

Além da água

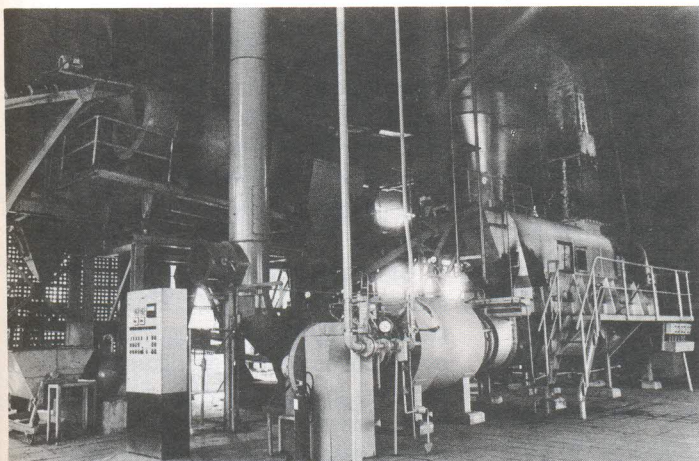
Os subprodutos líquidos, sólidos e gasosos de uma moderna estação de tratamento de esgotos podem ter muitos usos. A exploração desses usos é cada vez mais importante, na medida em que aumenta no País a preocupação com a qualidade de vida e a preservação ambiental.

EULÍCIO BENEDITO DE CAMARGO

Superintendente de Eletromecânica, diretoria de Engenharia da Sabesp

HILTON FELÍCIO DOS SANTOS

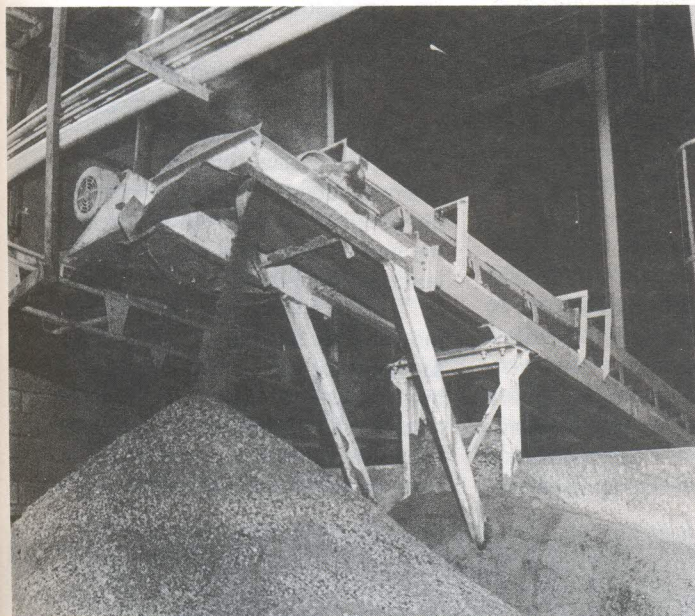
Coordenador de projetos da diretoria de Engenharia da Sabesp



Utilizando o resíduo sólido do tratamento dos esgotos, a Sabesp já produz 50 toneladas por dia de fertilizante organomineral.



Baseada nos resultados de uma estação-piloto, a Sabesp construiu e opera uma usina de purificação e compressão de metano.



A operação de uma estação de tratamento de esgotos em nível secundário objetiva realizar, em espaço relativamente reduzido, os fenômenos biológicos que têm lugar nos cursos dos rios, cuja movimentação das águas promove a depuração dos resíduos líquidos da atividade urbana, ao longo de muitos quilômetros (dias) de percurso.

Numa estação de tratamento, a aeração natural das águas é substituída pela aeração mecânica e a estabilização da matéria orgânica é ainda mais acelerada pelo reciclo da massa de microrganismos entre tanques (lodo ativado), realizando em poucas horas o que a natureza faz em muitos dias.

Para recuperar a qualidade dos rios urbanos da Grande São Paulo, a Sabesp está projetando e/ou construindo cinco grandes estações de tratamento de esgotos na área metropolitana. Sem se deter no processo de tratamento, este artigo visa enfatizar os usos que podem ter os subprodutos líquidos, sólidos e gasosos de uma moderna estação de tratamento de esgotos. A exploração destes usos é cada vez mais importante, na medida em que aumenta em todo o país a preocupação com a qualidade da vida e a preservação dos recursos naturais do meio ambiente.

