



O QUE VOCE PRECISA ENTENDER SOBRE GASES DO ESGOTO OU COMO ENTRAR NUM PV E SAIR VIVO

Gilberto Berzin ⁽¹⁾

Engenheiro Civil, 1971, EESC-USP, Pós Graduado em Saneamento Básico – UNISANTA, Cursos de Pós-Graduação e Especialização na Poli-USP, CETESB, ABES, IO-USP e IST-Lisboa. Trabalhou 20 anos na SABESP como gerente das Divisões de Controle Sanitário, de Operação de Sistemas e de Manutenção Mecânica, Elétrica e Civil, Ex-professor das Faculdades de Eng.Civil da UNISANTA e UNISANTOS, atualmente consultor de operação de sistema para firmas de engenharia.

Endereço⁽¹⁾: Rua Isidoro de Campos, 35, apto. 131, Ponta da Praia – Santosa – SP – cep 11030-490 – Brasil, tel: +55 (13) 99104.4800 , gberzin@uol.com.br.

RESUMO

Este tema foi abordado numa palestra do eng. Preston R. Nichols – PRESTON (1989), proferida na Conferência Regional de Monterey-USA, outubro/1989, no Condado de Sta. Clara - Campbell, CA-USA. Utilizou o título: “*You Say Don’t Want To Die Sewer Manhole*” (“Você Diz Que Não Quer Morrer em um PV?”). Houve várias traduções, versões e publicações, mas iremos aproveitar o texto original para o presente trabalho, atualizando as informações e recomendações.

Serão abordados os principais gases gerados pelos esgotos em ambiente confinado, atualizando seus efeitos para as instalações e para a saúde humana, quais os cuidados a serem tomados antes de se entrar numa instalação onde haja a possibilidade de gases acumulados, tais como ETE’s e principalmente poços de visita PV’s, com risco de efeitos da toxicidade e explosão.

Apresentar-se-ão várias situações particulares em que se encontram os poços de visita em relação a circulação do esgoto e acumulação de lodo nas paredes dos poços, finalizando com recomendações a serem adotadas para cada situação. Equipamentos de medidas dos gases serão apresentados.

PALAVRAS-CHAVES: Esgoto, Poços de Visita, Gases.

INTRODUÇÃO

Deve ser exigido a obrigatoriedade de treinamento para o pessoal de operação/manutenção que vai trabalhar em áreas onde possa haver gases acumulados com risco de intoxicação ou provocar uma explosão. Estes ambientes sempre são encontrados em ETE’s - Estações de Tratamento de Esgoto e principalmente em poços de visita das próprias estações e dos coletores de rua. Devem estar cientes de que os gases são nocivos/perigosos, quais são as condições em que ocorre a sua geração, os processos e equipamentos para minimizar os perigos já citados.

Exemplos: Segundo notícia da AGÊNCIA BRASIL (2016), em abril/2016 no Rio de Janeiro, pelo menos cinco pessoas morreram e 13 ficaram feridas após grande explosão no conjunto habitacional no bairro Fazenda Botafogo, às margens da av. Brasil, devido a problemas com gás do esgoto acumulado. O próprio autor em 1980, quando trabalhava para a SABESP, vivenciou uma explosão provocada por gases acumulados dentro de um PV e de uma tubulação que chegava na EPC-Estação de Pré-Condicionamento de Santos, por muita sorte ninguém estava no momento trabalhando dentro do PV, mas havia bombas submersíveis operando para secar o poço e muita gente ao redor do PV, as labaredas chegaram a mais de 10 m de altura, houve queimaduras leves em várias pessoas.



OBJETIVO

Resumindo, pretende-se caracterizar os gases que são gerados dentro de ambientes onde haja esgoto, as principais situações de formação, os cuidados que devem ser tomados e medições executadas.

Deve-se partir do princípio que é impossível a eliminação total dos perigos gerados pelos gases. pelo que os trabalhadores precisam confiar em procedimentos e equipamentos de detecção.

