

GESTÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E CONTROLE DE ODORES NA CIDADE DE SANTOS–ESTUDO DE CASO

Helvécio Carvalho de Sena⁽¹⁾

Gerente de Interceptação, Tratamento e Disposição Final de Esgotos da Região da Baixada Santista – Sabesp, Doutor e Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Av. São Francisco, 128 – Centro - Santos - SP - CEP: 11013-917 - Brasil - Tel: +55 (13) 3201-2688 - e-mail: hcsena@sabesp.com.br

RESUMO

A Sabesp na cidade de Santos tem implantado 503.331 metros de rede coletora de esgotos e devido à baixa declividade existente nesta cidade foi necessário a implantação de 56 estações elevatórias de esgotos. Nestas condições de baixa declividade associado às altas temperaturas da região há geração de odor em diversos pontos da cidade.

A maneira que a Sabesp encontrou para gerir o sistema de esgotamento sanitário da cidade, causando o mínimo de incômodos à população foi iniciar a aplicação de produtos químicos em vários pontos espalhados pela cidade que associado ao monitoramento on-line demonstrou-se fundamental para evitar a recorrência do problema de maus odores.

A aplicação pura e simples de produtos químicos pode aleatoriamente trazer o efeito desejado, ou seja, eliminar a formação de gás sulfídrico, porém um sistema com tantas variáveis e de tanta importância para a satisfação da população deve se monitorado a fim de haver o controle do processo maximizando os resultados e reduzindo os custos envolvidos.

O monitoramento convencional da concentração de gás sulfídrico não permite obter informações em tempo adequada para o ajuste do sistema, diante destas condições a Sabesp implantou com sucesso o processo de monitoramento on-line da concentração deste elemento.

Palavras-chave: Nitrato de Amônia, Controle de Odores, Peróxido de Hidrogênio, Sulfeto, Monitoramento on-line

Introdução:

A Sabesp – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo é responsável pela coleta, interceptação e tratamento dos esgotos gerados na Região Metropolitana da Baixada Santista. Esta região é composta por 09 municípios, conforme figura 1, com 1,7 milhões de habitantes fixos, sendo que este número aumenta para 4,2 milhões de habitantes no verão brasileiro. Este cenário associado à grande geração de esgoto, número elevado de elevatórias e pequenas velocidades no escoamento, gera, por conseguinte sulfeto de hidrogênio, que é o principal componente de maus odores no sistema.

Na cidade de Santos a Sabesp atende 414.664 habitantes, tem implantado 503.331 metros de rede de esgotos e devido à baixa declividade tem somente nesta cidade 56 elevatórias de esgotos.

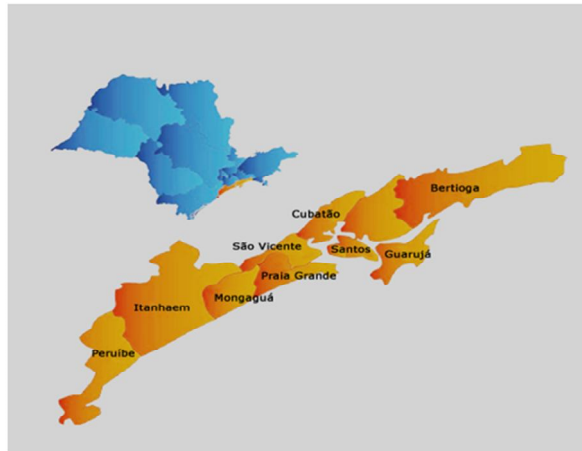


Figura 1 - Região Metropolitana da Baixada Santista

Em um sistema de Esgotamento Sanitário, cuidado especial deve ser dado nos interceptores e elevatórias de esgotos visto o grande potencial de geração de odor. Liliantis (2007) cita trabalho desenvolvido pela Companhia Energética de São Paulo no qual relaciona algumas condições que propiciam a geração de maus odores:

1. Temperatura do esgoto em torno de 35° acelera a decomposição da matéria orgânica, conseqüentemente maior possibilidade de maus odores,
2. Concentração elevada do íon sulfato,
3. Interceptores e coletores com trechos com baixa declividade,
4. Obstruções em trechos da rede coletora de esgotos que dificultam o escoamento.