As diversas aplicações dos subprodutos das estações de tratamento de esgotos em consideração pela Sabesp podem ser:

ESGOTOS

Metas de tratamento (em metros cúbicos)

Barueri	28,5
Parque Novo Mundo	7,6
São Miguel	6,7
ABC	8,5
Suzano	1,9

SUBPRODUTOS

Biogás

Destinos

Aquecimento*

Geração de energia*

Gás de cozinha*

Combustível automotivo*

Utilização industrial

Gases especiais

Petroquímica

Substituição do acetileno*

Efluente tratado

Destinos

Reuso não potável da água

Refrigeração

Produção de vapor

Outros fins industriais

Lodo de esgoto

Destinos

Fertilizante granulado*

Agregado leve na construção civil*

Aterro sanitário*

Incineração

Energia térmica

*ATIVIDADE EM EXECUÇÃO

Sobre o biogás

Nas estações de tratamento de esgotos, os biodigestores anaeróbios produzem o gás de esgoto mais conhecido como biogás, um subproduto de volume e valor energético ponderáveis.

Atualmente nas estações, de Barueri, Suzano e Pinheiros são produzidos 30.000 N m³/dia de biogás. Este volume será praticamente o triplo com o término do primeiro módulo de Barueri e ABC. Se todo esgoto sanitário da região metropolitana estivesse sendo tratado, estaríamos gerando cerca de 250.000 N m³/dia de biogás.

Considerando as cinco grandes estações, Barueri, ABC, Suzano, Parque Novo Mundo e São Miguel, concluídas e em operação, no fim do plano obteríamos a geração de 400.000 N m³/dia de biogás, que em termos energéticos equivale a 250.000 litros de gasolina/dia.

O gás de esgoto assim disponível, foi objeto de vários estudos para seu aproveitamento racional, principalmente como combustível para fins industriais. Em 1979, entrou em funcionamento a Usina Piloto de Agregado Leve para a construção civil, utilizando lodo digerido de esgoto como matéria-prima, como será visto mais adiante. Para secar e sinterizar este lodo é utilizada uma parte do gás produzido.

Outros estudos foram feitos para utilização do gás de esgoto, tais como: geração de energia elétrica para as próprias estações de tratamento, combustível e matéria-prima para o uso industrial, gás doméstico, além de aplicações diversas.

O crescente aumento dos custos de combustíveis líquidos nos últimos anos motivou a Sabesp a estudar alternativas para aproveitamento do metano contido no gás de esgoto. As análises econômicas indicaram claramente a conveniência do seu emprego como energia substitutiva em veículos da empresa. Com uma frota própria de veículos considerável e com previsão de abastecimento em locais definidos operando pre-

dominantemente a curtas distâncias, o metano se mostrou técnica e economicamente viável para a maioria dos modelos de veículos dessa frota cativa.

A experiência no Exterior, onde há crescente utilização do metano em veículos convertidos para seu uso, demonstrou ter sido atingido alto grau de segurança e economicidade, resultante de uma tecnologia já consagrada.

A falta de experiência nacional e a necessidade de alcançar resultados práticos dentro do menor prazo possível, induziu a Sabesp a estabelecer um programa de ação para desenvolver tecnologia nacional para purificar o gás de esgoto inaproveitado e que é produzido em suas instalações. Ao mesmo tempo, cumprir o objetivo de converter seus veículos para uso do gás metano assim obtido. Para atingir estas metas foi contratado o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo — IPT, através de sua Divisão de Engenharia Mecânica — Grupo de Engenharia Térmica.

Os trabalhos se desenvolveram em duas frentes:

a) Unidade Piloto de Purificação e Compressão de Gás de Esgoto.

b) Conversão de veículos para uso de metano comprimido e gasolina.

Na unidade de purificação e compressão, partiu-se do biogás (metano 67,2%, gás carbônico 32,6%, oxigênio, nitrogênio e gás sulfídrico 0,2%), obtendo-se um gás purificado e comprimido em cilindros a 200 atmosferas, com a composição de 96% de metano e 4% de gás carbônico.

Os veículos receberam componentes para armazenar e queimar o gás; o abastecimento do metano sendo feito por mangueira interligando os cilindros do posto de abastecimento (200 atmosferas) em cilindros de aço, os reservatórios feras). Uma chave de comutação no painel torna possível usar o gás ou a gasolina como combustível.

A autonomia, função das necessidades de cada frota, é dependente do número de cilindros; e no caso da Sabesp é de 120 km/dia em média.

Vantagens do metano Em relação à segurança

Sendo o metano menos denso que o ar (densidade relativa cerca de 0,65), havendo qualquer vazamento de gás, o mesmo sobe e dissipa-se na atmosfera, não se derramando como no caso dos outros gases e líquidos combustíveis mais pesados.