Conforme explica ROSSETO (2014), gerente de Operação da SANASA, “o risco de explosão ocorre pela formação do biogás”. Explica que na sua composição, o biogás contém metano e outros compostos, que podem, em contato com o oxigênio do ar, criar uma atmosfera com riscos de explosividade.

Os esgotos domésticos têm na sua composição principalmente carboidratos, óleos e graxas, surfactantes (detergentes), muitos compostos de enxofre, de fósforo e nitrogênio. Ressalta-se que o monitoramento dos gases gerados no processo é importante para avaliar a atividade bacteriana que pode interferir na eficiência do processo de tratamento de esgoto e para a segurança do local, evitando esses riscos.

OS GASES PRODUZIDOS PELOS SISTEMAS DE ESGOTOS

Principais Constituintes do Esgoto Doméstico Típico

- Água (99,9%)
- Sólidos (0,1%)
 - Sólidos Suspensos
 - Sólidos Dissolvidos
 - Matéria Orgânica
 - Nutrientes (N, P)

Organismos patogênicos (vírus, bactérias, protozoários, helmintos)

Restos de comida: constituídos de: - Proteínas CHON
- Carboidratos CHO
- Pequeno teor de enxofre S

Urina: constituídos de: - Ion Amônio NH₄
- Pequeno teor de enxofre S

Sabão e detergentes: Não participam da formação dos gases do esgoto, a não ser que contenham Cloro.

Na tabela-1 a seguir estão relacionados os principais gases e seus efeitos:

Tabela-1 – Gases Típicos de Esgoto e Características

GÁS	COR ODOR	Inflamável Explosivo	Densidade rel. ao Ar	Limite Tóxico
Carbônico CO ₂	Incolor Inodoro	NÃO **	1,53	10% por poucos min.
Metano CH ₄	Incolor Inodoro	SIM (6% no ar)	0,53	9% causa náuseas
Sulfídrico H ₂ S	Incolor Ovos podres	SIM (4% no ar)	1,19	0,07% por 2,0 min.
Amônia NH ₃	Incolor Cheiro Urina	SIM (15% ar)	0,59	0,01%

Fonte: PRESTON (1989)

Efeitos dos Gases Gerados pelo Esgoto

O **Metano** apesar de não ser tóxico, as exposições de altos níveis de metano em áreas fechadas podem causar asfixia, pois ele provoca a diminuição de oxigênio no ar, causando dor de cabeça, náusea, tontura e inconsciência. A morte pode ocorrer de forma rápida e sem qualquer aviso, diz **HAWTHORNE (2021)**. O metano também é altamente inflamável, o acúmulo desse gás torna-se extremamente explosivo.

O **Sulfeto de Hidrogênio** tem o odor muito parecido com o de ovos podres. A exposição a níveis extremamente elevados deste gás pode causar perda de consciência e morte.

Os baixos níveis de **Hidrogênio** causam sintomas parecidos com os de alergia nos seres humanos, tais como ardor nos olhos e tosse. Os sintomas que são mais graves incluem nervosismo, tonturas, náuseas, dores de cabeça e sonolência.

Monóxido de carbono, é um derivado do metano. É inodoro, insípido, não irritante e mortal. De acordo com os Centros de Controle e Prevenção de Doenças, nos Estados Unidos a cada ano, milhares de pessoas ficam doentes após inalar acidentalmente monóxido de carbono, e cerca de 450 destas pessoas morrem. Aquelas que sobrevivem muitas vezes sofrem de problemas neurológicos a longo prazo. Os sintomas podem assumir a forma de uma síndrome de enxaqueca, depressão, gripe ou fadiga crônica, quando ocorre a exposição a níveis baixos, em uma base diária. Conforme a exposição se torna mais evidente, pode ocorrer confusão mental, convulsões e inconsciência. Também pode experimentar alucinações ou tornar-se excessivamente emotivo, ter visões sobrenaturais.

A utilização de um detector de monóxido de carbono pode salvar vidas.