É possível afirmar que no caso da cidade de Santos, os itens 1, 3 e 4 são comumente encontrados.

Demonstra-se através da Figura 2 um trecho obstruído na rede de esgotos da cidade de Santos, comprovando-se o que se descreve como uma das causas para geração de maus odores.



Figura 2 - Coletor de Esgoto - Rua Ministro João Mendes - Santos - Obstruído

Objetivos:

Demonstrar a Gestão do Sistema de Esgotamento Sanitário na cidade de Santos para prevenir a formação de percussores de maus odores nos interceptores e elevatórias através da aplicação de produtos químicos, bem como a estratégia de monitoramento desenvolvida e refinada ao longo do tempo.

Princípio:

Segundo Richard e Frechen (2001) a utilização da oxidação de compostos que possam gerar mal odores tais como compostos orgânicos voláteis, sulfeto de hidrogênio e compostos orgânicos voláteis sulfurosos leva a uma redução significativa ou até a total eliminação do odor.

Nas condições naturais esta oxidação é feita abaixo das condições ótimas de oxido-redução, portanto há baixa eficiência no processo.

Assim compostos que podem ser facilmente oxidados em condições de temperatura e pressão adequadas sofrem oxidação parcial deixando uma quantidade ainda suficiente para que o odor seja percebido pela maioria das pessoas. Isto ocorre, por exemplo com o sulfeto de hidrogênio (H₂S).

Como as condições naturais estão abaixo das condições ideais para ocorrer à oxidação completa dos compostos, assim torna-se necessário a aplicação de tecnologias para acelerar as taxas de oxidação e evitar que o odor seja percebido. As tecnologias que podem ser adotadas foram descritas por Richard e Frechen (2001):

- Produtos químicos;
- Adsorção;
- Microorganismos.

Volatilização do sulfeto de hidrogênio

O sulfeto de hidrogênio (H₂S) é a substância química mais comumente associada a maus odores no sistema de tratamento de esgotos.

Esta substância sofre volatilização e obedece a Lei de Henry (Richard e Frechen, 2001), conforme demonstração abaixo:

$$X_G = X_L * H_c$$

Onde:

X_G = Concentração do sulfeto de hidrogênio na fase gasosa,

X_L = Concentração do sulfeto de hidrogênio na fase líquida,

H_c = Coeficiente da Lei de Henry.

Os coeficientes para aplicação da Lei de Henry estão apresentados na Tabela 1.

A utilização dos coeficientes desta lei deve considerar somente a fração não ionizada dos compostos, sendo que esta fração dependerá do pH da solução.

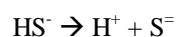
Tabela 1 - Coeficientes da Lei de Henry

Temperatura (°C)	Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S)	Amônia (NH ₄ ⁺)
10	367	0,738
20	483	
30	609	1,851
40	745	4,30
60	1.030	

Referência: Tchobanoglous e Burton, 1991; Kohl e Riesenfeld, 1979 apud Richard e Frechen, 2001.

Ionização

O Sulfeto de Hidrogênio será ionizado quando dissolvido na água conforme a equação:



A figura 3 mostra a distribuição das frações do sulfeto de hidrogênio em função do pH. Com pH abaixo de 7,0 a maior parte do sulfeto de hidrogênio estará em solução e na forma não ionizada e é esta forma que pode ser volatilizada da solução.

