



1º Fórum Técnico

ETEs Sustentáveis

Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto



Realização:



inct
ETEs Sustentáveis



CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



Parte 5: Biogás e emissões fugitivas de metano

Gustavo Possetti, Julio Rietow, Fernanda Costa, Luiz Wagner, Lívia Lobato, Thiago Bressani, Déborah Melo, Juliana Albano,
Carlos Chernicharo





Tópicos de interesse

| Tópicos de interesse | Nota Técnica correspondente |
|---|--|
| 1. Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão | Parte 2: Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão (BRESSANI-RIBEIRO <i>et al.</i> , 2018); |
| 2. Gerenciamento de espuma | Parte 3: Gerenciamento de lodo e espuma (LOBATO <i>et al.</i> , 2018); |
| 3. Gerenciamento de lodo | |
| 4. Corrosão e emissões odorantes | Parte 4: Controle de corrosão e emissões odorantes (BRANDT <i>et al.</i> , 2018); |
| 5. Biogás e emissões fugitivas de metano | Parte 5: Biogás e emissões fugitivas de metano (POSSETTI <i>et al.</i> , 2018); |
| 6. Qualidade do efluente | Parte 6: Qualidade do efluente (ALMEIDA <i>et al.</i> , 2018). |

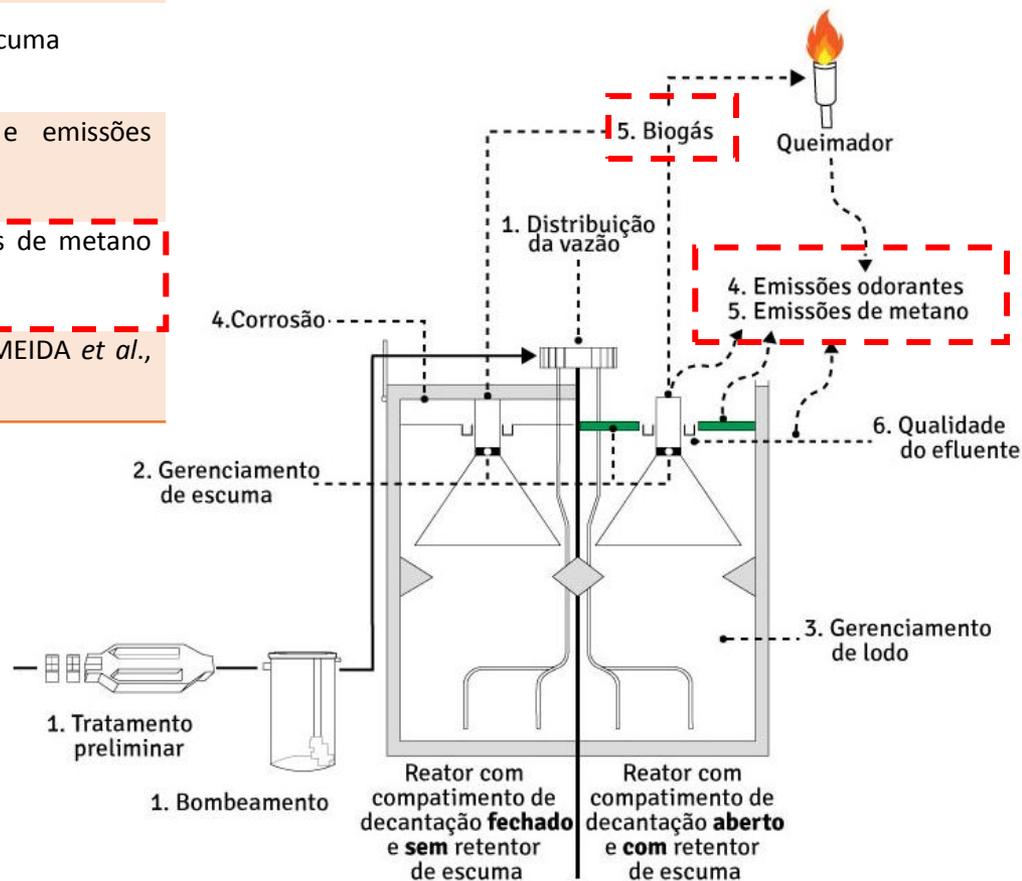
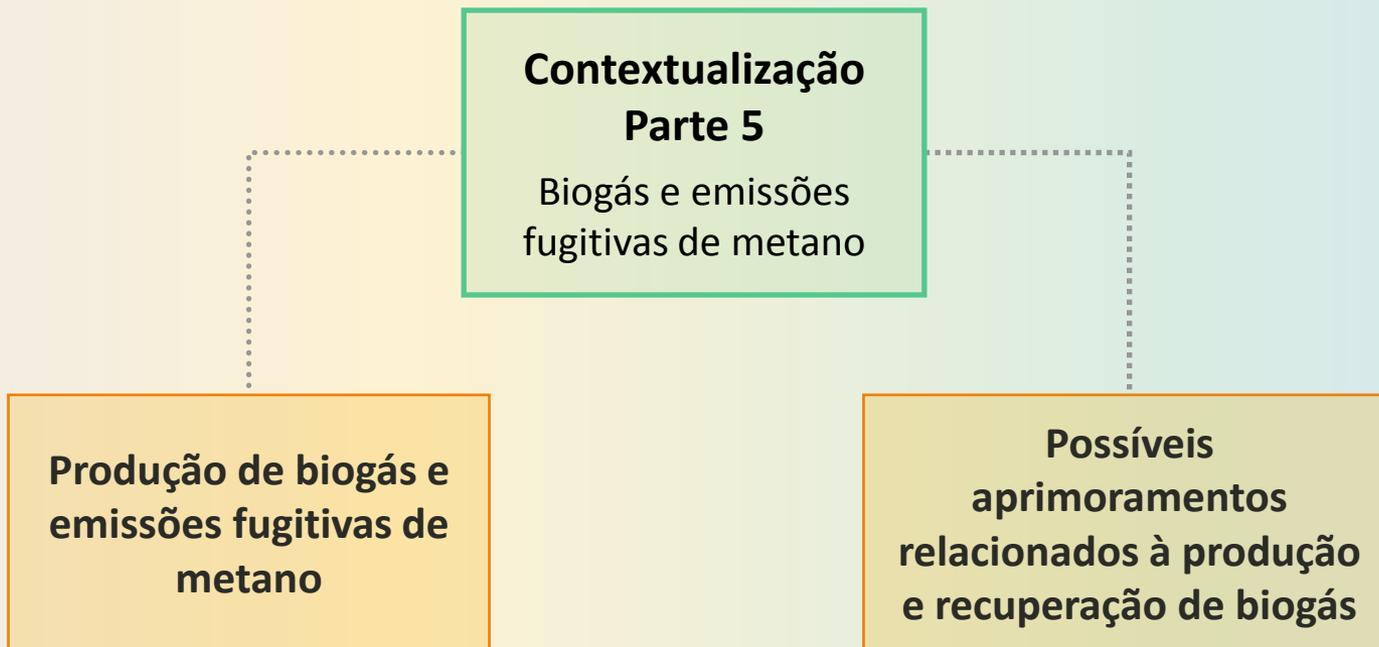


Figura 1 - Tópicos de interesse para o aprimoramento de reatores UASB





Introdução

Processos anaeróbios

- Produção de **biogás**

→ Elevador teor de metano (70 a 81%)

→ Energia mecânica, térmica e/ou elétrica

→ Uso na própria ETE

Acionamento de **bombas** e equipamentos elétricos e **higienização e secagem térmica do lodo**





Introdução

Processos anaeróbios

- Produção de biogás

Perdas por vazamentos **✗**

- ✓ **Redução** do potencial de **aproveitamento energético**
- ✓ **Aumento** das emissões de **GEE**
- ✓ **Aumento** das emissões **odorantes**

Variações na sua quantidade e composição **✗**

- ✓ **Projeto, construção e operação** dos reatores
- ✓ Características do **esgoto doméstico**