Observações importantes sobre estes gases

Todos são incolores. Na maior parte são inodoros, exceto gás Sulfídrico com cheiro de ovos podres e Amônia com cheiro agudo de urina. Metano e Amônia são mais leves que o ar e tendem a subir, gás Carbônico e o Sulfídrico são mais densos que o ar e por isso tendem a se depositar no fundo dos P.V. Gás Sulfídrico é considerado gás mortífero, com concentrações letais de 0,07%.

A Amônia: seu limiar de níveis tóxicos é somente 1 centésimo de 1%, ela é 7 vezes mais tóxica que o gás Sulfídrico. Além disso, as concentrações de gás Sulfídrico no esgoto são usualmente 0,1 ppm, ao passo que, as concentrações de Amônia, quando ela está presente, são em geral de 50 ppm. A concentração de Amônia é 500 vezes maior que a de gás Sulfídrico.

Deve-se lembrar que os constituintes normais do ar são: nitrogênio 79%; oxigênio 19%, gás carbônico 1% e outras substâncias 1%. Tem-se falado sobre gases que são perigosos quando presentes tanto por suas características explosivas como tóxicas, mas um gás pode ser perigoso por causa de sua ausência. Normalmente o ar contém 19% de oxigênio, mas se esta fração cai para 13% ou menos, os seres humanos que respiram este ar, tornam-se inconscientes.

Com fundamento nesta observação, pode-se fazer uma análise geral do comportamento destes gases. As conclusões desta análise são explicadas a seguir.

É fisicamente, quimicamente e biologicamente impossível ter todos estes gases reunidos em um P.V. Se gases estão sendo produzidos, dependem de uma inter-relação de muitas condições:

1. Características de rede de esgoto - diâmetro, declividade, condições de ventilação (tais como: grelhas sobre P.V., tampões furados ou selados);
2. Características do fluxo – profundidade, velocidade, turbulência e quantidade.
3. Características do esgoto – concentração, temperatura, pH e idade do esgoto.
4. Dispositivos de esgotamento – sifão, bombeamento, conduto formação, ramais, etc.

Atividade biológica:

O limo que se desenvolve nas paredes de um sistema de esgotos, serve de habitação para uma bactéria proteolítica. Esta bactéria por ser heterotrófica, isto é, ao contrário das plantas ela pode se alimentar de carbono orgânico estruturado como proteínas (CHON) e carboidratos (CHO).

Na Figura-1 , temos a situação quando o oxigênio está presente e estas bactérias o absorvem. Este tipo de sistema é chamado : “Aeróbico”.

Na Figura-2, quando não há oxigênio, estas bactérias podem ainda sobreviver nesta condição e o sistema se denomina-se : “Anaeróbico”.

Figura-1 - Sistema Aeróbico (com oxigênio)