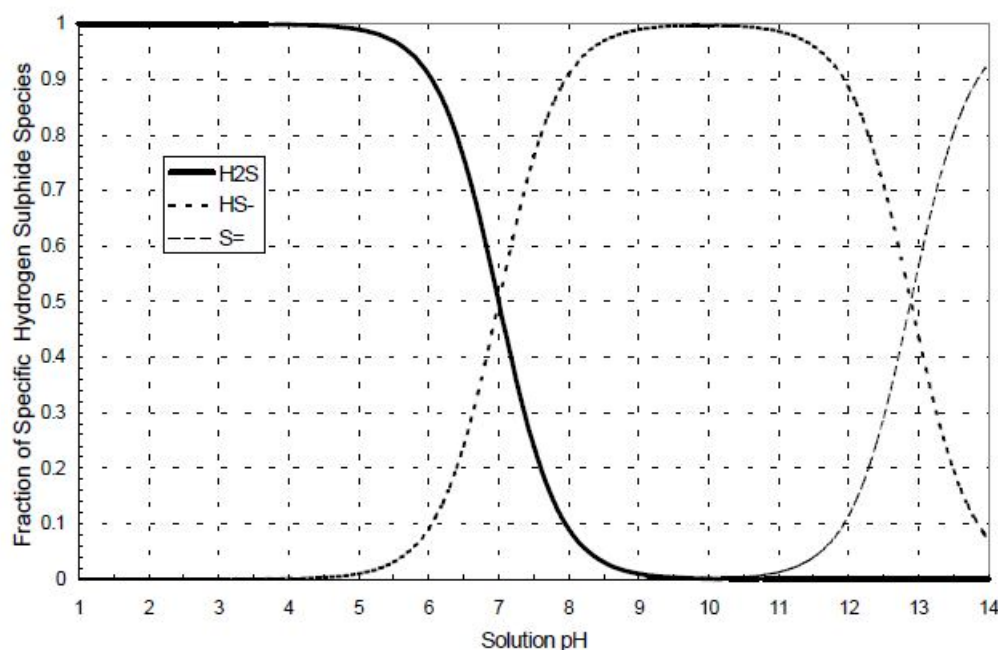


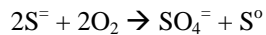
Figura 3 - Frações do sulfeto de hidrogênio segundo pH da solução

Oxidação Química

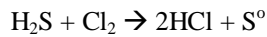
O Sulfeto de Hidrogênio pode ser oxidado por uma variedade de produtos químicos, inclusive o próprio oxigênio. No caso do oxigênio a reação química é lenta a menos que se adicione um catalisador.

O cloro, peróxido de hidrogênio e permanganato de potássio podem oxidar o sulfeto de hidrogênio rapidamente.

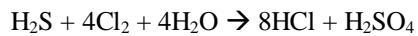
A reação química de oxidação com oxigênio:



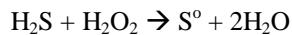
A reação de oxidação com cloro, segundo White, 1992 apud Richard e Frechen (2001):



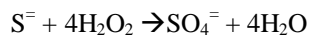
ou



A reação de oxidação com peróxido de hidrogênio:



ou



A adição de produtos químicos no sistema de esgotos é realizado como forma preventiva na geração de odores, assim em condições de oxidação o sulfeto de hidrogênio é eliminado antes de passar da fase líquida para a gasosa.

Porém quando a quantidade de produtos químicos é insuficiente para promover a oxidação completa o sulfeto de hidrogênio é liberado para a atmosfera e uma das maneiras de eliminá-lo é através da tecnologia de limpeza química em torres de lavagens.

Nestas torres há a absorção dos compostos geradores de odor por uma solução química, sendo que a absorção é o primeiro mecanismo de remoção nas torres de lavagem (Richard e Frechen, 2001).

A configuração mais comum das torres é um sistema vertical com o fluxo de gás subindo e sendo lavado por uma solução química que está no sentido inverso. Esta configuração promove uma grande área de contato.

A solução química é recirculada utilizando um sistema de bombeamento e esta deve ser renovada para manter a eficiência de remoção.

Esta configuração típica é demonstrada através da figura 4.

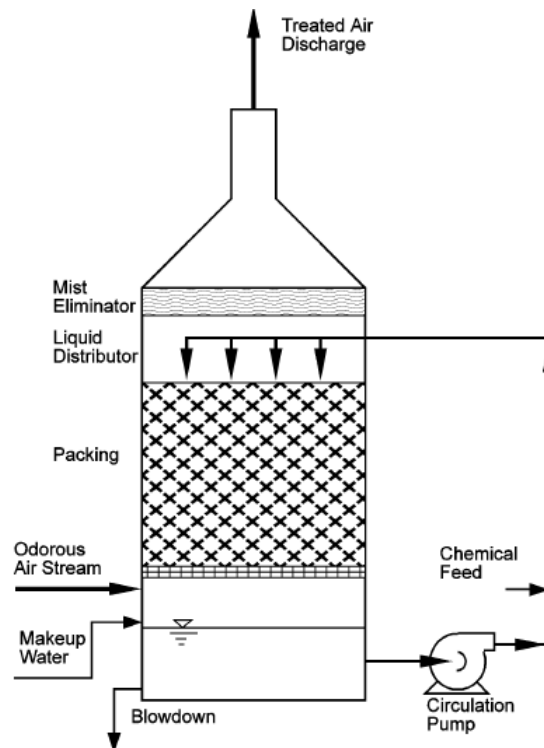


Figura 4 - Esquema de funcionamento da Torre de Lavagem

Aplicação de Nitrato de Amônia (NH_4NO_3)

