



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).

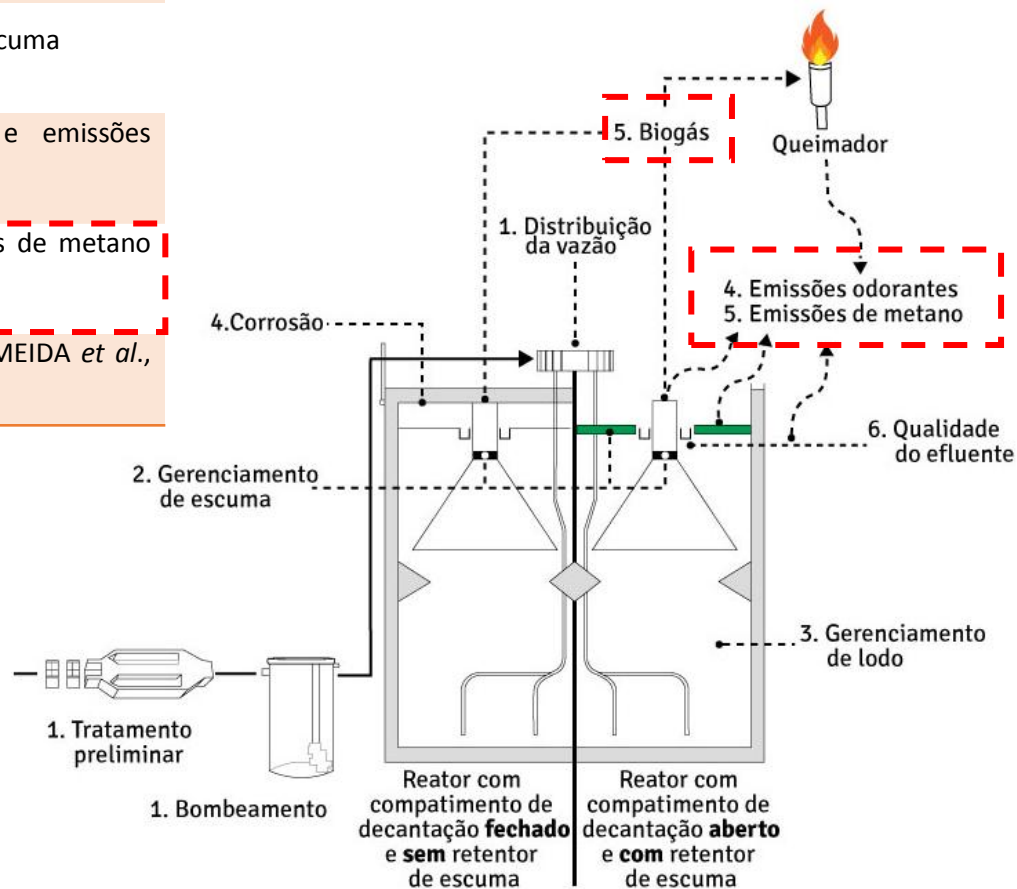
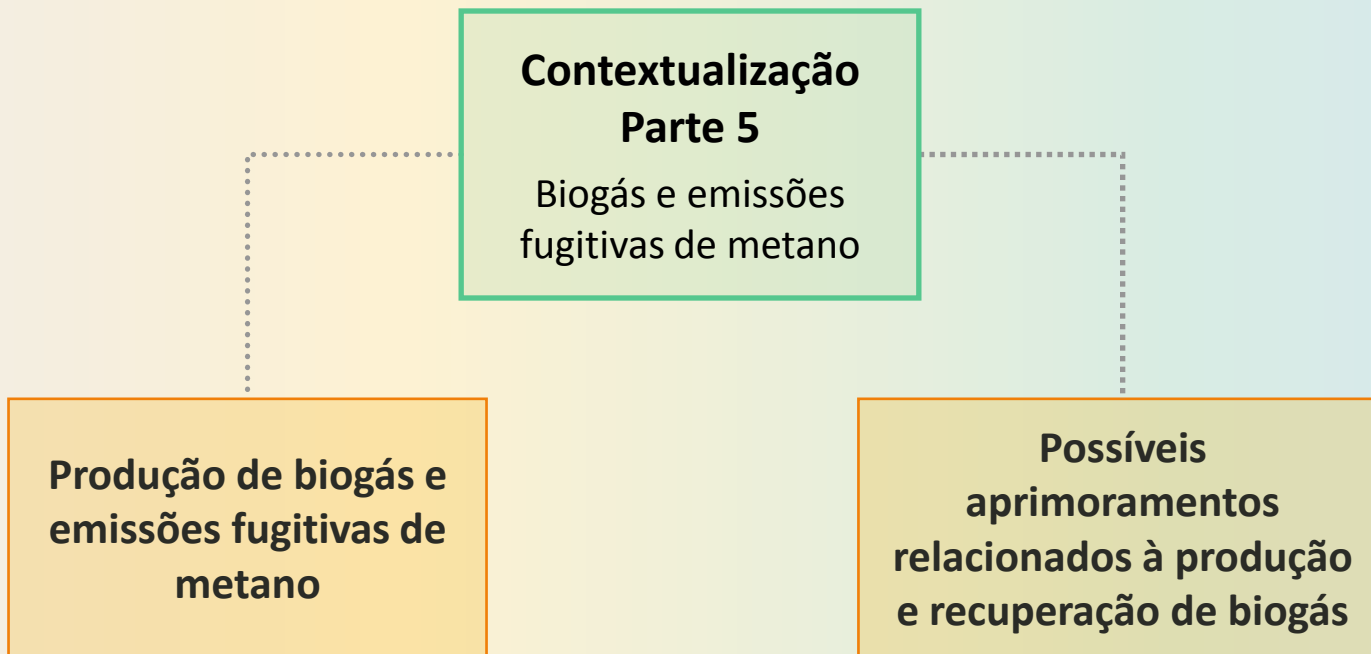