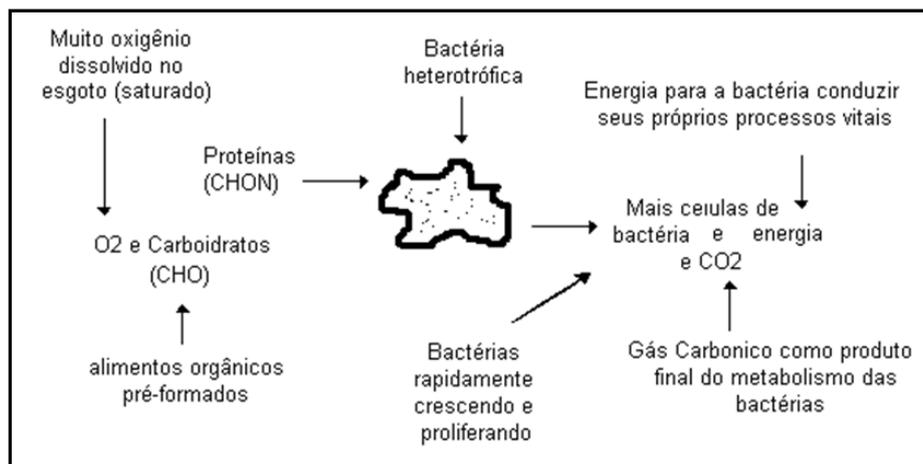
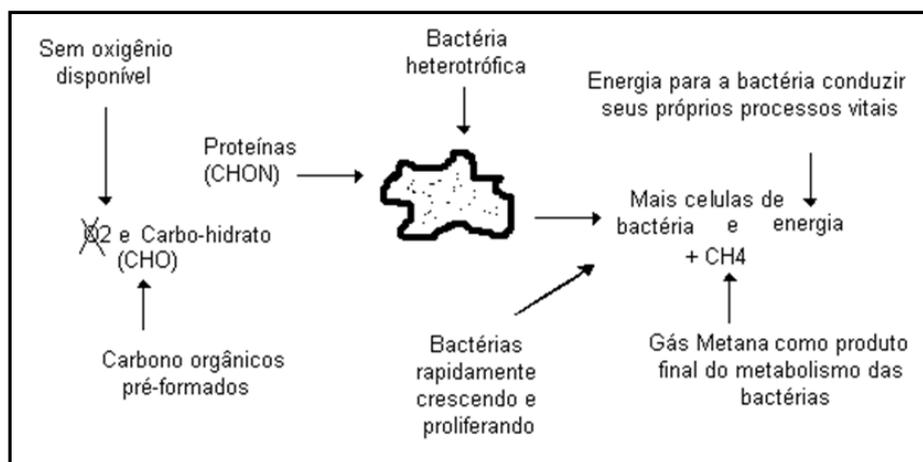


Figura-2 - Sistema Anaeróbico (sem oxigênio)



Fonte : : PRESTON (1989)

Naturalmente a presença ou ausência de oxigênio determina quando existirá gás carbônico ou metano num P.V. e evidentemente não podem existir ambos. A presença ou ausência de oxigênio também estabelece quando o gás Sulfídrico estará presente.

O Enxofre é um constituinte menor da proteína e é encontrado nas fezes na forma de aminoácidos não digeridos e na urina como parte da ureia – proteína instável. Na água o enxofre elementar é extremamente instável e tomará uma outra forma. Se há oxigênio na água, o enxofre poderá formar o ion sulfato (SO_4). Nesta forma, ele pode gerar gases de esgoto não perigosos.

Se o esgoto é pobre de oxigênio e o $\text{pH} > 1$, então o enxofre poderá com o hidrogênio formar o gás Sulfídrico (H_2S) que é o perigoso gás de esgoto.

A importância do Oxigênio Dissolvido. (OD)

Já foi ressaltado que a presença ou ausência do oxigênio desempenha papel importante na formação do gás de esgoto.

Sistema Aeróbio > oxigênio presente > gás carbônico (CO_2)

Sistema Anaeróbio > sem oxigênio > metano (CH_4) + gás sulfídrico (H_2S)

Antes de entrar num P.V., o pessoal da operação/manutenção deve primeiro avaliar se o sistema é aeróbico ou anaeróbico. Para fazer isto, precisamos ter uma compreensão das condições que afetam o oxigênio dissolvido:

1. Baixa temperatura – No frio, as bactérias ficam muito menos ativas. Elas usam oxigênio disponível muito devagar, podendo permanecer oxigênio dissolvido que faz o sistema aeróbico.
2. Grande superfície de absorção – quanto maior a área de superfície ligada, mais oxigênio se transfere para o esgoto.
3. Maior velocidade – quanto mais rápido se move o esgoto, mais oxigênio dissolvido ele pode arrastar e absorver.
4. Diluição do esgoto - quando o esgoto é diluído (com elevado DBO) as bactérias são menos ativas e consomem o oxigênio disponível lentamente deixando o sistema aeróbico.

Como o pH influencia na formação dos gases

Já foi mencionado que a formação do gás Sulfídrico depende do pH tanto quanto do oxigênio disponível.