Na cidade de Santos estabeleceu-se a estratégia de dosar Nitrato de Amônia desde 1988 (LILIAMTIS, 2007) para evitar a formação de gás sulfídrico, e é mantida até os dias de hoje.

A dosagem é feita em Elevatórias através de um sistema bem simples de dosagem e de fácil controle. Uma das Elevatórias de Esgotos em que se dosa este produto está demonstrada através da figura 5.



Figura 5 - Dosagem de Nitrato de Amônia - EEE 7/Cidade de Santos

Em condições anaeróbias ou anóxicas há uma preleção bioquímica em utilizar o oxigênio presente em Nitratos ao invés do Sulfato, desde que o primeiro esteja disponível em quantidade suficiente e é nesta preleção que basei-a-se o princípio do controle de odores utilizando Nitrato de Amônia (NH_4NO_3).

Em condições adequadas não haverá a formação de H_2S visto que o sulfato presente no esgoto não será reduzido.

Entre 2009 e 2010 foi aplicado em média mensalmente em 09 elevatórias estratégicas da cidade de Santos 757.926 quilos de nitrato de amônia, o que equivale a 84.214 quilos por elevatória por mês.

O Nitrato de Amônia (NH_4NO_3) apresenta riscos à saúde dos trabalhadores como irritações aos olhos, pele e trato respiratório, além do que o seu odor característico causa reclamações da população quando há algum problema de derramamento acidental, mesmo que em pequenas quantidades.

Apesar do forte odor característico do Nitrato de Amônia, LILIAMTIS e MANCUSO (2003) fizeram pesquisa qualitativa na cidade de Pereira Barreto, onde se demonstrou que após a aplicação de Nitrato de Amônia a percepção de odor de ovo podre pela população passou de Forte para Fraco, demonstra que o incomodo do odor do esgoto é mais pronunciado.

A questão da aceitação do Nitrato de Amônia está relacionada ao limite de percepção, enquanto o sulfeto de hidrogênio tem percepção a partir de:

- 0,00047 ppm (METCALF & EDDY, 1991)
- 0,002 à 0,1 ppm (Bonin et. al., 1992 apud Filho et. al., 1999)

A Amônia ter percepção a partir de:

- 37 ppm (METCALF & EDDY, 1991)
- 20 ppm (Bonin et. al., 1992 apud Filho et. al., 1999)

Aplicação de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2)

Na busca de alternativas de controle e visando a economia a Sabesp iniciou trabalho de pesquisa com o Peróxido de Hidrogênio, que segundo EPA (1985) apud SILVA (2007) uma das maneiras de controlar a formação de gás sulfídrico é a aplicação desde produto.

O peróxido de hidrogênio tem propriedades oxidativas interessantes no ponto de vista preventivo e têm algumas aplicações no ramo do saneamento básico de forma benéfica, Souza et.al. (2011).

Teste realizado em escala real na ETE Menino Deus, operada pela Sanepar (Souza et.al, 2011) demonstrou que para um efluente com concentrações de ácido sulfídrico entre 4 à 11 mg $\text{H}_2\text{S}/\text{L}$ e aplicação de peróxido de hidrogênio na proporção de 1,50 mg H_2O_2 por cada mg S^{-2} presente no esgoto houve uma redução média de 90% na concentração de ácido sulfídrico.

Além da eficiência técnica os pesquisadores concluíram que haveria uma redução nos custos de aplicação de peróxido de hidrogênio na ordem de 23%, quando comparado a aplicação de gás cloro.

Neto (2010) em pesquisa em escala real na cidade de Santos também demonstrou que a aplicação de peróxido de hidrogênio no sistema de esgotamento sanitário da cidade, além de ser eficiente acarretaria em redução nos custos na ordem de 48%, quando comparado com a aplicação de nitrato de amônio.