Conhecimento e domínio do processo de produção e captação do biogás **se tornam essenciais** para viabilizar o **aproveitamento** desse subproduto





Origem e problemas: biogás e emissões fugitivas de metano

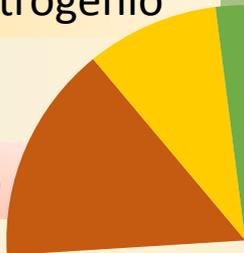
Biogás

Composição:

10 a 25% de nitrogênio

0 a 3% de hidrogênio

6 a 14% de gás carbônico



70 a 81% de metano

- Elevado poder calorífico
- GEE

Outros gases traço

233 a 2.470 ppm de gás sulfídrico

- Elevado potencial **corrosivo**
- **Odor ofensivo**



Origem e problemas: biogás e emissões fugitivas de metano

Principais problemas:

- **Emissões fugitivas** de gases de efeito estufa e odorantes
- **Baixo** potencial de **aproveitamento** energético
- Aspectos de segurança vinculados à criação de **espaços confinados** e formação de **atmosferas explosivas**



Emissões fugitivas de GEE e gases odorantes

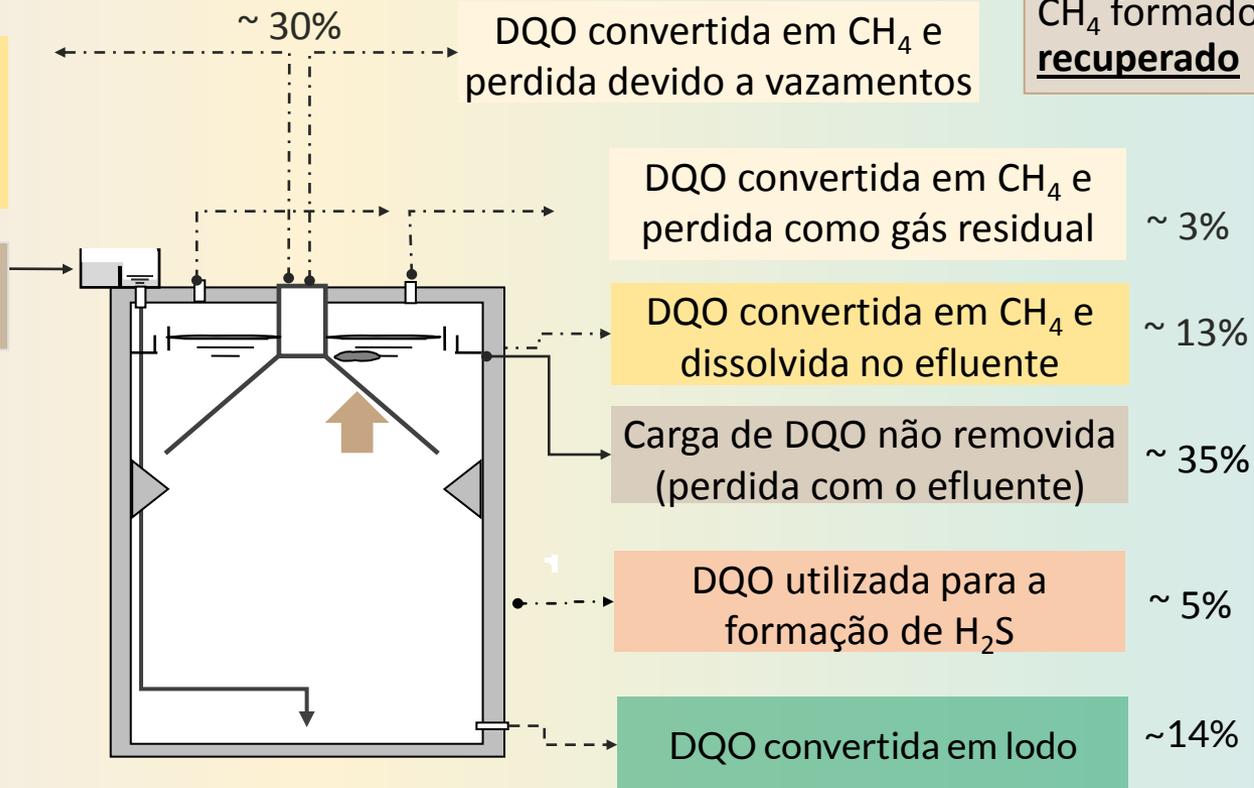
Principais problemas:

- Emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes

Formação de CH₄ e H₂S

DQO convertida em CH₄ e recuperada no biogás

Carga de DQO afluente ao reator



~ 46% da DQO é convertida em CH₄, mas boa parte do CH₄ formado **não é recuperado**

Emissões fugitivas de metano e sulfeto



Emissões fugitivas de GEE e gases odorantes

Principais problemas:

- Emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes

Emissões fugitivas

CH₄

- **Vazamentos** nos STFs e/ou na linha de biogás
- **Baixa eficiência** dos STFs
- **Combustão incompleta** em queimadores
- Projetos, materiais e/ou execução ineficientes de sistemas de **remoção de espuma**
- **Projetos** antigos ou inadequados





Emissões fugitivas de GEE e gases odorantes

Principais problemas:

- Emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes

Emissões fugitivas

H_2S

- Ineficiência de **STFs**
- **Estanqueidade** nas câmaras e linhas de gás
- Baixa eficiência nos **queimadores** de biogás





Baixo potencial de aproveitamento energético do biogás

Principais problemas:

- **Baixo** potencial de **aproveitamento** energético

Principais causas:

- **Vazamentos** nos STFs e/ou na linha de biogás
- Sistemas ineficientes e vulneráveis de **remoção de espuma**
- Entrada excessiva de **água pluvial** na rede coletora de esgoto
- **Emissões fugitivas** da parcela de CH_4 que se encontra **dissolvida no efluente**





Baixo potencial de aproveitamento energético do biogás

Principais problemas:

- **Baixo** potencial de **aproveitamento** energético

Principais causas:

- **Vazamentos** nos STFs e/ou na linha de biogás
 - ✓ Problemas de **projeto e de construção**
 - ✓ **Materiais** inapropriados
 - ✓ **Corrosão** em estruturas e tubulações
 - ✓ **Estanqueidade** nas câmaras de gás dos STFs, em tampas de inspeção e nas tubulações de biogás.
 - ✓ **Acúmulo de lodo** no compartimento de decantação e **espessamento da espuma** na parte interna do STF





Baixo potencial de aproveitamento energético do biogás

Principais problemas:

- **Baixo** potencial de **aproveitamento** energético

Principais causas:

- Sistemas ineficientes e vulneráveis de **remoção de espuma**
 - ✓ **Limpezas periódicas** nos reatores
 - ✓ **Dispositivos** de remoção de espuma
 - ✓ Remoção de espuma através de **tampas de inspeção** na parte superior das câmaras de gás





Baixo potencial de aproveitamento energético do biogás

Principais problemas:

- **Baixo** potencial de **aproveitamento** energético

Principais causas:

- Entrada excessiva de **água pluvial** na rede coletora de esgoto
 - ✓ Incremento de **vazão**
 - ✓ Redução da **concentração** de DQO



Baixo potencial de aproveitamento energético do biogás

Principais problemas:

- **Baixo** potencial de aproveitamento energético

Principais causas:

- **Emissões fugitivas** da parcela de CH_4 que se encontra **dissolvida no efluente**
 - ✓ Parcela **dissolvida no efluente** variou de **36 a 41%** de todo o CH_4 produzido