Enxofre (S) pode existir no esgoto sob 3 formas, dependendo do pH:

(S=)ion (SH-)ion (H_2S) gás

Quanto ele está em alguma forma iônica fica fixado quimicamente ao esgoto; não pode formar gás e abandonar o esgoto. Em resumo, na sua forma iônica ele não pode nos prejudicar. Somente quando ele está em sua forma gasosa é que nos preocupa e este é o caso se o pH for abaixo de 7,5 aproximadamente.

Um outro gás depende somente do pH e não do oxigênio. Esse gás é Amônia.

A Ureia é um produto encontrado em nossa urina. É uma proteína muito instável. Uma vez no esgoto, ela rapidamente rompe sua molécula liberando o íon amônia (NH_4^+). Se o pH está abaixo de 9, esta forma permanece.

O complexo nitrogênio x hidrogênio pode existir no esgoto em duas formas dependendo do pH:

Ion amônio (NH_4^+) abaixo de $\text{pH}=9$, e gás amoníaco (NH_3) acima de $\text{pH}=9$.

Quando o complexo nitrogênio-hidrogênio está na forma iônica, ele fica fixado ao esgoto. Nesta forma ele não pode deixar o esgoto penetrar na atmosfera da rede de esgoto e se tornar um perigo. Somente na forma gasosa ele se torna um perigo para nós.

Normalmente o esgoto tem $\text{pH} = 7$ a 8 , podemos sempre esperar encontrar gás Sulfídrico e muito raramente Amônia. Nunca podemos encontrar ambos.

Resumindo as condições sob as quais os 4 gases de esgoto podem se apresentar:

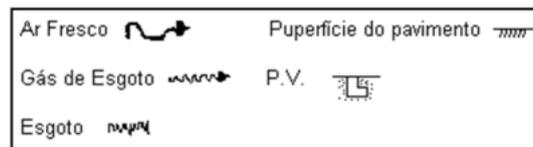
- Considerando o pH normal e condições anaeróbicas, os gases de esgoto gerados podem ser sulfeto de hidrogênio (H_2S) e metano (CH_4).



- Considerando o pH normal (8 ou menor) e condições aeróbicas, o gás de esgoto gerado deve ser gás carbônico (CO_2).
- Devido à atividade biológica reduzida, se o pH é inferior a 4 ou superior a 10, não haverá gás carbônico (CO_2), nem metano (CH_4).
- Se o pH é maior que 9 tanto no sistema aeróbico como no anaeróbico, a presença de amônia (NH_3) deve ser esperada.

CASOS ESPECÍFICOS DE GERAÇÃO DE GÁS NOS SISTEMAS DE ESGOTOS

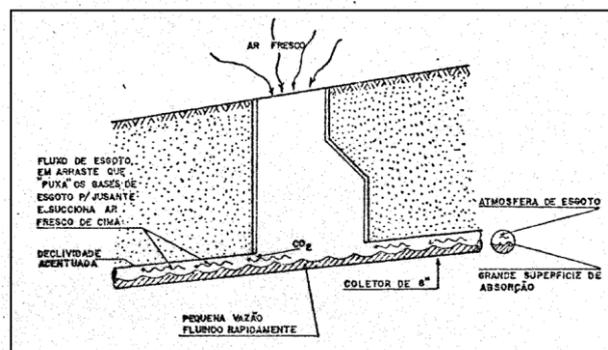
Figura-3 - Legenda dos desenhos



Serão analisados alguns casos específicos considerando suas propriedades de geração de gás e determinando as preocupações de segurança que devem ser tomadas.

Caso nº 1: Na Figura-4, admite-se um esgoto doméstico em condições normais de temperatura e concentração; pequena vazão fluindo rapidamente em declividade acentuada; com uma atmosfera de esgoto, grande superfície livre boas condições de ventilação.

Figura-4 - Pequeno coletor de esgoto na extremidade de montante da rede coletora.



