.998	7.000	310
1.999	7.326	326
2.000	7.667	341

Fonte: Mazuchowski & Tosin, 1.997

Bacia do Altíssimo Iguaçu

Essa bacia possui 565 km². Abriga duas captações de água, a captação Iguaçu e a captação Iraí. A bacia do Altíssimo Iguaçu é constituída pelos mananciais Iraí, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Palmital, Itaqui e Pequeno, que produzem hoje no seu conjunto aproximadamente 5.600 l/s, já incluído o reservatório do Iraí (Projeto COBA/98). Quando da implantação das demais barragens, a serem construídas (Piraquara II e Pequeno), a capacidade dos mananciais do Altíssimo Iguaçu atingirá uma vazão disponível de 7.200 l/s. A bacia do Rio Atuba faz parte da bacia do Altíssimo Iguaçu, mas dado seu alto grau de degradação não é utilizada para captação, apresentando contudo grande importância no contexto da bacia, para garantir a vazão remanescente exigida pelo Decreto 974 de 9/12/1991.

Estes mananciais têm o seu barramento em pontos mais afastados e a vazão regularizada alcança o ponto de captação, que se situa mais próximo do centro de consumo, percorrendo o próprio leito do rio, sendo portanto uma opção bastante econômica. Esta concepção tem ainda a vantagem de otimizar as vazões passíveis de serem captadas, em função da utilização das bacias incrementais de forma associada. Outro ponto de grande importância destes mananciais é o fato de que por se localizarem na área de influência da Serra do Mar, apresentam altíssimos níveis de precipitação pluviométrica, caracterizando conseqüentemente altas vazões específicas. Pelas características apresentadas os mananciais do Altíssimo Iguaçu são fundamentais para o abastecimento público da RMC, pois representam hoje 61,70 % da oferta de água do

potencial da bacia do Alto Iguaçu, incluindo esta, coletados dentro da cidade e em uma posição topográfica extre-mamente favorável o que determina custos operacionais bastante reduzidos.

Devemos destacar ainda que o sistema de distribuição do Iguaçu não é interligado com o sistema Passaúna, e portanto qualquer problema de qualidade de água, causado por um acidente ou mesmo pela degradação paulatina, determinar á a interrupção total do abastecimento de água para cerca de 2 milhões de habitantes. Se um acidente com produtos tóxicos ocorrer na área de influência da barragem do Iraí, que comprometa a qualidade da água para o abastecimento público, o período de suspensão do abastecimento seria superior a 90 dias, sendo que este é o tempo estimado para o esgotamento da barragem, com a entrada da vazão média do ano de 17,5 l/s . km², entretanto deve-mos observar que não basta somente esgotar o lago, pois o produto tóxico fica aderente à superfície, o que prolonga ainda mais a "quarentena". Por esta razão deve ser implementado um sistema muito cuidadoso de prevenção de acidentes na BR-116 e no Contorno Leste, que passam dentro desta bacia. Além disto este risco deve ser também consi-derado na implantação de qualquer outra via de acesso e de outras atividades de risco na região.

Bacia do Rio Iraí - Com uma área de 113 km², a bacia do Iraí aumenta em 1.800 l/s a vazão atualmente produzida através de sua regularização e caracteriza-se como o principal manancial do Altíssimo Iguaçu. A bacia é protegida por meio de uma Área de Proteção Ambiental - APA através do Decreto Estadual n.º 1753 de 06/05/93. A proximidade das cidades da Região Metropolitana define um grande potencial de urbanização desses mananciais. A construção do Contorno Leste é um dos principais fatores de pressão nestas áreas, por cortar transversalmente a bacia à montante da barragem. Para evitar este risco, o Estudo de Impacto Ambiental da obra, definiu que esta estrada seria classe zero, o que impede a construção de alças de ligação no trecho. Além da ampliação de riscos de acidentes, é fundamental a estrita observação desta exigência, pois qualquer ligação rodoviária será um grande estímulo à ocupação desordenada dessa região

Pelas características ambientais da barragem do Iraí que tem uma profundidade média de apenas 6 metros e um tempo de detenção de 2 anos, há riscos de eutrofização. Por esta razão apesar da rigorosa limpeza da área, prévia ao enchimento do reservatório, é necessária a criteriosa observação de cuidados para evitar o lançamento de nutrientes através de qualquer tipo de esgoto. O Prosam (Programa de Saneamento Ambiental) investiu com sucesso, através do PMA 03, aproximadamente 15 milhões de dólares na coleta e tratamento de esgotos, produzidos na área de influência da captação, e após, lançados em outra bacia. Está prevista a coleta de esgotos (que serão levados à estação de tratamento Atuba Sul) à jusante da barragem, na área de influência, da Colônia Penal Agrícola e do Presídio, incluindo os efluentes da produção de suínos, após prévio tratamento a ser realizado pelo próprio Presídio. Os resíduos sólidos produzidos no Hospital Adauto Botelho, pela Penitenciária e pela Colônia Penal Agrícola, têm sido levados para fora da bacia, no entanto dependem de uma solução definitiva. Na cabeceira do Rio Curralinho, um dos formadores do Iraí, existe atividade de mineração o que estimula a ocupação desordenada da área. São também observadas atividades industriais na bacia do Capivari que também estimula a ocupação da bacia do Iraí dada a proximidade de suas cabeceiras. A exploração agrícola de maior expressão na bacia é na Colônia Faria, que por tradição não tem uso intensivo de agrotóxicos.

Bacia do Rio Iraizinho - As águas do Rio Iraizinho com uma bacia de 52,60 km², e uma vazão de 156 l/s, são contribuintes do Rio Iraí à jusante da barragem. Devido à influência da cidade de Piraquara, a qualidade da água encontra-se bastante comprometida. Como a localização desta bacia inviabiliza qualquer possibilidade de

desvio do rio da captação do Iguaçu é necessária a implantação de obras de coleta e tratamento de esgotos e da definição de políticas de regulamentação do uso e ocupação urbana e industrial.

Bacia do Rio do Meio - Com uma área de drenagem de 40 km², esta bacia produz uma vazão de 160 l/s de água de boa qualidade resultante de pequena urbanização, embora a existência de alguns loteamentos como o Conjunto Pio XII, que se localizam no espigão topográfico. Há também na bacia um clube de lazer que não causa pressão ambiental e é bastante compatível com a importância da área. Sugere-se loteamentos de chácaras de forma a garantir a ocupação ordenada da bacia com pequena densidade demográfica, reduzindo então a poluição chamada difusa.

Bacia do Rio Piraquara - As águas do Piraquara são regularizadas através de uma barragem existente cuja bacia possui 27 km² de área e, outra projetada com área de bacia de 58 km² a qual acrescentará ao sistema 600 l/s. A área total de 85 km² é protegida através do Decreto Estadual n.º 1754 de 6/5/96 que criou uma APA do Rio Piraquara à montante da futura barragem. Apresenta boa qualidade de água decorrente da excelente condição das áreas do reservatório Piraquara 1 e do uso predominante da bacia da futura barragem por chácaras e haras, onde quase inexistente ocupação através de loteamentos.

