

BIOGAS

Safety first!

Diretrizes para o uso seguro
da tecnologia de biogás



Português

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Fachverband
BIOGAS

German Biogas Association
www.biogas.org

Sumário

Citações.....	4
Prefácio.....	5
Requisitos Gerais.....	6
1. Introdução.....	6
2. Termos e definições.....	7
3. Propriedades do biogás.....	9
4. Riscos.....	10
4.1. Riscos ambientais.....	12
4.2. Riscos para a saúde.....	13
4.3. Substâncias perigosas.....	13
4.4. Agentes biológicos.....	13
4.5. Riscos em equipamento elétrico.....	14
4.6. Riscos mecânicos.....	14
4.7. Riscos de gás.....	14
4.8. Riscos de explosão e incêndio.....	15
4.9. Fontes de perigo no ambiente próximo.....	16
4.10. Riscos decorrentes de comportamento inadequado.....	16
5. Análise de risco.....	17
5.1 Análise de risco para estados operacionais específicos.....	19
5.2 Início/comissionamento.....	19
5.3 Serviços de manutenção e reparos.....	19
5.4. Desligamento/descomissionamento.....	21
5.5. Documento de proteção contra explosões.....	21
5.6. Exigências para equipamento de trabalho em áreas de risco.....	23
6. Conceito de proteção contra incêndio.....	24
6.1. Proteção estrutural contra incêndio.....	24
6.2. Proteção organizacional contra incêndio.....	25
7. Medidas de proteção.....	26
7.1. Medidas de proteção organizacionais.....	26
7.2. Medidas de proteção individuais.....	28
8. Documentação.....	30
Requisitos específicos.....	31
1. Requisitos para sistemas de alimentação.....	31
2. Requisitos para sistemas de tratamento de substrato.....	33
3. Requisitos para tanques de retenção/câmaras preliminares.....	34

4. Requisitos para o digestor	35
5. Requisitos para o gasômetro	37
6. Requisitos para estruturas de madeira em sistemas de armazenamento de gás	39
7. Requisitos para salas de instalação de gasômetros	40
8. Requisitos para o sistema de transporte de substrato da usina de biogás	41
9. Requisitos para o sistema de transporte de biogás da usina	42
10. Requisitos para purgadores de condensado	43
11. Requisitos para dispositivos de proteção contra sobrepressão/subpressão	44
12. Requisitos para purificação do gás	45
12.1. Dessulfurização interna por meio da injeção de ar no digestor	45
12.2. Dessulfurização interna por dosagem de compostos de ferros	45
12.3. Dessulfurização externa com materiais ferrosos ou carvão ativado	45
13. Requisitos para análise de gás	46
14. Requisitos para conexões e dispositivos de segurança expostos a gás	47
15. Requisitos para flares de gás	47
16. Requisitos para sistemas de controle de processos e sistemas de instrumentação e controle (I&C)	48
17. Requisitos para engenharia elétrica	49
17.1. Ligação equipotencial	49
17.2. Medidas de proteção em caso de falta de energia	50
18. Requisitos para proteção contra raios	52
19. Requisitos para salas com componentes de transporte de substrato ou de gás	52
Inspeções e testes	54
Beneficiamento do biogás	55
Recomendações para operação segura da usina	58
1. Recomendações para o quadro jurídico	59
2. Capacitação na indústria	59
Anexos	60
Anexo 1: Análise de risco	60
Anexo 2: Registro de instruções para trabalhos de manutenção, instalação e reparos por subcontratados e empregados	61
Organizações	64
Referências	66
Impressão	67

Citações



“O biogás é uma peça-chave do fornecimento de energia renovável descentralizado, mas só terá aceitação a longo prazo se as usinas de biogás forem operadas de forma profissional. Observar o estado da arte neste setor é tão importante quanto em outras formas de geração de energia. Isto significa que todos os envolvidos, fabricantes, distribuidores e operadores devem seguir as normas e requisitos aplicáveis (em particular as diretivas europeias como a Diretriz de Máquinas 2006/42/EC e a Diretriz ATEX 2014/34/EU). Devem avaliar corretamente quaisquer riscos que possam existir em matéria de saúde e segurança no trabalho e na proteção do meio ambiente, para então elaborar e implementar as medidas de proteção necessárias. Isto implica um certo desafio técnico a fim de compreender o processo de engenharia estrutural da usina adquirida do fabricante, mas também um desafio organizacional pela necessidade de preparar os documentos de apoio.