O sistema de dosagem de H_2O_2 devido ao alto poder oxidante apresenta maior complexidade, um desses sistemas implantados está demonstrado na figura 06.



Figura 6 - Sistema de estocagem e dosagem de Peróxido de Hidrogênio

Devido à alta reatividade o sistema de dosagem de peróxido de hidrogênio é mais complexo para propiciar aos operadores níveis de segurança adequados, assim o sistema implantado na cidade de Santos, além de permitir o controle local através do IHM, vide figura 7, possui sistema automatizado de controle a distância.



Figura 7 - Sistema de dosagem de Peróxido de Hidrogênio – Controle Local - IHM

O controle do nível e temperatura dos tanques de armazenamento de peróxido de hidrogênio, a dosagem que está sendo realizada, são parâmetros totalmente monitorados e controlados por um supervisor instalado no centro de controle operacional instalado dentro da Estação de Pré-Condicionamento de Santos.

Através da figura 8 demonstra-se a tela do sistema supervisor instalado na unidade da Sabesp em Santos.

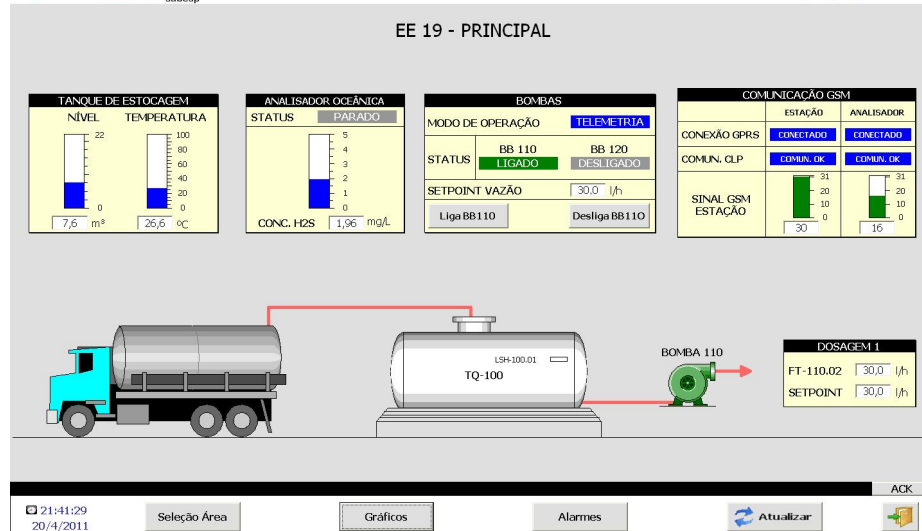


Figura 8 – Tela do Supervisório de Controle do sistema de Peróxido de Hidrogênio - Evonik

Em 2010 foram dosados em 03 elevatórias de esgotos 913.049 kg de Peróxido de Hidrogênio, o que equivale à uma dosagem média de 76.087 kg H₂O₂/mês/EEE.

Torres de Lavagem

Foram implantadas como garantia da eliminação dos odores as torres de lavagem, vide figura 9. Este equipamento succiona os gases formados pelo processo de decomposição do esgoto (metano e gás sulfídrico), e os envia através de exaustores para a torre de lavagem.

Dentro desta, os gases são neutralizados através do contato do fluxo gasoso com gotas de uma solução química recirculante contendo água, hipoclorito de sódio e hidróxido de sódio.

Para que essa reação ocorra de forma perfeita, o equipamento é dotado de sensores que dosam esses produtos químicos dentro dos parâmetros pré-estabelecidos, vide figura 10.

Após a neutralização, o ar sai pelo topo da torre sem o odor característico do esgoto. A constatação da eficiência dessa “lavagem” é feita por analisadores de metano e gás sulfídrico instalados na saída da torre. Além disso, todos os locais onde o esgoto passa são enclausurados e conectados aos exaustores.

Esse sistema também é monitorado em tempo real por um supervisório.



Figura 9 – Torre de lavagem de gases - EPC de Santos



Figura 10 – Equipamentos de controle da Torre Lavagem – EPC Santos

Monitoramento On-Line da Concentração de Sulfeto de Hidrogênio

A fim de dar sustentação ao modelo de controle de odores implantado, implantou-se análises on-line da concentração de sulfeto de hidrogênio (H_2S) no esgoto.