Bacia do Rio Palmital - Drenando os municípios de Colombo e de Pinhais, o Rio Palmital com uma bacia de 93 km² tem uma vazão de 372 l/s. O Rio recebe diversas contribuições de esgotos de áreas densamente povoadas, tais como a Vila Zumbi onde mais de 2.000 habitações não dispõem de estrutura de coleta e tratamento de esgoto. O carreamento de esgoto e lixo existente em galerias pluviais e valetas de drenagem nas fases iniciais de chuvas, especialmente após períodos de estiagem, provoca grandes alterações na qualidade da água (efeito valetão), o que tem causado paralisações frequentes na ETA Iguaçu. Para evitar as cheias na região está sendo construído o Canal Extravasador, por onde podem ser conduzidas as águas do Iraí até a captação do Iguaçu. Estas águas serão direcionadas à captação do Iguaçu, desviando, portanto, as águas do Palmital, caso persista o grau de poluição hoje existente. Ocorre contudo que a Prefeitura de Pinhais está desenvolvendo um trabalho intenso visando a melhoria das condições ambientais, desse Rio, podendo esse trabalho reverter o processo de degradação, o que poderá ser avaliado com o monitoramento de suas águas.

Em 14/3/94 foi criada a APA Municipal de Pinhais pelo Decreto n.º 134/94 a qual abrange uma parte importante do Município com a inclusão da Bacia do Palmital dentro desse Município. Com a perspectiva do envolvimento das diversas esferas do poder público, da sociedade e da iniciativa privada, podemos considerar que há possibilidade de melhorar paulatinamente a qualidade da água, pela implantação de sistemas de coleta e de tratamento avançado de esgotos, relocação de moradias, implantação de matas ciliares e revisão de critérios de urbanização. Somente com a avaliação dos resultados destes programas na qualidade das águas será possível avaliar a possibilidade de manutenção da captação de suas águas. Manter o Rio Palmital como manancial de Curitiba é um grande desafio, contudo é importante salientar que atualmente o mesmo não apresenta características de qualidade compatíveis com este uso. Entretanto todos os esforços direcionados neste sentido podem demonstrar a possibilidade de convivência pacífica entre um manancial e a urbanização.

Bacia do Rio Itaqui - Drenando uma área de 39,80 km² nos Municípios de Piraquara e São José dos Pinhais com loteamentos e com um processo de ocupação acelerada, o Rio Itaqui tem uma vazão de 118 l/s. Recebe também o efluente da ETE Borda do Campo (lagoa facultativa e de maturação), que apresenta uma eficiência superior a 95%. Outra parte da bacia foi contemplada pelo programa PMA -03 com o transporte do esgoto a ETE

Atuba Sul. Entretanto, devemos observar que a poluição difusa é diretamente proporcional à densidade demográfica da bacia, o que demonstra que o sistema de esgoto instalado por si só não representará a boa qualidade do manancial.

Bacia do Rio Pequeno - A bacia do Rio Pequeno tem uma área de 140 km² que produz 630 l/s a fio d'água, apresentando uma elevada vazão específica mínima, da ordem de 4,5 l/s.km² Q(10,7), segundo o Plano Diretor. A área definida pela futura barragem será de 62.3 km², capaz de regularizar um acréscimo de vazão de 1.000 l/s. Esta bacia apresenta intensa ocupação urbana numa área cerca de 50 km² à jusante do Rio Quissis-sana e no Distrito Industrial de São José dos Pinhais. A foz do Rio Pequeno situava-se à jusante da Captação do Iguaçu, a qual através de um canal foi desviada para montante. Encontra-se protegida, à montante da futura barragem, por uma APA (Decreto 1752 de 6/5/93).

Embora atualmente suas águas não estejam sendo utilizadas para o abastecimento público, devido à sua proximidade e produção favorável, esse Rio inevitavelmente voltará a ser manancial de abastecimento. A região mais à montante da bacia apresenta bom potencial, pois há uma boa cobertura florestal. Nesta região verifica-se a agricultura de subsistência e pequenas indústrias como abatedouros de aves.

No caso da construção da barragem dois problemas deverão ser avaliados: a existência de cerca de 2 km de oleoduto que ficariam inundados e o projeto de uma ferrovia, com cerca de 7 km na área de inundação, que já tem algumas obras de arte construídas e demandaria uma revisão de traçado, preferencialmente fora da área de influência da bacia.

É importante frisar que a existência do oleoduto na área a ser alagada constitui uma séria interferência a ser estudada, uma vez que, a Petrobrás não permite que o mesmo fique submerso.

Bacia do Alto Iguaçu

Margem esquerda

Bacia do Rio Miringuava - Esta bacia localiza-se ao sul da cidade de Curitiba e tem um área total de 303 km², capaz de produzir 898 l/s. Após a construção da barragem com uma área de 71,9 km², a vazão regularizada no pé da barragem será de 1.600 l/s. A bacia incremental entre a barragem e a captação será da ordem de 40 km², portanto totalizando uma área útil de 101.9 km².

A cabeceira da bacia apresenta hoje boas condições de preservação, porém há pressão para desmatamentos gerada pela agricultura. Atualmente a maior expressão agrícola da bacia é da Colônia Muricy, localizada entre a captação e a barragem, na qual desenvolve agricultura convencional com o uso intensivo de agrotóxicos. Segundo o Plano Diretor de 1992, a vazão máxima para os irrigantes deverá atingir hoje cerca de 400 l/s, o que corresponde a um volume anual de 1.400.000 m³. Abaixo da barragem, porém dentro da área da bacia incremental, portanto com influência na captação existe o oleoduto da Petrobrás. Mais à jusante, abaixo do ponto de captação previsto, verifica-se grande ocupação por loteamentos, influência da própria expansão urbana de São José dos Pinhais e várias indústrias de grande porte.

Bacias dos rios Cerro Azul e Campina - As bacias dos rios Cerro Azul e Campina estão consideradas de forma integrada, pois são paralelas, muito próximas e sujeitas aos mesmos riscos ambientais e que têm a previsão de captação após a sua confluência, formando o Rio Miringuava Mirim. Ambas as barragens recebem as águas de uma área aproximada de 95 km², gerando uma vazão regularizada de 1.620 l/s, sem levar em conta a vazão de jusante.

Praticamente no divisor de águas entre as duas bacias, encontramos a BR-376 gerando riscos de acidentes com cargas tóxicas e pressão de uso. A presença de grandes empresas na cabeceira do Rio da Campina é também um fator de estímulo à urbanização e da implantação de novas indústrias. Este conjunto de fatores determina uma grande probabilidade de problemas futuros com a conservação destas áreas. Portanto no panorama atual de aproveitamento de mananciais, essas bacias não estão sendo consideradas para o abastecimento público.