Figura 1 - Tópicos de interesse para o aprimoramento de reatores UASB





Introdução

Processos anaeróbios

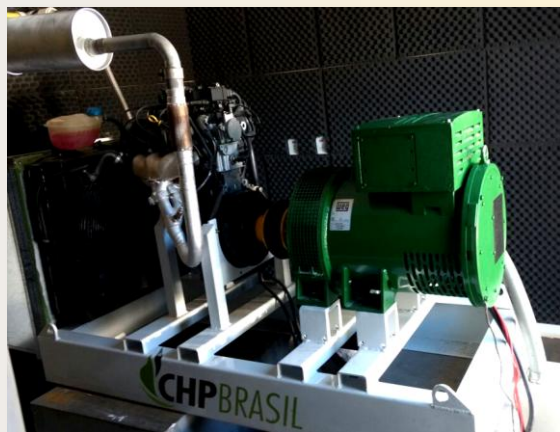
- Produção de **biogás**

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

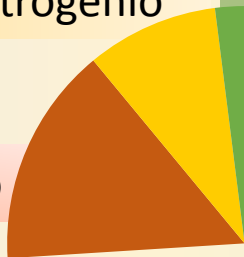
Biogás

Composição:

10 a 25% de nitrogênio

0 a 3% de hidrogênio

6 a 14% de gás carbônico