O sistema foi aprovado e está implantado em ponto estratégico da Estação de Pré Condicionamento de Santos (EPC Santos) e esta permitindo os devidos ajustes nas dosagens.



Figura 11 – Analisador de Sulfeto em solução líquida instalado na EPC Santos – Metrohm/Pensalab

Princípio de funcionamento do analisador on-line

Os íons Sulfeto livres na amostra (S^{2-}) reagem com N,N-dimetil-p-fenilenodiamina (N,N-dimethyl-p-phenylenediamine), formando um complexo de coloração azul (azul de metileno) na presença de íons Ferro (III). A formação destes complexos é medida em uma cubeta fotométrica com LED de emissão em comprimento de onda de 650 nm. A cubeta fotométrica está demonstrada através da Figura 12.



Figura 12 – Cubeta fotométrica de medição

Procedimentos de análise

A determinação colorimétrica de sulfeto é baseada na reação do sulfeto com o N,N-dimetil-p-fenilenodiamina (NNPD) para formar um complexo de azul de metileno na presença de Ferro trivalente.

O complexo de coloração azulada é medido no comprimento de onda de 650 nm.

Sulfeto de hidrogênio e sulfetos de metais solúveis em ácido reagem com o N,N-dimetil-p-fenilenodiamina para formar o Azul de Metileno e a intensidade da cor é proporcionalmente à concentração de sulfeto

O Analisador extrai uma pequena alíquota de amostra e a transfere para a cubeta de análise, onde é medida a absorbância inicial da solução, o reagente colorimétrico N,N-dimetil-p-fenilenodiamina e o reagente Sulfato férrico amoniacal dodecahidratado são adicionados à amostra e deixados em agitação por 90 segundos, após este tempo de reação a amostra é enviada para a cubeta fotométrica para a leitura da absorbância no comprimento de onda de 650 nm, a concentração em miligrama por litro é obtida através de curva de calibração que obedece a Lei de Lambert Beer.

Validação

O método de validação utiliza análises de soluções padrão em concentrações conhecidas com o objetivo de se verificar a possível existência de um erro sistemático presente no sistema, a fim de corrigi-lo. Neste procedimento, busca-se aproximar os resultados apresentados pelo analisador ao resultado teórico destes padrões (caso necessário), aumentando assim, sua exatidão e proporcionando resultados mais confiáveis.

Manutenção e operação

Devido à composição química dos reagentes analíticos, um cuidado deve ser tomado em seu preparo e condicionamento. As soluções devem ser abrigadas em locais sem a exposição à luz solar e em temperaturas não excedentes a 30° C. Estes reagentes são estáveis por até 4 semanas, e deverão ser substituídos após este período para um melhor desempenho do sistema de análise.

A manutenção do analisador é bastante simples, e envolve inspeções visuais para detecção de alguma anormalidade (principalmente bolhas nas tubulações de reagentes), limpeza da cubeta de análise e reposição de soluções reagentes, e também a substituição da tubulação de tomada de amostra, visto que o contato com a amostra forma incrustações no interior destes tubos, podendo gerar falhas analíticas.

Monitoramento On-Line da Concentração de Sulfeto de Hidrogênio na Cidade de Santos

Apesar da altas dosagens de produtos químicos no Sistema Esgotamento Sanitário de Santos há formação indesejada de gás sulfídrico, a fim de demonstrar a eficiência do processo de monitoramento demonstra-se através do gráfico 1 o monitoramento da concentração de H₂S em uma das áreas da cidade de Santos.

Verifica-se que há oscilações bastante elevadas durante o período de monitoramento, atingindo picos na concentração de sulfeto de até 2,9 mg/L.