Transportado sob pressão (cerca de 200 atmosferas) em cilindros de aço, os reservatórios são muito mais resistentes do que os dos outros combustíveis, o que os torna também mais seguros em caso de acidentes. Estudos da *American Gas Association*, analisando os 280 milhões de quilômetros percorridos por frotas de

metano, mostrou que não houve mortes nem ferimentos que pudessem ser atribuídos a veículos a metano, apesar das 1360 colisões registradas.

A sua temperatura de ignição (cerca de 700 graus centígrados) é sensivelmente superior à gasolina de 80 octanas (cerca de 420 graus centígrados), o que diminui o risco de inflamação por contato com superfícies aquecidas. Uma chama que faria auto-inflamar-se e explodir a gasolina de um tanque, poderia, na pior das hipóteses, fazer aumentar a pressão de um tanque de metano comprimido, arrebentar a válvula de segurança e deixar escapar o conteúdo. Se a temperatura fosse suficientemente elevada para inflamar o gás vazado, a chama subiria com o gás até o esvaziamento do tanque.

Ao contrário dos vapores de gasolina, do GLP (gás de cozinha), o metano não é considerado tóxico, não é irritante, nem produz narcose, como alcoóis.

Em relação à poluição

A utilização do gás metano em motores de combustão interna produz gases de escapamento muito menos poluidores do que os demais combustíveis em uso (gasolina, alcoóis, óleo diesel).

Por estar comprimido, não apresenta também perdas e poluição por evaporação, quer por ocasião do abastecimento, quer durante a permanência nos tanques. Sua queima não produz aldeídos, nem outros produtos reativos que, na atmosfera, sob a ação da luz solar, possam originar outros produtos tóxicos irritantes e *smog*.

O nível de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio dos gases de escapamento de motores, utilizando o metano e outros combustíveis, é registrado na tabela:

POLUENTE	METANO	GASOLINA
Hidrocarbonetos (g/km)	1	5
Monóxido de Carbono (g/km)	15	60
Óxidos de Nitrogênio (g/km)	2	7
Aldeídos (g/km)	—	0,2

Com esses teores de poluentes, mesmo os motores originais, usando metano, preenchem requisitos rígidos da legislação adotada em nosso país, inclusive atendem aos exigidos pelo Estado da Califórnia e pelo Governo Federal dos Estados Unidos, sem necessidade de catalisadores no escapamento.

Em relação à economia

A produção de metano por biodigestão vem sendo feita no tratamento de esgotos, lixo, resíduos orgânicos e dejetos de animais. Nestes casos, o metano aparece misturado com o dióxido

de carbono (30 a 50%) e sulfeto de hidrogênio, que pode ter pronunciado efeito corrosivo, além de outros gases. Nos Estados Unidos, são as companhias de distribuição do gás natural que mais rapidamente vem convertendo seus veículos a gasolina para uso duplo com metano, com resultados favoráveis economicamente e com investimentos amortizados em curto prazo.

Na utilização em veículos prefere-se manter a flexibilidade de operação com gasolina ou metano, não se otimizando o motor com alterações de seu cabeçote, com maior taxa de compressão, curva de ignição diferente e outras modificações do motor original.

Nestas condições, como dado prático, pode-se considerar pela equivalência de poderes caloríficos que 1 m³ NPT (96% CH₄, 4% CO₂) equivale a 1,06 litros de gasolina pura de 80 octanas.

Os dados de operação indicam economias operacionais sobre a gasolina, com período de amortização do investimento total (conversão de veículo e estação de compressão e abastecimento) variando de 2 a 3 anos.

O uso em frotas experimentais tem mostrado que a vida do sistema de gás metano (cilindros, redutor, dosador e acessórios) é bem superior ao do veículo/motor, o que tem permitido a sua re-utilização em mais de um veículo. É também capaz de reduzir a importação de petróleo.

Vantagens operacionais

- Menor manutenção do sistema de alimentação de combustível.
- Maior número de octana (N.O.130), permitindo trabalhar com taxas de compressão superiores a do álcool (N.O.95).
- Maior vida dos motores e óleo lubrificante, pela não formação de partículas de carbono, nem diluição do óleo. Dados preliminares de frotas indicam duração cerca de duas vezes maior.

As desvantagens

- Baixa autonomia (serve para frotas cativas).
- Peso dos cilindros e espaço ocupado.
- Perda de potência e aceleração (10%).

Unidade industrial

Baseada nos resultados da experiência piloto, a Sabesp construiu e opera uma usina de purificação e compressão de metano na estação de tratamento de esgotos de Pinheiros, com capacidade de 6.000 N m³/dia de metano e tenciona adaptar 200 veículos, dos quais 60 já se encontram em operação.