- Elevado poder calorífico
- GEE

70 a 81% de metano

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

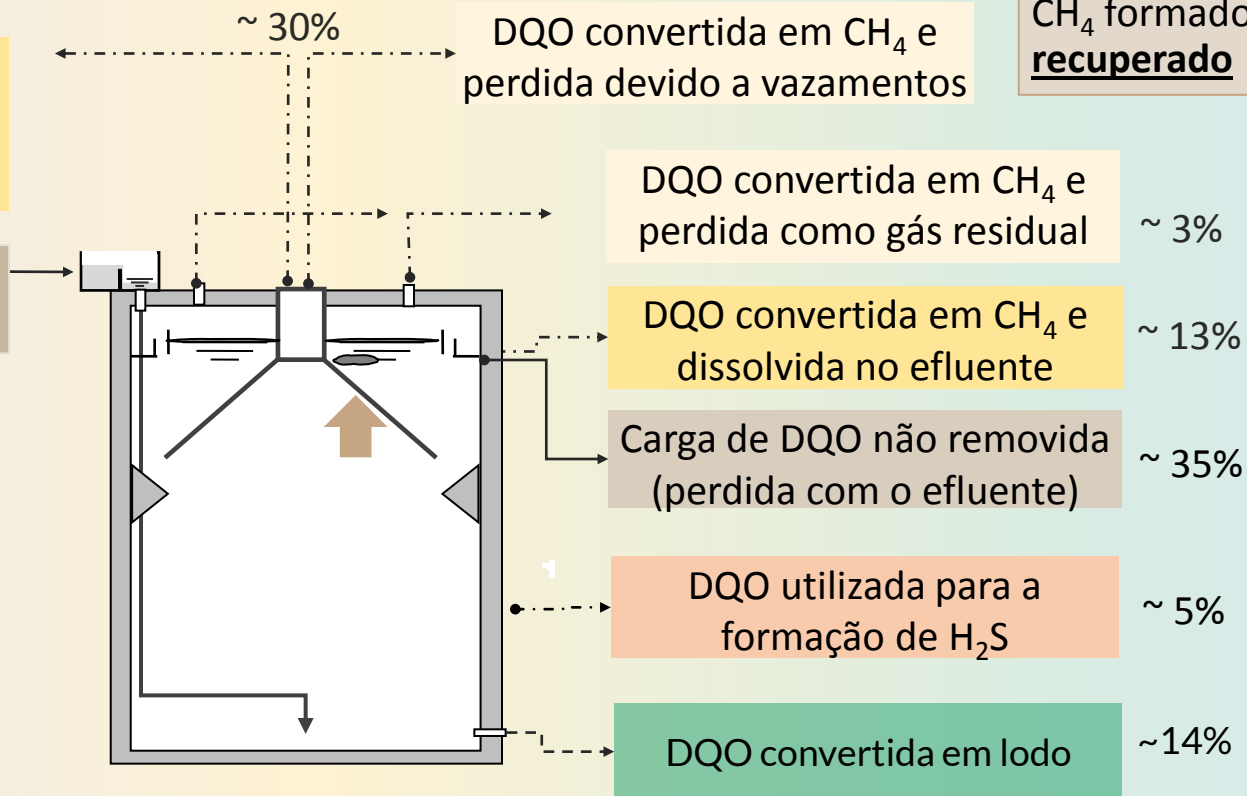
Principais problemas:

- 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

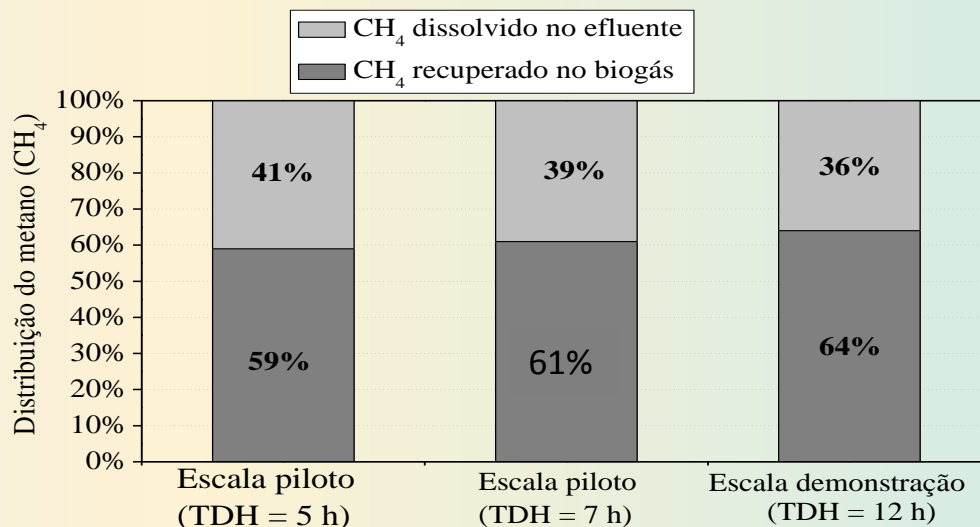


Figura 1 – Perdas de CH_4 dissolvido em efluente de reatores UASB e recuperado no biogás