Bacias dos rios Cotia e Des-pique - Inicialmente havia previsão da construção de uma barragem logo abaixo da confluência destes dois rios e portanto foram considerados associadamente. Diante de uma série de interferências de correntes do desenvolvimento regional o aproveitamento desses rios foi individualizado para os rios Cotia e Despique. A bacia contribuinte do Rio Cotia tem uma área aproximada de 48km², que gera uma vazão mínima cerca de 200 l/s Q (10,7); o Rio Despique à montante da barragem tem aproximadamente 53 km² de bacia com uma vazão de 650 l/s (180 l/s a fio d'água). Existe atualmente uma captação de água para fins industriais no Rio Cotia, para o qual está descartada a hipótese de regularizar sua vazão por meio de barragem, por estar muito próximo do complexo industrial Audi (montadora de automóveis), e também, por não apresentar condições topográficas favoráveis.

Devido à influência do Distrito Industrial de Fazenda Rio Grande e do oleoduto/gasoduto, há uma proposta de revisão do Plano Diretor alterando o local da barragem à montante do oleoduto e do gasoduto da Petrobrás. Desta forma as vazões disponíveis seriam reduzidas, porém com melhor perspectiva de manutenção da qualidade das águas. A bacia do Rio Despique tem uma importância estratégica, pois suas cabeceiras encontram-se em posição topograficamente adequada para receber um aporte de 1.000 l/s de água proveniente da bacia do Rio da Várzea (com barragem de 3.600 l/s) A adutora que faria esta transposição teria um comprimento de aproximadamente 8 km. Estudos futuros poderão definir uma vazão inferior a esta, em função da existência do oleoduto com cotas de inundação também inferiores.

Bacia do Rio Maurício - Embora com uma grande área de drenagem de 138 km² que produz uma vazão de 409 l/s sem regularização, a previsão de barragem fica à montante da BR-116 recebendo água de uma área de 36 km² gerando uma vazão regularizada de 590 l/s. O Plano Diretor previu a barragem nesta posição devido à existência de um plano de irrigação nas áreas de influência do Maurício e do Rio das Onças e pela influência do Distrito Industrial de Mandirituba. A cabeceira deste rio é moderadamente conservada e embora se situe próximo da BR 116, a rodovia não drena suas águas para a área da barragem. Da mesma forma, não obstante a proximidade do município de Mandirituba, a orientação do crescimento urbano é direcionada ao longo da rodovia, o que evita a pressão de urbanização na área da barragem.

Bacia do Rio da Onças (Mandirituba) - Existem na Região dois rios denominados como "das Onças", sendo um situado em Mandirituba, afluente do Maurício e outro situado à jusante da BR 476 que deságua no Iguaçu. O Rio das Onças (Mandirituba) drena uma pequena bacia de 29 km² produzindo uma vazão de 450 l/s após regularização. Este rio sofre influência do Distrito Industrial de Mandirituba, do uso de água para irrigação e da agricultura intensiva.

Bacia do Rio Faxinal - Com uma bacia de drenagem de 95,6 km², a vazão mínima do Rio Faxinal é da ordem de 340 l/s. que após regularização com barragem, que recebe as águas de 63,3 km², alcançará 1.020 l/s. O principal problema desta bacia é o uso de água para irrigação e o uso em agricultura intensiva. Da mesma forma que a bacia do Despique, as cabeceiras do Faxinal se confrontam com o Rio do Poço (bacia do Várzea), de onde por meio de uma adutora de 10 a 15 km, poderia ser transposta uma vazão da ordem de 1.700 l/s com implantação de barragem.

Bacia do Rio das Onças (Contenda) - O Rio das Onças se situa a aproximadamente 45 km de Curitiba e drena uma área de 75.6 km² produzindo uma vazão a fio d'água de 200 l/s que regularizada seria ampliada para 1020 l/s. O principal problema desta bacia é a BR-476 que corta transversalmente as suas cabeceiras, trazendo riscos de acidentes e facilita a sua ocupação, pois se encontra na área de influência urbana de Contenda e Araucária. Um novo estudo desse rio certamente excluirá a bacia de jusante da BR-476.

Bacia do Rio Piunduva - Com uma pequena bacia de 25 km² tem uma vazão de 72 l/s que regularizada poderia produzir 390 l/s. Tem os mesmos problemas do Rio das Onças, pois situa-se ao lado, porém com influência urbana de Contenda.

Bacia do Rio Verde - O Rio Verde drena uma área de 257 km² e tem uma vazão mínima de 730 l/s, sendo hoje utilizado pela Petrobrás e por esta razão não é considerado como manancial potencial. Parte de suas águas deverão ser utilizadas para o abastecimento de Campo Largo.

Margem direita

Bacia do Rio Passaúna - A bacia de drenagem do Rio Passaúna ocupa uma área de 145 km² produz 2.000 l/s para o sistema de Curitiba, protegida por uma APA criada em 1.991. Praticamente toda a área é transposta pela BR 277 o que determina riscos de acidentes e pressão de ocupação urbana dos municípios de Curitiba e Campo Largo. Existe atividade industrial e agrícola com o cultivo da batata.

Bacia do Rio Itaqui - O Rio Itaqui com uma bacia de drenagem de 128 km² e com uma vazão de 512 l/s poderia alcançar cerca de 2.000 l/s com regularização.

Ocorre contudo que este Rio está sendo abandonado como manancial de Campo Largo devido à urbanização desse próprio município e portanto a sua utilização demandaria um intenso programa de recuperação da qualidade. Será substituído pelo Rio Verde.

Bacia do Rio da Várzea

O Rio da Várzea faz parte da bacia do Iguaçu, porém como a sua foz fica muito distante de Curitiba, a possível captação seria realizada aproximadamente a 60 km e suas águas seriam transportadas por meio de adutora. Com uma área de 475 km², tem uma vazão estimada de 8.780 l/s; trata-se portanto de uma bacia muito produtiva, pois nasce na Serra do Mar, onde a pluviosidade é muito elevada.

O desnível topográfico em relação a Curitiba é de aproximadamente 130 m, o que determinaria uma altura manométrica total de 280 mca (considerando a perda de carga de 2,5 m/km a distância de 60 km), com reflexos significativos nos custos de

implantação e operacional.

A bacia é cortada pela BR 376 nas cabeceiras, porém como a proposta do ponto de captação seria na foz do Rio Caí, ficaria parcialmente fora da influência da BR-116. Outras estradas internas que ligam Rio Negrinho e Areia Branca também são fatores que pressionam a qualidade das águas. Esta bacia tem grande potencial agrícola e é utilizada com agricultura intensiva.