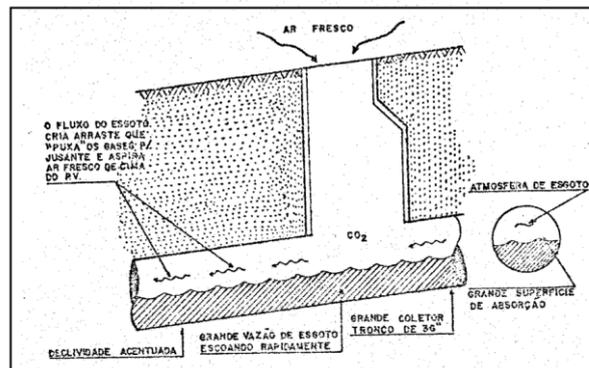
Geração de Gás: Considere a discussão anterior das condições que conduzem ao oxigênio dissolvido; obviamente, devemos esperar que o sistema seja aeróbico.

O gás de esgoto produzido deve ser o gás carbônico. Este gás é o menos perigoso e neste caso podendo esperar boa ventilação. O gás carbônico deve continuar para jusante. Ar fresco naturalmente deverá estar entrando pelo P.V. através de sua atmosfera (com pequenas quantidades de esgoto, somente muito pequenas quantidades de gás carbônico, serão produzidas).

Preocupações com a segurança: somente as de rotina.

Caso nº 2: Considere esgoto doméstico em temperatura e concentração normais; grande vazão escoando rapidamente num trecho em declive, com uma atmosfera de esgoto, com grande superfície de absorção e condições de ventilação excelentes.

Figura-5 - Coletor tronco com boa declividade e boa ventilação.



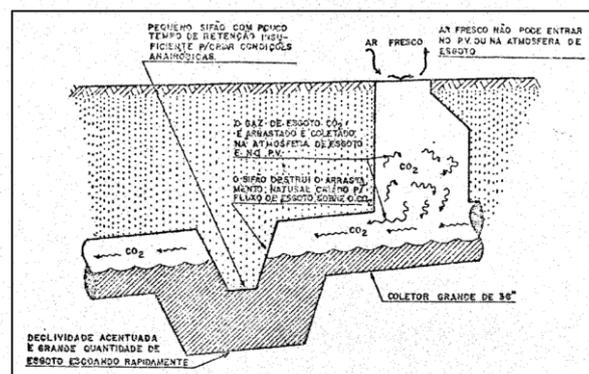
Geração de Gás: Essencialmente este caso é similar ao caso nº 1. Boa declividade, fluxo rápido do esgoto doméstico, atmosfera de esgoto e grande superfície de absorção fazem deste um sistema aeróbico. A principal diferença é que com grande vazão de esgoto, maiores quantidades de CO₂ serão produzidas.

O gás carbônico é mais denso de que o ar, sua densidade relativa é 1,53. Ele cobrirá a superfície do esgoto. O esgoto escoando cria um arraste que leva o gás carbônico para jusante.

Precauções recomendadas de segurança: Retire a tampa do P.V. e espere alguns minutos. O arrastamento natural do esgoto levará para jusante alguns CO₂ que tenham se concentrado no P.V. Ar fresco será aspirado para dentro do P.V. em direção à atmosfera do esgoto.

Caso nº 3 : Consideremos esgoto doméstico em temperatura e concentração normais, grande vazão escoando rapidamente num declive acentuado, com atmosfera de esgoto e grande superfície de absorção; apesar de tudo, más condições de ventilação.

Figura-6 - Coletor tronco em declive acentuado com ventilação pobre.



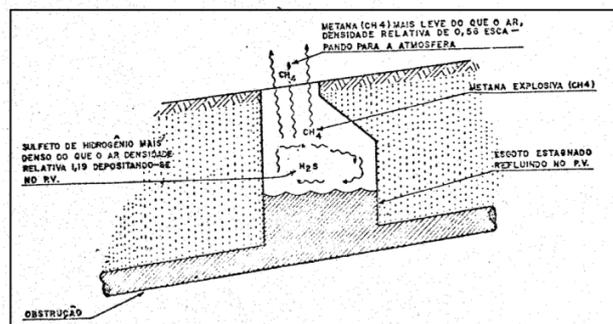
Geração de Gás: É essencialmente o mesmo caso como o nº 2. Considere que o sifão é pequeno com uma retenção tão breve que as condições – anaeróbicas são impossíveis.