Fonte: SOUZA *et al.* (2011)



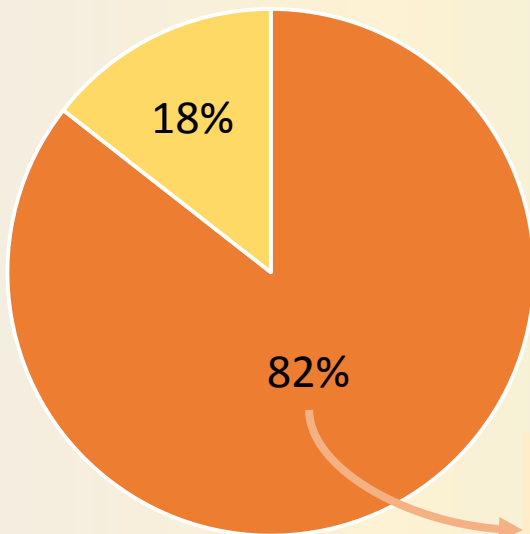
Aspectos de segurança: espaços confinados e atmosferas explosivas

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

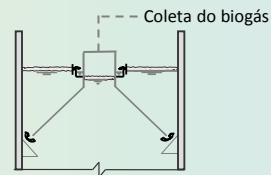




Possíveis aprimoramentos: produção e recuperação de biogás

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

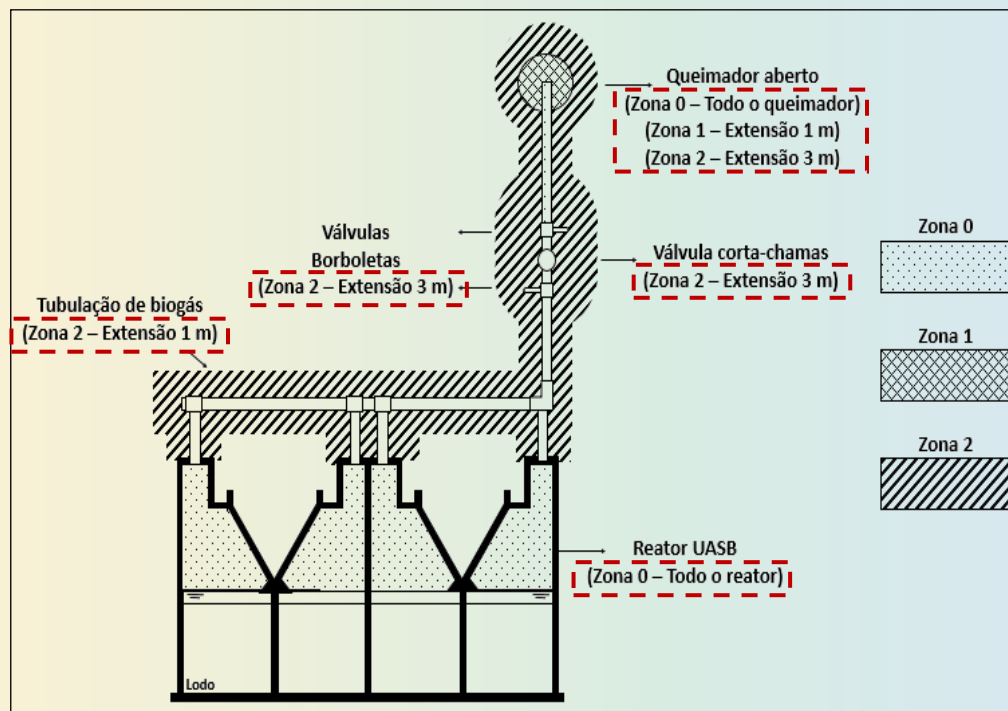


Figura 1 – Mapa esquemático das zonas de riscos de explosão em uma ETE com reator anaeróbio

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



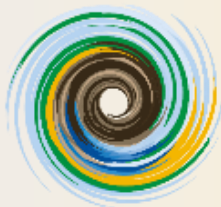
Considerações finais

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