Sofre influência dos municípios de Tijucas do Sul, Agudos do Sul e Distritos como Areia Branca dos Assis, Campestre, Tabatinga, Morro Vermelho, Campo Alto e ainda vários lugarejos onde habitam os agricultores e demais moradores da bacia.

Bacia do Ribeira

Bacia do Rio Capivari - Apresenta uma vazão de 17.100 l/s com uma distância aproximada de 50 km de Curitiba. Esta barragem é utilizada para a geração de energia elétrica pela Copel que através de um túnel lança suas águas em um desnível de cerca 750 metros ao Rio Cachoeira, gerando 250 MW. Desta forma qualquer utilização desse rio para abastecimento público deverá ser negociada com a empresa concessionária a fim de cobrir o valor da energia não-gerada.

Já foram avaliadas contudo, alternativas de aproveitamento parcial pela transposição de aproximadamente 1.000 l/s para a bacia do Iraí. Neste caso a Sanepar deveria ressarcir a Copel pela água utilizada ou ainda lançar água de outra bacia para compensar a retirada de água do Capivari.

A bacia sofre influência urbana de Campina Grande do Sul, Bocaiúva do Sul, parte de Colombo e outras localidades. Sobre estas áreas também há influência da agricultura, especialmente de Colombo.

Bacia do Açungui - Com 1.265 km² de bacia o Açungui tem uma vazão mínima de 3.030 l/s, que regularizados poderiam produzir 14.400 l/s (já descontada a vazão de jusante).

A grande vantagem desta bacia, além do alto potencial hídrico, é o seu baixo potencial agrícola e urbano. Assim as vertentes de fortes declives têm boa cobertura vegetal e encontram-se bem protegidas.

Sofre influência de São Luiz de Purunã, porém não há grande pressão urbana. Com um desnível topográfico de aproximadamente 425 m e com uma distância de 50 km, a pressão manométrica seria de cerca de 620 mca, o que determina um alto custo operacional e de implantação.

Bacia do Rio Cubatão

Bacia do Rio Arraial - Esta bacia apresenta uma vazão útil de 6.300 l/s que também é usada para a geração de energia elétrica pela Copel e portanto a sua utilização dependeria de ressarcimento àquela companhia. A forma de utilização seria pela transposição de bacia para o Pequeno ou para o Miringuava por um túnel, portanto com altos custos de investimento. A distância da adutora seria de aproximadamente 15 km e

um desnível maior que 150 m, sendo necessária uma pressão de cerca de 240 mca.

Aqüíferos subterrâneos

Estima-se que em Curitiba e nos municípios próximos, a exploração dos aquíferos subterrâneos pode atingir a 2m³/s. Relacionando-se aos aproximadamente 7m³/s captados pela Sanepar dos rios formadores e afluentes do Rio Iguaçu, esta considerável vazão está sendo extraída através de mais de 2.000 poços distribuídos por toda a região. Desses, 124 são explorados pela Sanepar e os demais por indústrias, condomínios, hospitais, postos de gasolina, sistemas rurais, poços do sistema municipal de abastecimento público de Rio Branco do Sul, etc.

Embora pouco estudada, a contribuição dessas reservas de água naturalmente puras reveste-se de grande importância estratégica para a região de maior desenvolvimento e de maior concentração populacional do Estado do Paraná. Ainda mais quando se constata que a Grande Curitiba está localizada em região de pouca disponibilidade de água, e onde já é preocupante a crescente escassez de água para consumo humano.

1. Aquífero Karst

O Aquífero Karst é o mais importante. Ocorre nos municípios situados ao Norte de Curitiba, desde Campo Largo até Bocaiúva do Sul, e mais ao norte, até a divisa com o Estado de São Paulo, numa área total de 2.800 km². É formado por estruturas criadas pela carstificação de rochas carbonáticas, resultando quase sempre em águas minerais alcalino terrosas. Estas estruturas estanques são compartimentadas por diques de diabásio, filitos e quartzitos. Estudos indicam sua reserva de capacidade de produção total estimada entre 7 e 14 m³/s. Suas principais características, além das já citadas, são a grande sensibilidade às agressões antrópicas e a fragilidade geotécnica provocada pelo processo natural de dissolução da rocha pela ação da água. Muitos dos compartimentos já estão com suas águas contaminadas. Já ocorreram muitos acidentes e danos em propriedades construídas em áreas sujeitas a carstificação, mostrando claramente a necessidade de cuidados especiais com relação ao uso e ocupação do solo e indicando a incompatibilidade com a urbanização. Todos os municípios citados já são abastecidos por meio de poços cujas vazões variam de 10 a 200 m³/h. Até 2002 a Sanepar estará extraindo 1 m³/s de água desse aquífero. Cumpre ressaltar que a quase totalidade desses municípios não dispõe de fontes alternativas viáveis para seu abastecimento, ensejando desde já a necessidade de elaboração de planejamento regional de longa duração, com vistas à sua conservação.

A região do Karst mais próxima de Curitiba foi incluída na Legislação de Proteção de Mananciais da Região Metropolitana de Curitiba. A regulamentação do uso e ocupação do solo está sendo estudada pela Comec (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba).

2. Aquífero Guabirotuba

São formados por pacotes argilo siltosos com lentes arenosas situados sobre o embasamento cristalino e ocorre a leste de Curitiba. É o de menor expressão e a

Sanepar explora poços situados em Pinhais (Iapar) próximos do reservatório do Rio Iraí. A Sanepar está desenvolvendo um projeto de pesquisa com vistas à possibilidade de utilização desse reservatório com fonte de recarga artificial dos pacotes do aquífero e, conseqüentemente espera aumento de produção dos mesmos.

Uma região do aquífero apresentou ferro e manganês, indicando a possibilidade de contaminação por um antigo lixão existente sobre o mesmo. Os poços têm profundidade média de 100 m e sua vazão varia de 10 a 40 m³/h.

3. Embasamento Cristalino

Este aquífero é pobre e as vazões normalmente encontradas são baixas. É formado por rochas migmatíticas e as vazões encontradas ocorrem em estruturas geológicas ou fraturamentos encontrados nessas rochas. Curitiba e os municípios próximos localizados a leste, a oeste e ao sul dispõem desse aquífero. É um aquífero protegido. 70% dos poços perfurados têm suas entradas de água situadas entre 50 e 200 m de profundidade, porém em 58% deles, sua produção é limitada entre 2 e 10 m³/h.

Já é fato conhecido em Curitiba, que devido ao grande número de poços construídos por edifícios e condomínios, e devido a proximidade entre eles, já se tem conhecimento da exaustão e de contaminação do aquífero. A forma mais provável de contaminação é aquela provocada pela má qualidade das construções dos poços, especialmente quando não há os "selos sanitários". Este fator, aliado à prática usual de exploração desordenada, sem fiscalização e sem tratamento químico adequado desta água, pode colocar em risco a saúde dos usuários quando utilizada para abastecimento humano.