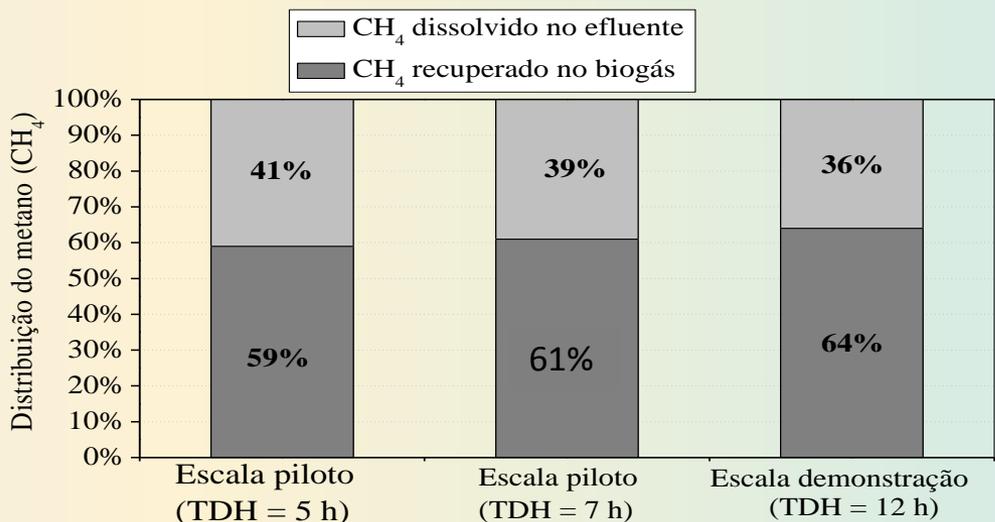


Figura 1 – Perdas de CH_4 dissolvido em efluente de reatores UASB e recuperado no biogás

Fonte: SOUZA *et al.* (2011)



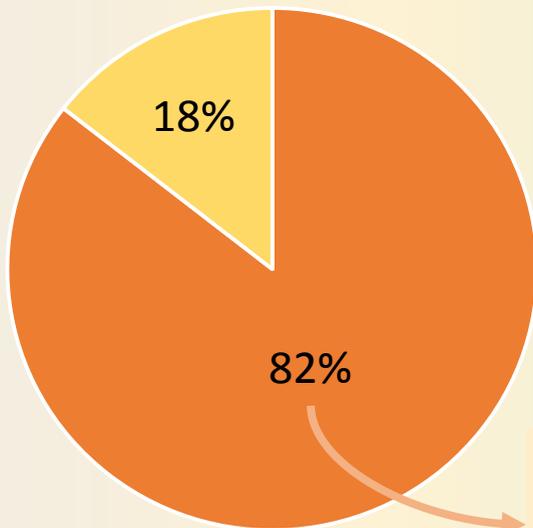
Aspectos de segurança: espaços confinados e atmosferas explosivas

Principais problemas:



- Aspectos de segurança vinculados à criação de **espaços confinados** e formação de **atmosferas explosivas**

1995 – 2014: **169 acidentes** em plantas com produção de **biogás**



Explosões e inalação de substâncias tóxicas e asfixiantes





Aspectos de segurança: espaços confinados e atmosferas explosivas

Principais problemas:

- Aspectos de segurança vinculados à criação de **espaços confinados** e formação de **atmosferas explosivas**

Principais causas:

- **Expulsão de ar** de espaços confinados criados dentro do UASB
 - ✓ Carência de oxigênio O_2
 - ✓ Presença de substâncias tóxicas H_2S
 - ✓ Atmosferas explosivas

Possíveis aprimoramentos relacionados à produção e recuperação de biogás





Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

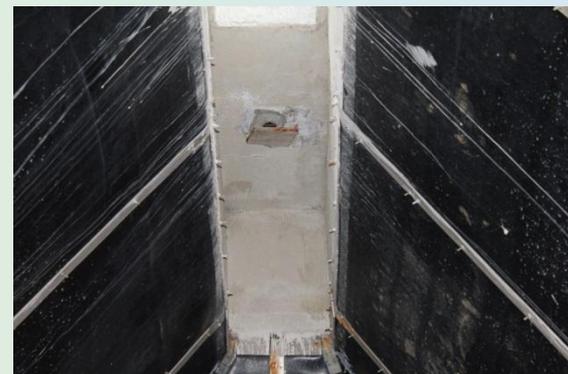
Principais problemas: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, **baixo potencial de aproveitamento** energético e aspectos de segurança vinculados à criação de **espaços confinados** e formação de **atmosferas explosivas**