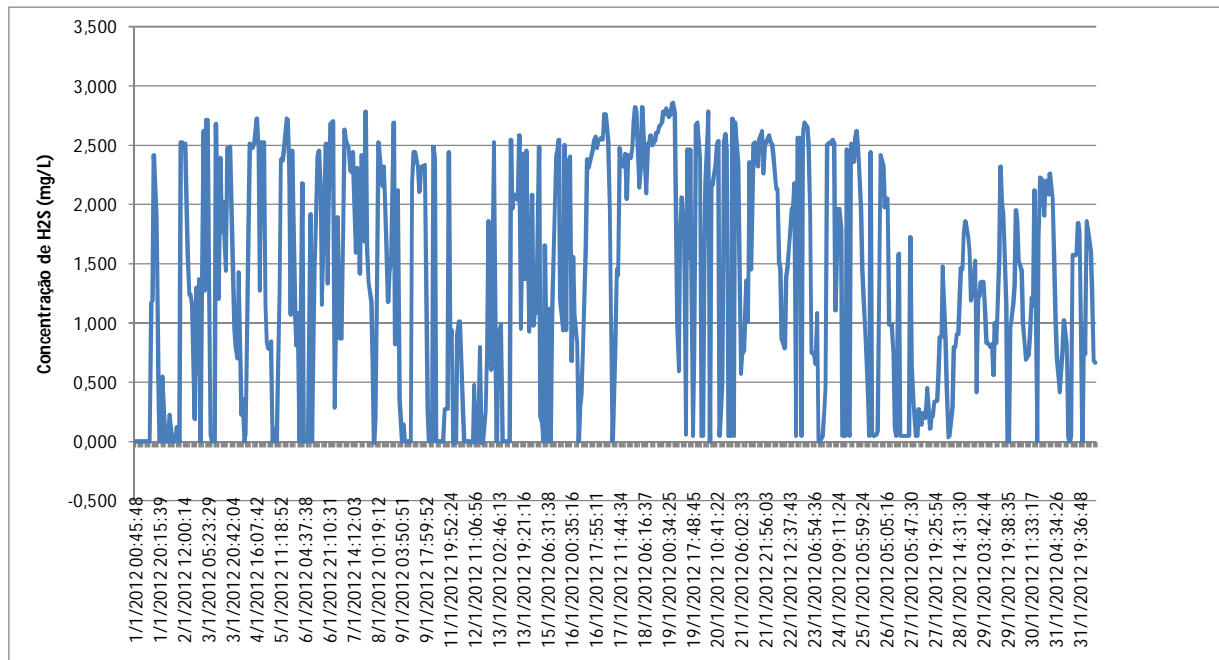


Gráfico 1 - Monitoramento da concentração de sulfeto de hidrogênio na cidade de Santos - Janeiro de 2012

Através de medições contínuas foi possível traçar um perfil da concentração de sulfeto e criar a estratégia adequada para eliminar ou reduzir a formação de sulfeto. Este perfil pode ser observado através do gráfico 2.