Conclusões

O crescimento urbano desordenado e de uma agricultura predatória sobre os rios utilizados para o abastecimento público, tem apresentado graves reflexos na qualidade das águas, com altos custos econômicos e sociais. A lógica da degradação progressiva dos mananciais próximos às cidades, transformando-os em cadáveres fétidos que envergonham a paisagem das principais cidades brasileiras, apresenta limites ambientais que se tornam mais claros a cada dia, demonstrando situações críticas em cenários de um futuro próximo;

- O setor de saneamento necessita incluir o desafio da conservação de mananciais nas diversas etapas do processo, desde o planejamento até a operação, em todos os níveis institucionais das companhias de saneamento;

- Os novos projetos devem avaliar os pontos de captação, considerando cenários futuros de desenvolvimento para relacionar as diferentes opções técnicas. Esta definição deve ser realizada após negociações interinstitucionais onde as conseqüências ao desenvolvimento das diferentes alternativas, tenham sido informadas e discutidas;

- As informações sobre a definição de mananciais, suas áreas de influência e conseqüências ao desenvolvimento devem ser amplamente demonstradas por meio de instrumentos específicos de informação para os diferentes níveis (escolas, políticos, agricultores, ONGs, associações profissionais, associações de empresários e trabalhadores, sindicatos, etc.) ;

· Deve ser acompanhada a execução de Planos de Mananciais, compostos no mínimo de Programas de uso e manejo de solos, organização do desenvolvimento urbano, minimização de riscos de transporte, controle da poluição industrial, monitoramento e divulgação através de estrutura específica.

Referências bibliográficas

DALARMI, O. Utilização futura dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Curitiba. **Sanare**, Curitiba, v.4, n.4, p.31-43. 1995.

DECONTO, L; SANTOS, J.C.R. Produção de desinfetantes in loco: experiência da SANEPAR. **Sanare**, Curitiba, v.4, n.4, p. 15-21. 1995.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **The master plan study on the utilization of water resources in Paraná State**. Curitiba, 1995.

LARA, A. I.; ANDREOLI, C.V.; ANDREOLI, F.N.. Conservação e mananciais: a visão das companhias de saneamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (20. : 1999 : Rio de Janeiro). **Anais...** Rio de Janeiro : ABES, 1999. Em Cd-Rom.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; TOSIN, P. C. **Curso de gestão ambiental municipal**. Curitiba : Consórcio do Rio Tibagi, 1997

SANTOS, R.J.R. Programa de Conservação de Mananciais. **Sanare**, Curitiba, v.9, n.9, p.33-40. 1998.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao engenheiro Arlineu Ribas da USHG - Unidade de Serviço de Hidrogeologia da Sanepar, pelas informações sobre os aquíferos subterrâneos.

Autores

Cleverson Vitório Andreoli,

Engenheiro agrônomo, mestre em Agronomia, doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento, professor do Departamento de Solos da UFPR, coordenador do Programa Interdisciplinar de Pesquisa sobre Gestão de Mananciais da Sanepar

Oswaldo Dalarmi,

Engenheiro civil, especialista em Saneamento Básico, engenheiro da Sanepar de 1964-1998

Aderlene Inês Lara,

Bióloga, MSc em Zoologia, pesquisadora do Programa Interdisciplinar de Pesquisa em Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto - Plano de Gerenciamento de Mananciais da Sanepar

Eloize Motter Rodrigues,

Engenheira química, especialista em Gestão Técnica do Meio Urbano, engenheira técnica da Sanepar

Fabiana De Nadai Andreoli,

Engenheira civil, MSc. em Engenharia Ambiental, professora do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR, pesquisadora do Instituto de Saneamento Ambiental - Isam/PUC-PR.

PRODUÇÃO DE LODO EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E O SEU USO NO CULTIVO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NE REGIÃO SUDOESTE DO BRASIL

Neste trabalho estudou-se a utilização do lodo da lagoa anaeróbia, do conjunto habitacional de Eldorado, localizado no município da Serra, na região metropolitana de Vitória (ES), operada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), para fertilização de substratos utilizados na produção de mudas em fase de viveiro. Como planta indicadora, dos efeitos da utilização do lodo de esgoto na produção de matéria seca e disponibilidade de nutrientes, utilizou-se o Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong.).

Foram utilizados dois processos de higienização do lodo, a calagem a 50% do peso seco do lodo e a pasteurização à 700 C por 30 minutos. Realizaram-se estudos comparativos entre as concentrações de lodo e seus efeitos na produção de mudas, por meio da avaliação dos teores dos nutrientes na parte aérea e no solo, além do desenvolvimento das mudas. Os substratos foram preparados utilizando-se misturas de diferentes concentrações de lodos higienizados com terra de subsolo nas proporções 0, 25, 50, 75 e 100%. Foram realizadas em nível de laboratório, a avaliação da matéria seca da parte aérea das mudas e análise química dos substratos 3 meses após a semeadura. Dentre os tratamentos utilizando lodo calado, a concentração de 25% de lodo foi a que apresentou o melhor resultado para o crescimento das mudas, seguido daqueles com 50% e 75% de lodo calado. No experimento com lodo pasteurizado, o comportamento das mudas foi diferenciado. Todos os tratamentos apresentaram um desenvolvimento superior ao apresentado pela testemunha, destacando-se os tratamentos na seguinte ordem: 100%, 75% e 50% de lodo pasteurizado.

Introdução

A produção de mudas de espécies florestais nativas em viveiro é usada com objetivos ambientais, tais como recuperação de áreas degradadas e reflorestamento de mata ciliar. Atualmente, destaca-se como uma alternativa viável, devido à intensa devastação das florestas nativas, como a Mata Atlântica, onde as espécies de maior valor econômico foram praticamente extintas, em razão da exploração desordenada para fins energéticos, madeireiro e agropecuário (SEAG, 1989).

As condições edafoclimáticas influenciam, de maneira geral, o bom desenvolvimento e produtividade das espécies florestais. Neste contexto, as condições de solo e tratos silviculturais adequados são fundamentais no processo produtivo. Os substratos orgânicos utilizados na fase de viveiro em silvicultura são, na sua maioria, pobres em nutrientes essenciais ao crescimento da planta, e nesse sentido, a fertilização é um dos fatores mais importantes para garantir um bom desenvolvimento das mudas. A utilização

de um substrato que promova um rápido crescimento inicial das mudas é fundamental para melhorar a tecnologia de produção na fase de viveiro, com uma expectativa de atender a demanda de mudas para um mercado em franca expansão (MORAIS *et al.*, 1996).

As lagoas de estabilização são os sistemas de tratamento biológico mais utilizados no Brasil, entretanto não tem sido dada a devida importância à problemática do volume de lodo produzido pelas lagoas bem como a sua disposição. O lodo produzido em cerca de 90% das lagoas na Região Sudeste do Brasil nunca foi removido, e diversas lagoas anaeróbias possuem mais que 50% de seu volume ocupado com lodo (GONÇALVES *et al.*, 1998).