Na Alemanha, por exemplo, a Associação Alemã de Biogás (Fachverband Biogas e.V.) colabora constantemente com autoridades e órgãos especializados para lidar com assuntos complexos e encontrar soluções práticas. Uma vasta gama de ferramentas de trabalho, informes, etc. foram produzidos, cujo conteúdo principal temos o prazer de apresentar nesta publicação.

Afinal, como eu disse: somente usinas seguras poderão assegurar a aceitação do biogás a longo prazo.”

– Josef Ziegler,
Porta-voz do Grupo de Trabalho em Segurança
da Associação Alemã de Biogás



“No ramo da energia renovável e eficiência energética, a GIZ está realizando atualmente mais de 170 projetos em mais de 50 países, dos quais mais de 20 têm foco no biogás ou têm um componente de biogás. Desta forma, da perspectiva da política de desenvolvimento é sabido que o biogás tem muitas vantagens, como a redução da emissão de gases de efeito estufa, o fornecimento de energia verde confiável e a criação de empregos.

Em comparação à Alemanha, a maior parte dos países parceiros não tem requisitos específicos relativos à segurança em usinas de biogás. Além disso, é obvio que eventuais acidentes em usinas de biogás são muito prejudiciais para o desenvolvimento sustentável do mercado de biogás. A questão da segurança é, portanto, uma parte importante do nosso trabalho e essencial para nossos parceiros a fim de garantir que projetos de biogás se tornem sustentáveis, eficientes e seguros.”

– Bernhard Zymka
Diretor de Energia e Transportes
Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ)

Prefácio

Para a operação sustentável, eficiente e confiável de usinas de biogás, a segurança é de crucial importância.

O biogás é classificado como uma mistura de gases altamente inflamável que pode ser prejudicial à saúde, quando inalado, devido à toxicidade de seus componentes. Os sistemas de engenharia de processos utilizados em usinas de biogás podem ser muito complexos. Dada a quantidade e variedade de riscos, é extremamente importante estabelecer medidas de proteção fundamentais, a fim de reduzir os riscos para as pessoas e para o meio ambiente a um mínimo absoluto nas usinas de biogás.

Estas Diretrizes de Segurança para usinas de biogás oferecem uma descrição detalhada da questão da segurança em usinas de biogás e indicam várias formas de assistência prática, baseadas, em grande parte, nas recomendações do Informativo Técnico 4 da Seguridade Social para Agricultura, Florestas e Horticultura (SVLFG). Portanto, as Diretrizes de Segurança são uma fonte essencial de informações para todos os envolvidos no planejamento, construção, operação, manutenção e testes de usinas de biogás. Além disso, esta publicação – criada em parceria com a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ) – destina-se a servir de base para que os legisladores possam desenvolver uma estrutura nacional de políticas e padrões de segurança.

As Diretrizes focam em usinas de biogás de médio e grande porte, por isso usinas pequenas ou domésticas não são discutidas detalhadamente nesta publicação. Além de chamar a atenção para a questão da segurança, o objetivo desta publicação é apresentar propostas de requisitos de segurança aplicáveis internacionalmente em usinas de biogás. O foco é principalmente dirigido à segurança e à saúde no trabalho, ou seja, à proteção de operadores, empregados e outros indivíduos (terceiros).

As diretrizes dividem-se basicamente em duas partes principais: requisitos gerais, abrangendo pontos importantes como os diversos perigos e riscos apresentados em uma usina de biogás; e requisitos específicos, como aqueles relativos a elementos e componentes de uma usina de biogás. Além disso, os requisitos para produção de biometano são apresentados. Em uma parte final, a Associação Alemã de Biogás oferece uma série de recomendações para o desenvolvimento de padrões de segurança para biogás. O biogás tem muitas vantagens – é descentralizado, confiável e respeita o clima – e é uma forma de energia segura, desde que certas regras sejam observadas. Por meio desta publicação, a Associação Alemã de Biogás e a GIZ esperam contribuir para que a vasta experiência obtida neste tema, na Alemanha, seja utilizada para promover a questão da segurança em usinas de biogás em mercados internacionais.



Requisitos Gerais

1. Introdução

É extremamente importante que as usinas de biogás sejam operadas com segurança, dada a engenharia de processos altamente complexa e o fato de que gases altamente inflamáveis são produzidos e armazenados. Entretanto, se forem tomadas as medidas de proteção adequadas, os riscos dentro e em torno de usinas de biogás podem ser limitados e reduzidos, de forma que ameaças potenciais sejam gerenciáveis e a usina operada conforme planejado. Para assegurar a operação segura da usina, deve-se ter em mente que a segurança do biogás começa na fase de planejamento e segue através de toda a operação da usina, exigindo uma colaboração próxima entre fabricantes, consultores de planejamento e operadores.