Procedimentos recomendados de segurança:

1. Remova a tampa do P.V. e espere alguns minutos.
2. Não dependa do esgoto para a própria ventilação. CO₂ é mais denso que o ar, ficará no fundo do P.V. As possibilidades de arrastamento natural e ventilação são impedidas pelo sifão.
3. Entre no P.V. com máscara de segurança e 2 homens no topo.
4. Se um homem deverá estar no P.V. por longo período, use um ventilador.

Caso nº 4: Considere o esgoto estagnado que não circule; não há atmosfera de esgoto; não há ventilação, conseqüentemente um total sistema anaeróbico.

Figura-7 - Obstrução em pequeno coletor



Metano (CH₄) e sulfeto de hidrogênio (H₂S) são produtos gasosos da decomposição anaeróbica.

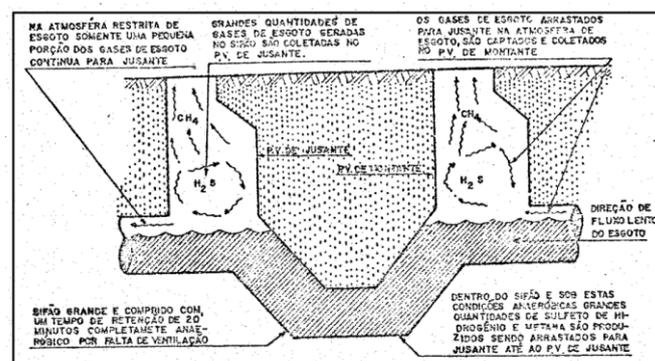
Preocupação recomendadas de segurança:

1. Depois de retirar a tampa do P.V. espere alguns minutos por alguma possível ventilação.
2. Faça teste para verificar a presença de sulfeto de hidrogênio, gases explosivos e carência de oxigênio.
3. Use máscara de segurança.
4. Prefira utilizar ventilador.

Caso nº 5 : As premissas são as mesmas do caso nº 4, acrescentando-se um sifão.

No trecho em gravidade, há ventilação limitada. No trecho do sifão não há ventilação.

Figura-8 - Coletor tronco, fluindo lentamente, quase cheio e com sifão grande e comprido.



Geração de Gás: Tal como no caso nº 4, acrescentando-se o sifão.

O gás de esgoto, é gerado a montante do sifão. Ele flui para jusante com o arrastamento natural do esgoto. O sifão é uma obstrução para o arrastamento natural e à ventilação. Conseqüentemente o gás de esgoto será retido e coletado no P.V. de montante.



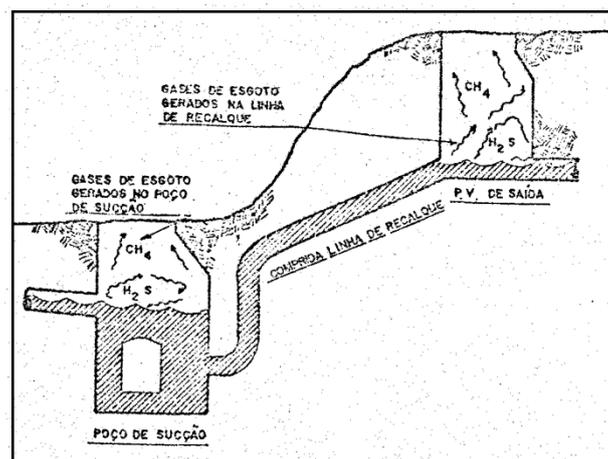
Gás de esgoto em quantidades muito grandes poderá ser conduzido nas condições anaeróbicas do sifão.

Precauções de segurança recomendadas: Este trecho do sistema coletor de esgoto é potencialmente perigoso. Justifica-se extremo cuidado.