Deste modo, este trabalho viabiliza a utilização do lodo produzido em lagoas de estabilização como substrato na produção de mudas de espécies florestais e como alternativa de disposição desse rejeito. Vale ressaltar, que o lodo apresenta em sua constituição os nutrientes nitrogênio e fósforo que permitem uma diminuição drástica da necessidade de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, além da matéria orgânica que melhora a estrutura do solo.

Material e Métodos

Os experimentos foram condu-zidos em casa de vegetação, localizada no Campus da UFES (Universidade Federal do Espírito Santo) Centro Tecnológico / Vitória - ES - Departamento de Hidráulica e Saneamento. O lodo utilizado é originário da Estação de Tratamento de Esgoto de Eldorado, localizada no Município da Serra, na região da Grande Vitória, operada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan). Referida ETE trata esgotos com características médias essencialmente de origem doméstica, sendo composta por uma lagoa anaeróbia e uma lagoa facultativa operando em série.

Após a remoção do lodo da lagoa anaeróbia, este foi disposto no leito de secagem para desidratação e coletas das amostras, que em seguida foram homogeneizadas e retirada uma alíquota de 300 g para análises físico-químicas, bacteriológicas e parasitológicas.

Análise físico-química - Os parâmetros analisados nesta etapa foram pH, Sólidos totais (ST), Sólidos voláteis (%ST), Sólidos fixos (%ST), Ptotal, e NTK.

Análise bacteriológica - Foi utilizada a técnica de tubos múltiplos para as análises bacteriológicas, de acordo com as normas da CETESB L.5 202, em conformidade com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, para a determinação da densidade de coliformes fecais, cujos resultados foram expressos em col./g ST.

Experimento 1	
TRATAMENTO	COMPOSIÇÃO
1	Terra (Sem adição de lodo)
2	25% (25% lodo calado + 75% terra)
3	50% (50% lodo calado) + 50% terra)
4	75% (75% lodo calado + 25% terra)
5	100% (100% lodo calado)

Experimento 2	
TRATAMENTO	COMPOSIÇÃO
1	Terra (Sem adição de lodo)
2	25% (25% lodo pasteurizado + 75% terra)
3	50% (50% lodo pasteurizado) + 50% terra)
4	75% (75% lodo pasteurizado + 25% terra)
5	100% (100% lodo pasteurizado)

Análise parasitológica - Utilizou-se os procedimentos de acordo com as normas da CETESB L5.550 para identificação e contagem de ovos de helmintos e os resultados foram ex-pressos em org /g ST .

Os processos de higienização do lodo utilizados neste estudo foram os de estabilização química com a cal virgem (Calagem) e a Pasteurização.

A calagem do lodo foi realizada a 30% de sólidos totais, utilizando-se a cal virgem (CaO) a 50% do peso seco do lodo.

No processo de higienização por pasteurização o lodo foi retirado do leito de secagem, levado para estufa com circulação forçada de ar em bandejas (54 x 48 x 18 cm), até atingir 700 C por no mínimo 30 minutos, conforme recomendado pela EPA (1992).

As composições dos substratos constituíram-se das seguintes concentrações:

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições. As parcelas constituíram-se de 20 plantas úteis, no total de 400 mudas para cada experimento. Foram utilizados recipientes plásticos de polietileno de coloração preta (saquinhos plásticos) nas dimensões de 12,0 x 20,0 x 8,0 cm com furos especiais para produção de mudas.

As características avaliadas nos experimentos foram:

- a) Altura total das mudas (cm)
- b) Crescimento em diâmetro (mm)
- c) Peso da matéria seca da parte aérea MSPA (g)
- d) Peso da matéria seca do sistema radicular MSSR (g)
- e) Teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Al, , Fe, Zn, Cu, Mn e B nos substratos antes e após o cultivo além da determinação do pH e % de Matéria Orgânica.
- f) Teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, B e Cu .

Resultados e Discussão

Análise Físico-Química

As análises físico-químicas indicam o avançado estágio de mineralização do lodo, influenciados pelo longo período de residência do lodo na lagoa, tais como 22 % de sólidos totais, 35%ST sólidos voláteis, 2% de nitrogênio (NTK/ST), 0,8 % de fósforo (Ptotal/ST) e pH em torno de 7,5.

Análise Microbiológica

A quantificação de coliformes fecais no lodo bruto, apresentou valores médios de 5,3 x 10⁴col./g ST. Os resultados de contagem e identificação de ovos de helmintos e contagem de larvas de helmintos nas amostras de lodo, foram de 04 ovos/g ST de *Ascaris lumbricoides* no lodo bruto. A calagem do lodo realizada a 30% de sólidos totais, utilizando-se a cal virgem (CaO) a 50% do peso seco do lodo, não apresentou crescimento de coliformes fecais e de ovos e larvas de helmintos. O pH do lodo foi considerado elevado, em torno de 12, no momento da calagem, ocasionando um ambiente alcalino, que atua como meio eficiente na higienização do lodo, impedindo o desenvolvimento dos microrganismos. Esses resultados demonstram a eficiência da calagem na redução do número de helmintos em relação a seus teores iniciais nas amostras de lodo bruto. Fernandes *et al.*, (1996) confirma estes resultados em estudos de eficiência de desinfecção de lodos de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) utilizando a cal virgem, obtendo uma redução de helmintos em torno de 90,68%. No experimento utilizando a pasteurização, como forma de higienização, os valores obtidos para coliformes fecais foram de 1,0 x 10⁴ col./g ST e 2 ovos/g ST de *Ascaris lumbricoides*. Os processos de calagem e pasteurização do lodo foram eficientes na higienização, onde verificou-se valores inferiores aos da regulamentação EPA(1992) parte 40 CRF-503, que estabelece 2 x 10⁶col./g ST para lodos Classe B.

Nutrição de Plantas

Os resultados das análises química dos substratos para os teores de P, K, Ca, Mg Al, H+Al3, pH, MO, Fe. Zn. Cu, Mn e B nos tratamentos com Lodo Calado, antes do cultivo, são mostrados na *Tabela 1*. Esses resultados revelam que o pH em torno de 12, em todos os tratamentos, favoreceu a indisponibilidade de P, K e principalmente dos micronutrientes. O teor de Al foi inexistente, destacando o efeito da calagem na precipitação do Al trocável, além da maior concentração de Ca e Mg.