- Projeto e construção dos **separadores trifásicos e linha de gás**

Recomenda-se

- **Materiais** adequados ou com revestimento contra corrosão

Concreto: problemas de vazamentos, corrosão, e estrutura pesada e volumosa





Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais problemas: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, **baixo potencial de aproveitamento** energético e aspectos de segurança vinculados à criação de **espaços confinados** e formação de **atmosferas explosivas**

- Projeto e construção dos **separadores trifásicos e linha de gás**

Recomenda-se

- **Materiais** adequados ou com revestimento contra corrosão

Lona e fibra de vidro: não corrosivos, mais leves e menos volumosos ✓

Atenção especial para fixação e acúmulo escuma





Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais problemas: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, **baixo potencial de aproveitamento** energético e aspectos de segurança vinculados à criação de **espaços confinados** e formação de **atmosferas explosivas**

- Projeto e construção dos **separadores trifásicos e linha de gás**

Recomenda-se

- **Materiais** adequados ou com revestimento contra corrosão

Lona e fibra de vidro, não corrosivos, mais leves e menos volumosos ✓

Controle do processo produtivo





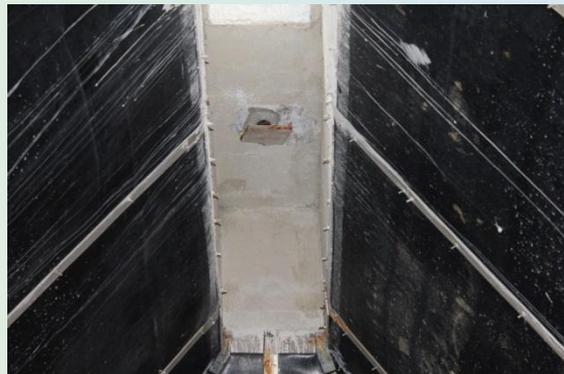
Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais problemas: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, **baixo potencial de aproveitamento** energético e aspectos de segurança vinculados à criação de **espaços confinados** e formação de **atmosferas explosivas**

- Projeto e construção dos **separadores trifásicos e linha de gás**

Recomenda-se

- Materiais adequados ou com revestimento contra corrosão
- Superfície impermeabilizada

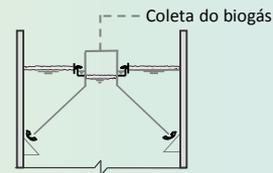




Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Projeto e construção dos **separadores trifásicos e linha de gás**



Recomenda-se

- Tubulações em aço inoxidável ou em PEAD
- Vedação de toda a linha
- Testes de pressão e estanqueidade

Dificuldades para **conduzir o biogás de forma passiva** até queimadores e/ou gasômetros → captação com o auxílio de sopradores ou de compressores radiais, acionados por motores elétricos, desde que o processo seja controlado e seguro



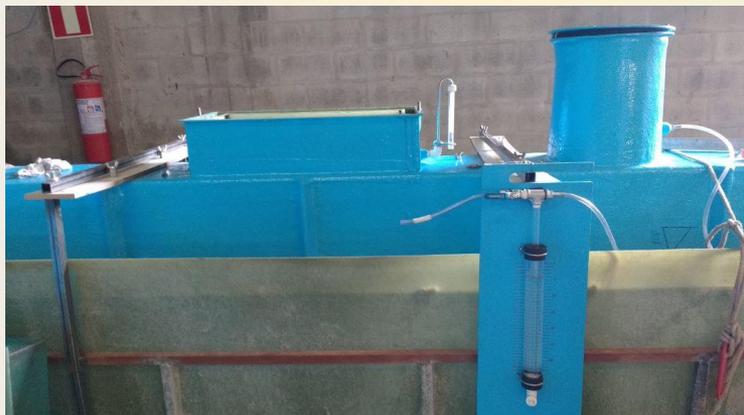
Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Remoção controlada de **escuma** no interior do STF