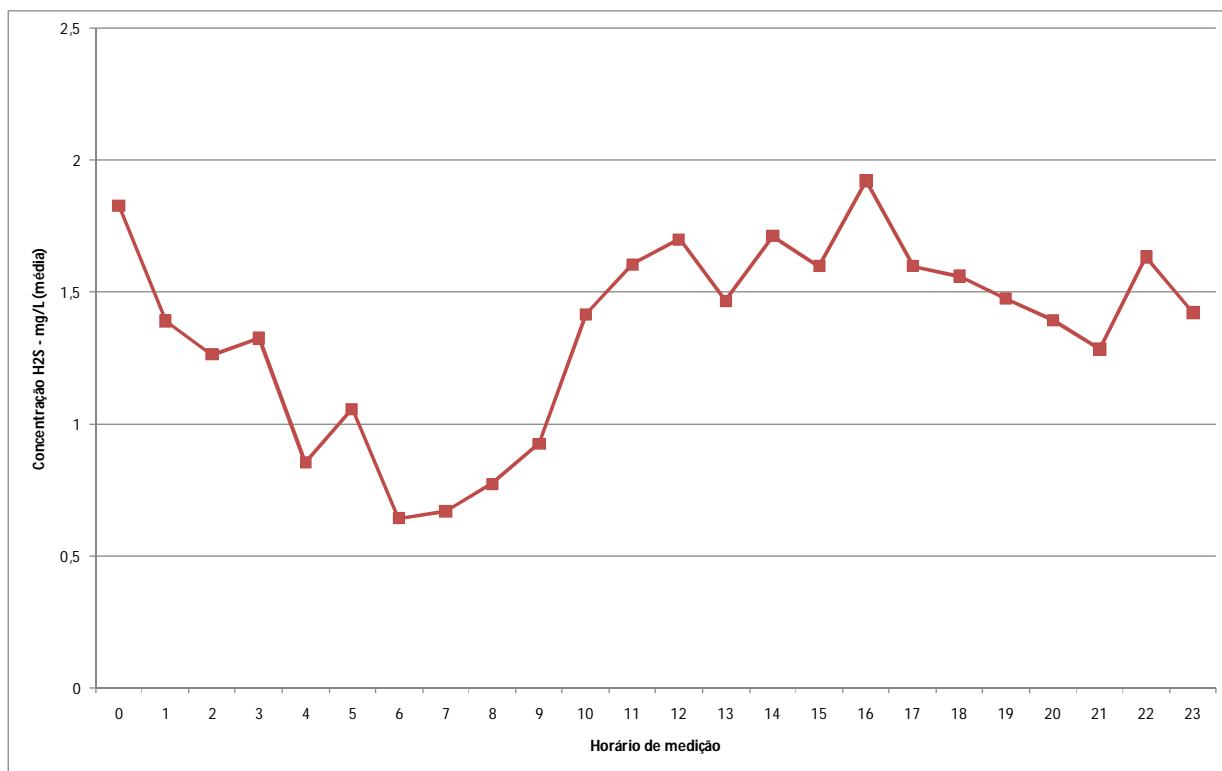


Gráfico 2 - Monitoramento da concentração de Sulfeto de Hidrogênio na Cidade de Santos - Jan/12 - Média horária

Conclusão:

A utilização de produtos químicos como ação preventiva da geração de odores no sistema de esgotamento na cidade de Santos tem sido uma alternativa adequada, porém os estudos visando maior eficiência com redução de custos deve ser uma premissa constante da equipe, visto o bom resultado obtido com a aplicação de peróxido de hidrogênio em algumas estações elevatórias de esgotos.

A estratégia acima associada ao enclausuramento de todas as fontes de emissão de odor na unidade de Santos com a sucção e lavagem dos gases nas torres trouxe a mais de 02 anos uma situação de não haver mais reclamações por parte dos cidadãos de Santos.

A gestão adequada do sistema de esgotamento sanitário passa obrigatoriamente pelo processo de monitoramento, sem o qual poderá haver gastos excessivos de produtos químicos sem obter o resultado esperado. O monitoramento on-line desde que utilize equipamentos com reconhecida capacidade de reproduzir os resultados analíticos na mesma ordem de grandeza das análises que são feitas em laboratórios especializados mostra-se ferramenta indispensável.

Referência:

1. FILHO, P.B., LISBOA, H.M. **Odor e Desodorização de Estações de Tratamento de Efluentes Líquidos**. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999.
2. LILIAMTIS, T.B. **Avaliação da adição de nitrato de amônia para redução de odor nos esgotos de Pereira Barreto – SP: reflexos na qualidade da água do reservatório de Três Irmãos, após dez anos de aplicação**. Tese Doutorado. FSP. São Paulo, 2007.

3. LILIAMTIS, T.B., MANCUSO, P.C.S. A geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. **Saúde e Sociedade**, v.12, n.2, p.86-93, jul-dez 2003.
4. METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**. 3.ed. Singapore, McGraw Hill, 1991.
5. NETO, J.G. **Controle de Odores no Sistema de Esgoto Sanitário dos Municípios de Santos e de São Vicente com a utilização de Peróxido de Hidrogênio**. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2010
6. RICHARD S., FRECHEN, F.B. **Odours in Wastewater Treatment: Measurement, Modelling and Control**. IWA Publishing, 2001.
7. SABESP. Relatório Interno – GerRS - 122010, Site ROA. 2010.
8. SILVA, A.B. **Avaliação da Produção de Odor na Estação de Tratamento de Esgotos Paranoá e seus Problemas Associados**. Dissertação de Mestrado – UnB. Brasília, DF. Junho, 2007.
9. SOUZA, M.L., CARDOSO, F.A., HARTMANN, C.M., GOMES, D., CARNEIRO, C. **Minimização do Odor em Estação de Tratamento de Esgoto através da Utilização de Peróxido de Hidrogênio Oxidante de Sulfeto de Hidrogênio**. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2011