Tabela 1 - Análise química dos substratos utilizando lodo calado (antes do cultivo)

TRATAMENTO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al3	pH	M.O	Fe	Zn	Cu	Mn	B
	mg/dm	mg/dm	cmol. / dm	cmol. / dm	cmol. / dm	cmol. / dm		dag/dm	dag/dm	mg/dm	mg/dm	mg/dm	mg/dm
0% (Terra)	3	3	0,5	0,3	0	1,9	6,2	0,3	22	0,4	0,2	1	0,33
25%	7	20	32,4	3,1	0	0,0	12,1	0,8	2	0,1	0,3	1	1,76
50%	1	65	49,8	3,2	0	0,0	12,2	1,4	2	0,1	1,3	1	0,3
75%	1	56	59,2	3,9	0	0,0	12,2	1,6	2	0,3	3,6	1	0,7
100%	1	74	57,4	4,5	0	0,0	12,1	1,6	3	1,0	5,0	1	1,79

(H+Al)Acidez potencial; (M.O) Matéria Orgânica.

Tabela 2 - Análise química dos substrato utilizando lodo pasteurizado (antes do cultivo)

TRATAMENTO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al3	pH	M.O	Fe	Zn	Cu	Mn	B
	mg/dm	mg/dm	cmol. / dm	cmol. / dm	cmol. / dm	cmol. / dm		dag/dm	dag/dm	mg/dm	mg/dm	mg/dm	mg/dm
0% (Terra)	3	3	0,5	0,3	0,0	1,9	6,2	0,3	22	0,4	0,2	1	0,33
25%	33	40	7,3	0,4	0,0	1,3	7,3	0,8	202	32,5	0,8	11	0,66
50%	83	75	11,8	0,5	0,0	1,0	7,7	1,9	480	67,0	3,0	22	1,11
75%	132	55	11,8	0,8	0,0	1,3	7,4	3,0	738	99,9	3,8	38	0,7
100%	203	216	20,2	1,8	0,0	1,3	7,3	5,4	821	41,5	3,0	65	1,82

(H+Al)Acidez potencial; (M.O) Matéria Orgânica.

As mudas que receberam os tratamentos com 25% e 50% de lodo calado apresentaram teores foliares de nitrogênio de 4,13 e 4,29 g/kg respectivamente, diferindo estatisticamente da testemunha que apresentou 2,08 g/kg e não diferindo significativamente dos tratamentos com 75% e 100% de lodo calado. Os teores foliares de N foram maiores nos tratamentos que apresentaram substrato inicial com menores concentrações de lodo calado (Tabela 3). Estes resultados podem ser atribuídos ao efeito da calagem na perda de nitrogênio pela volatilização da amônia.

Quanto aos resultados das análises química dos substratos para os teores de P, K, Ca, Mg Al, H+Al³⁺, pH, MO, Fe, Zn, Cu, Mn e B nos tratamentos com lodo pasteurizado, antes do cultivo, verificou-se que as maiores concentrações de matéria orgânica residem nos tratamentos utilizando 75 e 100% de lodo pasteurizado, apresentando, respectivamente, 3,0 e 5,4 dag/ dm³ e que o pH dos referidos tratamentos com valores 7,4 e 7,3 podem ter contribuído para a elevada concentração de P, K, Fe, Zn e Mn apresentadas nos substratos.

A Figura 1 representa os valores médios para a altura final, diâmetro, número de folhas e biomassa obtidas na última avaliação das mudas de Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong.), em função das doses crescentes de adubação com lodo calado. Os baixos crescimentos em altura, observados nos tratamentos com maiores concentrações de lodo calado podem ser atribuídos, ao elevado valor de pH conferidos pela calagem a 50% do peso seco (Tabela 1). A calagem do lodo promoveu uma condição de alcalinidade do substrato, o que favoreceu a perda por volatilização para o nitrogênio e a lixiviação dos micro-nutrientes, tornando-os indisponíveis às plantas, o que reduziu o crescimento em altura das mudas.

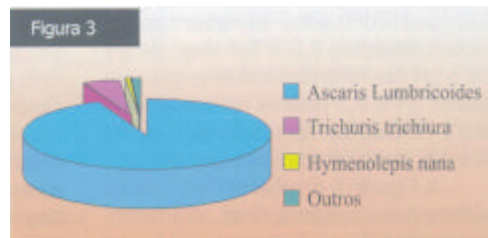
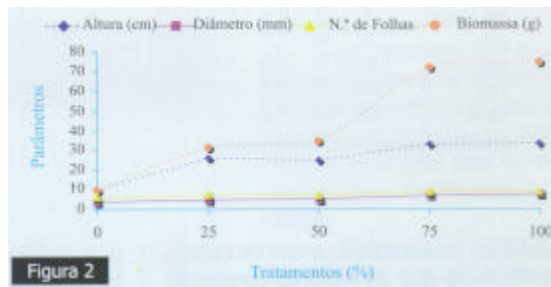
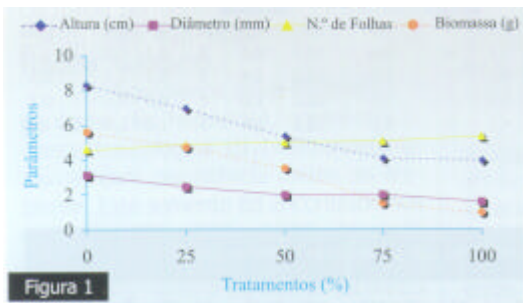
Quanto aos resultados das análises químicas dos substratos utilizando lodo pasteurizado, antes do cultivo utilizando os maiores teores de matéria orgânica residem nos tratamentos utilizando 75 e 100% de lodo pasteurizado, apresentando, respectivamente 3,0 e 5,4 dag/ dm³ e que o pH dos referidos tratamentos com valores 7,4 e 7,3 podem ter contribuído para a elevadas concentrações de P, K, Fe, Zn e Mn apresentadas nos substratos (Tabela 2).

A Figura 2 representa os valores médios de altura final, diâmetro, número de folhas e biomassa obtidas na última avaliação, das mudas de Tamboril, em função das doses crescentes de adubação com lodo pasteurizado. Os tratamentos utilizando maiores concentrações, tais como 75% e 100% de lodo pasteurizado, apresentaram 32,82 e 33,36 cm de altura respectivamente e não diferiram significativamente entre si, mas diferiram do tratamento utilizando-se 0%, 25% e 50%. Estes incrementos em altura, estão relacionados aos acréscimos de matéria orgânica proporcionados pelas maiores concentrações de lodo pasteurizado.

Figura 1 - Variação dos parâmetros de crescimento nas plântulas de Tamboril em função das concentrações de Lodo Calado nos substratos.

Figura 2 - Variação dos parâmetros de crescimento nas plântulas de Tamboril em função das concentrações de lodo pasteurizado nos substratos.

Figura 3 - Helmintos encontrados nas amostras do lodo produzido na lagoa anaeróbia de Eldorado.



Caracterização microbiológica do lodo

Dentre os helmintos encontrados nas amostras de lodo bruto podemos destacar três espécies de parasitas, *Ascaris lumbricoides* que foram os helmintos mais abundantes (94%), seguidos pelo *Trichuris trichiura* (5%) e *Hymenolepis nana* (0,4%) (Figura 3).