Recomenda-se

- Estabelecimento de um protocolo para a remoção de espuma
- Mecanismos de quebra-escuma
- Separadores trifásicos equipados com mecanismo hidrostático para a remoção de espuma





Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Redução da entrada de **água pluvial** na rede coletora de esgoto

Recomenda-se

- Materiais, juntas e técnicas apropriadas durante a etapa construtiva das redes
- Inspeção de pontos críticos da rede
- Conscientização do usuário
- Fiscalização durante a realização das ligações prediais
- Realização de monitoramento individual por trecho recalçado



Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Controle das **emissões fugitivas** de CH_4 e H_2S

Recomenda-se

- Confinamento de ambientes
- Tratamento dos gases exauridos





Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Instalação de **queimadores** de biogás

Recomenda-se

- Abertos
 - Proteção contra chuva
 - Proteção contra vento
 - Sistema de ignição automática
- Enclausurados
 - Controle de vazão
 - Controle de pressão
 - Armazenamento do biogás



Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Instalação de **medidores de vazão** e monitoramento da **composição do biogás**

Recomenda-se

- Novas tecnologias vinculadas às áreas de eletrônica e sensoriamento remoto para medição de vazão
- Sensores óticos com feixe duplo para medição de teores de CH_4 e CO_2
- Células eletroquímicas para medição de teores de H_2S e O_2
- Modelos matemáticos



Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das principais tecnologias de medição de vazão de biogás

| Tipo | Vantagens | Desvantagens |
|---|---|---|
| Medidor ultrassônico | <ul style="list-style-type: none">• Bons resultados em baixa pressão• Sem partes móveis | <ul style="list-style-type: none">• Longa distância linear de medição necessária• Elevado custo |
| Medidor vórtex | <ul style="list-style-type: none">• Sem partes móveis• Elevada acurácia• Resistente à corrosão• Baixa perda de carga | <ul style="list-style-type: none">• Longa distância linear de medição necessária• Medições em condições normais de temperatura e pressão (CNTP) necessitam de medições complementares de temperatura e pressão |
| Medição por meio de pressão dinâmica | <ul style="list-style-type: none">• Elevada durabilidade• Pouca influência de gases sujos• Variações de pressão não têm influência negativa na acurácia | <ul style="list-style-type: none">• Trabalha melhor em alta pressão• Difícil calibração• Erro de 1,5 a 5%• Longa distância de medição |

Fonte: adaptado de BRASIL (2017a)



Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das principais tecnologias de medição de vazão de biogás

| Tipo | Vantagens | Desvantagens |
|--|--|--|
| Fluidistor | <ul style="list-style-type: none">• Sem partes móveis• Elevada acurácia• Baixo custo• Fácil de limpar, manusear e trocar | <ul style="list-style-type: none">• Cálculo complexo de vazão• Erro de 1,5%• Sensível a vibrações |
| Medidor de turbina | <ul style="list-style-type: none">• Baixo custo de investimento• Tecnologia de medição simples | <ul style="list-style-type: none">• Depósitos causam problemas• Manutenção onerosa e rotineira• Baixa resolução |
| Medidor mássico por dispersão térmica | <ul style="list-style-type: none">• Fácil instalação• Baixo custo de investimento• Baixa perda de carga• Recomendado para controle de processo de levantamento de potenciais• Medições precisas até em flutuações de pressão | <ul style="list-style-type: none">• Sensível à umidade e partículas do gás• Longa distância linear de medição necessária• Calibração necessita de gás padrão;• Caso o fluído tenha a sua composição variável ao longo da medição a sua vazão deve ser corrigida |

Fonte: adaptado de BRASIL (2017a).



Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Classificação de **atmosferas explosivas** e identificação de **espaços confinados**

- Zonas de riscos
- Identificar, isolar e sinalizar os espaços confinados presentes em uma ETE
- Medições de gases sejam realizadas antes e durante o trabalho

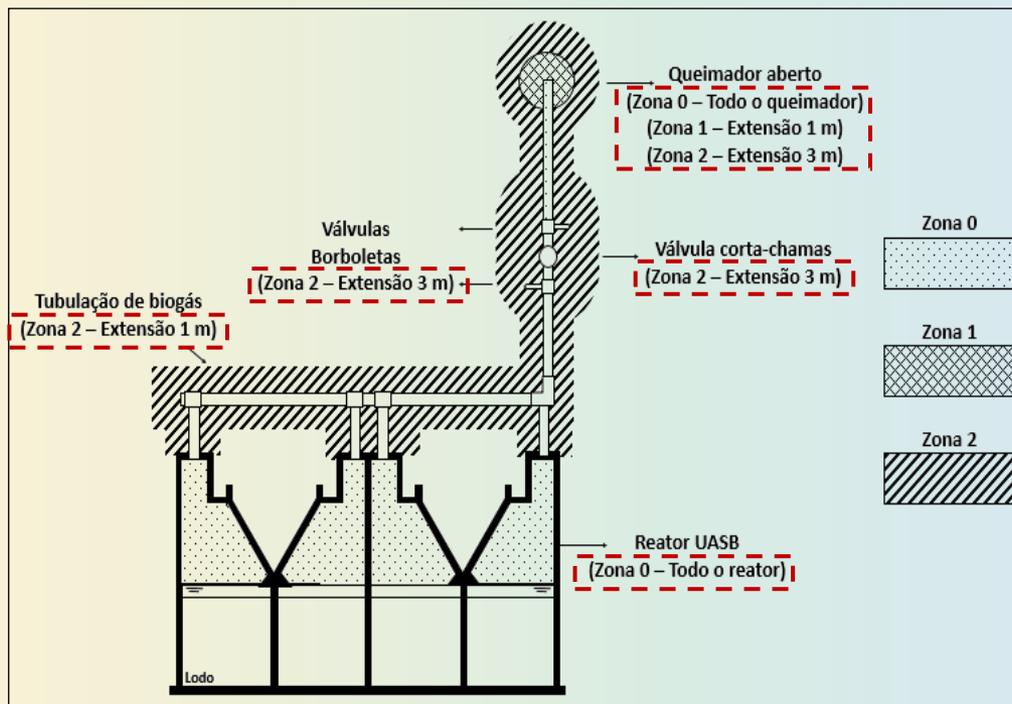


Figura 1 – Mapa esquemático das zonas de riscos de explosão em uma ETE com reator anaeróbio

Fonte: RIETOW *et al.* (2017)



Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

Principais **problemas**: emissões fugitivas de gases de efeito estufa e odorantes, baixo potencial de aproveitamento energético e aspectos de segurança vinculados à criação de espaços confinados e formação de atmosferas explosivas

- Análise de **viabilidade técnico-econômica** sobre a possibilidade de destruição de metano e aproveitamento energético de biogás
 - 100.000 e 200.000 habitantes → 8 a 25%
 - 200.000 e 450.000 habitantes → até 80%
 - ETEs com baixa capacidade de produção e recuperação de metano → combustão direta

Critérios para a tomada de decisão acerca do uso do biogás devem ser avaliados individualmente e estão associados com o potencial de geração de energia, **demanda de higienização/secagem de lodo, demanda energética da ETE, vocação regional, tarifa de energia elétrica**, entre outros



Considerações finais

Principais aprimoramentos:

- **Vedação e a estanqueidade** da câmara de gás e das tubulações de biogás dos reatores UASB
- Construção de **STFs** apropriados
- Controle e a redução do aporte de **água pluvial** na rede coletora de esgoto
- Remoção controlada da **escuma**
- Recuperação de **CH₄ dissolvido** no meio líquido
- Instalação de **queimadores** de biogás eficientes
- **Medição e o monitoramento** da produção de biogás
- Classificação de **atmosferas explosivas**



Obrigado pela participação!



inct
ETEs Sustentáveis