Nesta unidade, bem como nos veículos adaptados, a tecnologia, os materiais e os equipamentos são totalmente desenvolvidos no Brasil,

numa cooperação integral entre Sabesp, IPT e Indústria Nacional.

Resíduo Sólido

A parte líquida dos esgotos é tratada e devolvida aos rios; o resíduo sólido do tratamento, ainda rico em matéria orgânica, sofre sucessivas reduções de volume por perda de água dentro da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), através do adensamento, digestão e da desidratação mecânica. Este resíduo sólido deve ser descartado sem danos ao meio ambiente e da forma mais econômica possível.

A maior ETE de São Paulo é a de Barueri. Operando com 3,5 m³/s de esgotos, já produz 120 t/dia de tortas desidratadas em filtro prensa. O teor de sólidos, sendo de 40% o resíduo sólido seco equivalente é de 48 t/dia. Com a entrada em operação dos 7,0 m³/s, estas quantidades serão duplicadas brevemente. Em sua capacidade final, a ETE tratará 28,5 m³/s, ou seja, produzirá diariamente cerca de 1000 t/dia de tortas a 40% de sólidos.

Com as demais ETEs operando no fim do plano (Suzano, São Miguel, Novo Mundo, ABC), mais de 5000 t/dia de tortas desidratadas a 40% de sólidos serão produzidas na Área Metropolitana e deverão ser dispostas adequadamente pela Sabesp, como descrito na seqüência.

Agregado leve

Desde 1979, a Sabesp tem mantido convênios e/ou contratos com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) e com a Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) para o desenvolvimento de pesquisas sobre formas alternativas de disposição final de torta de lodo desidratada.

Numa primeira fase conseguiu-se transformar o lodo de esgotos digerido e desidratado em agregado leve para uso em construções civis, via processo metalúrgico desenvolvido pela Divisão de Tratamento de Minérios do IPT (sinterização).

O agregado leve obtido conformava-se à qualidade exigida pela EB-230 da ABNT; foi largamente utilizado pela Sabesp em pequenas obras internas (armários de vestiário, postes de cercas, base de pavimentação de pátios, etc.).

A empresa domina esta tecnologia e poderá aplicá-la nas ETEs cujo lodo não se prestar à produção de fertilizante organomineral, descrita a seguir.

Fertilizante

O uso do lodo digerido e desidratado como matéria-prima para a produção de fertilizante organomineral aproveita parcialmente as instalações produtoras de agregado leve, tratando-se de um processo desenvolvido pelo Centro de Fertilizantes do IPT, contratado pela Sabesp.

O processo consiste fundamentalmente em

promover a mistura — sob condições controladas — do lodo com os sais minerais normalmente utilizados pelos fabricantes de fertilizantes químicos tradicionais: sulfato de amônia, superfosfatos, uréia, etc. Essa mistura sofre um processo de pelotização (granulação) e secagem, originando, após classificação em peneiras, um produto granulado com as características essenciais do oferecido pelo mercado de fertilizantes químicos.

O organomineral granulado da Sabesp oferece a matéria orgânica do lodo como substitutivo da torta de mamona, normalmente misturada ao fertilizante químico tradicional como complemento orgânico. Foi extensivamente testado pela Cetesb que monitorou a segurança sanitária do produto, constatando “a eliminação de 100% das bactérias, vírus e parasitas no produto final”.

Em convênio com a Unesp, a Sabesp fez o Centro de Fertilizantes do IPT realizar o acompanhamento da aplicação do produto nas culturas de milho, arroz, feijão, café, soja, dentre outras, pertencentes aos “campos” administrados pelas Faculdades de Agronomia de Botucatu e Jaboticabal. Essas culturas foram acompanhadas durante dois anos agrícolas, revelando rendimentos no mínimo iguais aos obtidos com o emprego de fertilizantes químicos tradicionais. Testes realizados pela ESALQ (Escola Superior de Agricultura Antonio Luiz de Queiroz, Piracicaba) comprovaram a ausência de níveis perigosos de metais pesados nas folhas da vegetação cultivada com o produto. O quadro “Metais pesados na ETE Leopoldina” compara os teores de metais pesados no fertilizante organomineral com os limites máximos aceitáveis em outros países.

Encontra-se montada uma instalação semi-industrial em Vila Leopoldina, capaz de produzir diariamente até 50 t/dia de organomineral conforme se observa a seguir, em função da participação de lodo na mistura:

Lodo base seca (%) 30 40 50 60 70
Organomineral (t/h) 2 1,5 1,2 1 0,9

Com os parâmetros operacionais advindos da instalação semi-industrial, uma instalação maior poderá ser montada no pátio da maior ETE de São Paulo, a ETE Barueri.