Higienização do lodo com cal virgem

A quantificação de coliformes fecais no lodo bruto, apresentou valores médios de $5,3 \times 10^4$ col./g ST. A calagem do lodo realizada a 30% de sólidos totais, utilizando-se a cal virgem (CaO) a 50% do peso seco do lodo, não apresentou crescimento de coliformes fecais e de ovos e larvas de helmintos. O pH do lodo foi considerado elevado, em torno de 12, no momento da calagem, ocasionando um ambiente alcalino, que atua como meio eficiente na higienização do lodo, impedindo o desenvolvimento dos microrganismos. Estes resultados demonstraram a eficiência da calagem na redução do número de helmintos em relação a seus teores iniciais nas amostras de lodo bruto. Fernandes *et al.*, (1996) confirma estes resultados em estudos de eficiência de desinfecção de lodos de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) utilizando a cal virgem, obtendo uma redução de helmintos em torno de 90,68%.

Tabela 3 - Teores foliares de nutrientes das plântula submetidas aos tratamentos com Lodo Calado

T	Teor de Nutrientes									
	g/kg					mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu
0%	2,08 c	0,047 b	1,03 a	0,78 a	0,19 a	0,13 a	573 a b	11,7 a	31,5 a	7,75 b
25%	4,13 ab	0,055 b	0,92 a	1,08 a	0,14 b	0,14 a	1009 a b	10,7 a	10,7 b	10,00 b
50%	4,29 a	0,075 a b	0,89 a	1,15 a	0,18 a	0,14 a	1160 a	15,5 a	16,2 b	9,50 b
75%	3,52 b	0,080 a b	0,72 b	0,96 a	0,14 b	0,13 a	356 b	16,7 a	13,2 b	11,75 b
100%	3,67 ab	0,117 a	0,73 b	0,92 a	0,13 b	0,13 a	394 b	5,25 b	11,2 b	17,75 a

As médias sugeridas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Newman Keuls de 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Teores foliares de nutrientes das plântulas submetidas aos tratamentos com Lodo Pasteurizado

T	Teor de Nutrientes										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	
	g/kg						mg/kg				
0%	1,99 c	0,07 c	1,18 c	1,00 ab	0,36 a	0,13 b	2070 a	18,2 c	62,0 a	8,50 c	
25%	3,18 b	0,25 a	1,44 a	0,95 ab	0,26 b	0,19 a b	608 b	38,2 a	35,0 c	11,75 a	
50%	3,97 a	0,25 a	1,72 a	1,17 a	0,27 b	0,22 a	447 bc	39,2 a	27,2 d	11,75 a	
75%	3,76 a	0,16 b	1,39 a	1,00 ab	0,31 b	0,14 b	292 c	36,5 a	55,0 b	10,50 ab	
100%	3,78 a	0,11 c	1,17 c	0,73 b	0,34 b	0,13 b	209 c	30,2 b	55,0 ab	9,50 bc	

As médias sugeridas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Newman Keuls de 5% de probabilidade.

Higienização do lodo por pasteurização

No experimento utilizando a pasteurização, como forma de higienização, os valores obtidos para coliformes fecais foram de $1,0 \times 10^4$ col./g ST e 2 ovos/g ST de *Ascaris lumbricoides*. Os processos de calagem e pasteurização do lodo foram eficientes na higienização, em que, verificou-se valores inferiores aos da regulamentação EPA(1992) parte 40 CRF-503, que estabelece 2×10^6 col./g ST para lodos Classe B.

Conclusões

- O lodo da lagoa de estabilização de Eldorado apresentou características desejáveis por propiciar o crescimento e o desenvolvimento de mudas de espécies florestais, pelo alto teor de matéria orgânica presente em sua constituição ($5,4 \text{ dag/ dm}^3$) quando comparado à testemunha ($0,3 \text{ dag/ dm}^3$).
- A utilização de dosagens acima de 50% de lodo calado, com base em 50% de peso seco, promoveu baixos crescimentos em altura e diâmetro em função dos valores elevados para o pH do substrato, ocasionando perda por lixiviação dos micronutrientes.
- O lodo pasteurizado promoveu um significativo incremento em altura, diâmetro e matéria seca das mudas em função do aumento das doses aplicadas. Este efeito se deve ao aumento da matéria orgânica como fonte de nutrientes, desempenhando importante papel na solubilidade e transporte de micro-nutrientes até as raízes.
- A utilização do lodo excedente de Estações de Tratamento de Esgotos como fonte de matéria orgânica e nutrientes pode se constituir em valiosa ferramenta para a recuperação da cobertura vegetal de diversas regiões degradadas nas proximidades dos grandes centros urbanos no Brasil.
- A utilização do lodo como insumo na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* mostrou-se como uma opção promissora para o reflorestamento, devido ao aporte significativo de nutrientes e matéria orgânica que o lodo confere a um custo relativamente reduzido. Neste sentido, a utilização do lodo pode ser avaliada como uma alternativa na disposição pelas Prefeituras em hortos e recuperação de áreas degradadas.

Referências bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - **Standard for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washigton, D.C., 1995.

CETESB. **Determinação de helmintos e protozoários patogênicos**: contagem de ovos e cistos. L 5.550. São Paulo, 1989.

Determinação de coliformes totais e fecais pela técnica de tubos múltiplos. L 5.202. São Paulo, 1993

FERNANDES, F ; ANDRAUS, S; ANDREOLI, C.V. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE Belém com vista a seu uso agrícola. **SANARE**, Curitiba, v. 5, n.5, p.46-58, 1996

GONÇALVES, R. F **Caracterização, técnica de remoção e reciclagem agrícola do lodo de lagoas de estabilização** Curitiba : PROSAB/FINEP, 1998. Edital 01/96

MORAIS, S.M.J de ; ATAÍDES, P.R.V de; GARCIA, D. C. et al. Uso do lodo de esgoto da Corsan - Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. **Sanare**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 44-49.1996.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura. **Programa de Desenvolvimento Florestal do Espírito Santo**. v. 1. Vitória, ES. : SEAG, 1989. Diagnóstico

UNITED STATES ENVIRONMENTAL AGENCY. **Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge**. Under 40 CFR Part 503 EPA, 1992.

Autores

Cláudia Rodrigues Teles, engenheira florestal, M.Sc em Engenharia Ambiental - Ufes (1999), bolsista Sanepar - DTI-RHAE / CNPq

Aureliano Nogueira da Costa, engenheiro agrônomo, mestrado em Fitotecnia- UFV (1984), doutor em Solos e Nutrição de Plantas - UFV (1994) professor do Programa de Mestrado em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, pesquisador da Emcaper, Centro Regional de Desenvolvimento Rural - Linhares/ES

Ricardo Franci Gonçalves, engenheiro civil - UERJ, doutor em Engenharia do Tratamento e Depuração de água - INSA de Toulouse, França (1993), professor-adjunto do Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.