1. Utilize bastante o ventilador/exaustor;
2. Não entre no P.V. senão depois do teste de sulfeto de hidrogênio, gases explosivos e presença de oxigênio, comprovando condições seguras;
3. Use máscara de proteção;
4. Use ventilador/exaustor todo o tempo que estiver no P.V.

Caso nº 6 : Admita-se pequena quantidade de esgoto e que o poço seja rebaixado duas vezes por dia. Considerando um recalque comprido, com o tempo de retenção hidráulicamente necessário de 15 minutos.

Figura-9 - Sistema de bombeamento com poço de sucção e condutor de recalque.



Geração de gás: Não fluindo esgoto no poço de sucção, como normalmente acontece, há reduzida possibilidade de absorção de oxigênio. Na linha de recalque a ventilação é impossível. Condições anaeróbicas prevalecerão tanto no poço de sucção como na ilha de recalque. Consequentemente sulfeto de hidrogênio e metano serão produzidos.

Procedimentos de segurança recomendados:

1. Retire a tampa do poço de sucção do P.V. de saída.
2. Drene o sistema fechando a entrada de esgoto e recalcando para o P.V. se possível.
3. Faça o teste da presença de sulfeto de hidrogênio, gases explosivos e presença de oxigênio.
4. Use no mínimo uma máscara de segurança.
5. O uso de ventilador/exaustor é preferível.

Caso nº7: Sistema de bombeamento com poço de sucção e linha de recalque ilustrados no caso nº6, considerando a Figura-8.

O Cal é despejado no esgoto, no poço de sucção para controlar a produção do sulfeto de hidrogênio, visando aumentar o pH.

Considere-se que os residentes próximos a elevatória de esgotos reclamaram sobre o cheiro de ovo podre dele proveniente. Decidiu-se controlar este odor adicionando cal ao esgoto no poço de sucção elevando assim o pH até 10. Existem outras maneiras de controlar o gás sulfídrico, aplicando nitrato de amônia ao esgoto, também uso aeração por oxigênio industrial dentre outros meios.

Geração de Gás: Devido ao elevado pH a atividade das bactérias será iniciada e assim pouco metano se produzirá. Devido ao alto pH, sulfetos serão mantidos na forma iônica e quimicamente fixados ao esgoto, não havendo assim gás Sulfídrico.

Devido ao pH elevado, o íon amônio será convertido em amônia (NH_3) que nesta forma parecerá efervescente na atmosfera de esgoto.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pode-se preparar um resumo das providencias a serem tomadas antes que alguém entre numa atmosfera descrita no texto:

1º Abrir todas as entradas e saídas de ar do sistema. No caso do PV remove-se o tampão e se houver um segundo PV também deve ser aberto, para facilitar a circulação dos gases e o ar.

2º Provocar ventilação forçada com ventiladores/exaustores.

3º Se possível drenar o sistema fechando a entrada do esgoto.

4º Fazer testes da presença de sulfeto de hidrogênio, gases explosivos e presença de oxigênio, utilizando aparelhos detectores existentes no mercado.

5º Se possível usar máscara de segurança.

6º O lodo aderido nas paredes dos Poços de Visita e Poços de Sucção de ETE's continuarão produzindo os gases já citados, portanto o tempo de permanência deve ser muito bem controlado.

NOTA: Parte do antigo paper do eng. Preston, foi aproveitado pois os casos abordados sempre serão os mesmos e atuais, pois a produção, circulação e tratamento de esgoto será sempre inevitável.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA BRASIL, “Acúmulo de Gás de Esgoto Pode ter Causado Explosão,...” - abril/2016
2. HAWTORNE, *Kimberly*. “Quais são os Perigos dos Gases de Esgoto?” e Low Rasil – november 20, 2021
3. PRESTON, Nichols , “*You Say: Don't Want To Die Sewer Manhole*”- Conferência Regional de Monterey-USA, outubro/1989, Condado de Sta.Clara-Campbell, CA-USA.
4. ROSSETO, Renato, “ETE's e o Monitoramento de Gases”, SANASA, AgSolve, agosto 2014