No final do plano, as ETEs Barueri, Suzano, São Miguel, Novo Mundo e ABC estarão tratando 53,2 m³/s de esgotos, produzindo 2.069 t/dia de lodo em base seca (5.172 t/dia de tortas a 40% de sólidos), que poderão gerar 4.138 t/dia de fertilizante organomineral com 50% de lodo na mistura.

A transformação do lodo em fertilizante organomineral apresenta as seguintes vantagens técnicas, ambientais e econômicas:

- Elimina riscos sanitários da disposição final no meio ambiente
- Substitui fertilizantes de alto custo (torta de mamona)
- Aproveita os nutrientes NPK existentes no lodo
- Recicla micronutrientes nos solos agrícolas (boro, manganês, magnésio, etc.)
- Melhora as propriedades físicas do solo
- Utiliza equipamentos agrícolas convencionais
- Elimina o transporte para a disposição final em aterros
- O mercado consumidor existente é capaz de absorver a produção
- Diminui o custo operacional da ETE pela geração de receita
- Substitui importação de nutrientes e libera matéria orgânica para exportação (torta de mamona)
- Substitui importação de petróleo para produção de fertilizantes

Para o fornecimento dos sais minerais, a Sabesp já mantém convênio com uma cooperativa que, entrando com os sais, retirará o produto acabado para distribuição pelos seus cooperados. A cooperativa indeniza a Sabesp pela matéria orgânica fornecida, pelo teor de NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) já contidos no lodo e pela mão-de-obra da mistura. Com o crescimento da operação a Sabesp poderá firmar contratos de exploração com variados graus de participação da iniciativa privada na produção do fertilizante organomineral para a agricultura e/ou agregado leve para a construção civil.

Efluente tratado

O produto de maior volume do tratamento é a fase líquida, tratada e devolvida aos rios com apenas 10% da carga poluidora que ingressa na ETE. Torna-se conveniente e muitas vezes necessário reaproveitar o efluente tratado, promovendo uma depuração adicional desta carga

poluidora remanescente, como objetivo de re-sar a água assim obtida como substituta da água potável utilizada para fins industriais e de irrigação.

Com esta iniciativa, várias metrópoles no Exterior conseguiram adiar a exploração de novos mananciais, mercê do reuso da água, que libera idênticos volumes de água potável para consumo humano.

A Sabesp já conta com estudos preliminares para o projeto de uma instalação-piloto de reuso da água. O mercado consumidor é principalmente o industrial, para fins de refrigeração, lavagem de pátios, produção de vapor, etc.

A implantação do reuso da água poderá ser particularmente importante para o efluente da ETE ABC, servidora de uma área densamente industrializada. Várias indústrias ribeirinhas aos rios tamanduateí e Meninos captam suas águas para usos menos nobres de seus processos produtivos. As vazões de tempo seco destes cursos d'água sofrerão severas perdas após a interceptação dos esgotos afluentes, para tratamento na ETE. Desta forma seria possível suprir estas indústrias com o efluente tratado da ETE, de qualidade superior às águas poluídas dos rios, hoje utilizadas por estas indústrias.

Lavagem e lodo

Para manutenção do meio filtrante, os filtros das ETAs são periodicamente lavados. A água com os resíduos da lavagem sofre um processo de decantação permitindo o reciclo do efluente para o início do tratamento.

Igual preocupação existe com o lodo no fundo dos tanques decantadores. Para viabilizar o seu transporte e descarga em condições sanitariamente seguras, é promovida sua secagem por meios naturais ou mecânicos, diminuindo sobremaneira o volume de descarga.

A água eliminada no processo retorna ao sistema para novo tratamento.

METAIS PESADOS NA ETE LEOPOLDINA

Metal Pesado	Concentração em PPM			Limites máx. em PPM	
	Lodo Fert.	Organomineral		Suíça	Alemanha
	30% Lodo	70% Lodo			
Cd	8.22	2.83	5.13	30	20
Pb	119.00	9.31	63.60	1000	1200
Cu	707.00	157.000	422.00	1000	1200
Cr	744.00	204.00	380.00	1000	1200
Mn	820.00	452.00	516.00	—	500-1000
Hg	14.60	3.02	7.61	10	25
Ni	953.00	99.00	230.00	200	200
Zn	1880.00	402.00	976.00	3000	3000

Fonte: IPT/CEFER