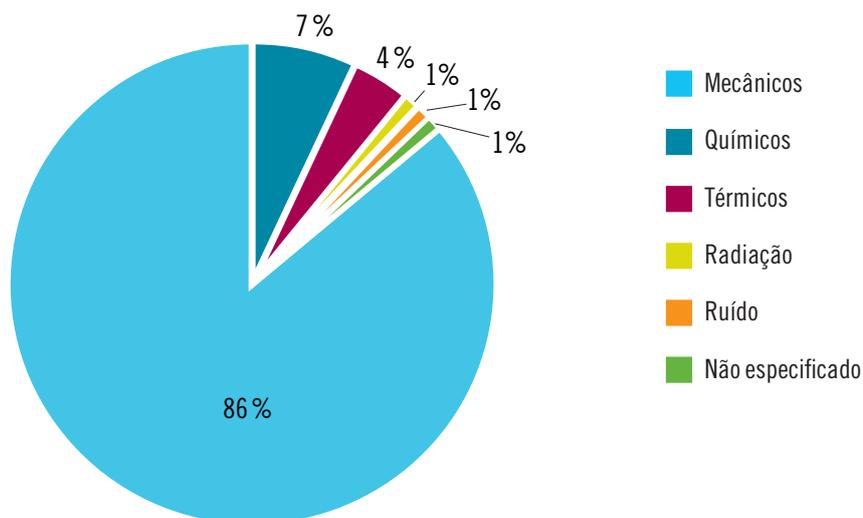
Mesmo com a adoção de medidas de proteção técnicas, organizacionais e pessoais, ameaças a pessoas e a natureza podem eventualmente surgir em usinas de biogás. A Seguridade Social para Agricultura, Florestas e Horticultura (SVLFG) é a organização responsável pela segurança de agricultores na Alemanha, entre outros serviços. Em 2012, começou-se a analisar os danos pessoais sofridos por trabalhadores em usinas

de biogás entre 2009 e 2012. Conforme mostrado na Figura 1, os acidentes mais comuns em usinas de biogás, durante este período, foram de natureza mecânica (ser atingido, quedas, cortes, esmagamentos, etc.). De todos os acidentes analisados, quase 50% ocorreram durante atividades de manutenção e menos de 1% resultaram em ferimentos fatais.

O uso de produtos químicos tóxicos, nocivos e/ou sensibilizantes no processo (os auxiliares de processo, agentes ou compostos biológicos usados para dessulfurizar o biogás) também foi causa de diversos acidentes em usinas de biogás na Alemanha.

Esta ilustração apresenta a situação na Alemanha à época da realização do estudo. Graças aos altos padrões de segurança, os acidentes com danos corporais, por exemplo, aqueles causados por explosões ou fogo, são relativamente raros. Em outros países, estes dados podem ser completamente diferentes. Está claro, portanto, que a conformidade com disposições específicas (legislação, conjuntos de regulamentos, normas) pode influenciar substancialmente a segurança em usinas de biogás e aumentá-la significativamente.

Figura 1: Tipos de risco relacionados a acidentes com danos corporais (SVLFG, 2012)



2. Termos e definições

Amônia (NH₃)	Gás nitrogenado resultante da degradação de compostos contendo nitrogênio, tais como proteínas, ureia e ácido úrico.
Área perigosa/Zona Ex	Área na qual pode ocorrer uma atmosfera explosiva perigosa devido a condições locais e operacionais.
Biodigestor	Tanque onde ocorre a digestão anaeróbia do substrato, gerando o biogás.
Biogás	Produto gasoso da digestão anaeróbia composto principalmente de metano e dióxido de carbono, mas que, dependendo do substrato, pode conter amônia, gás sulfídrico, vapor de água e outros componentes gasosos ou vaporizáveis.
Biometano	O biometano é um combustível gasoso, obtido biologicamente, constituído principalmente por metano e que atende às especificações nacionais para gás natural.
Condensado	Corresponde à fração líquida retirada do biogás produzido no biodigestor que está saturada de vapor de água. A remoção de água do biogás deve ser realizada antes deste ser utilizado na unidade CHP. A condensação ocorre através de um cano subterrâneo em um separador de condensado ou ainda pela secagem do biogás.
Dessulfurização	Método físico-químico, biológico ou combinado, que visa reduzir a quantidade de gás sulfídrico no biogás.
Dióxido de carbono (CO₂)	Gás incolor, não combustível, com odor ligeiramente azedo, atóxico. Sua formação ocorre com a água, em todos os processos de combustão. Concentrações de 4 a 5% no ar têm um efeito entorpecente, enquanto concentrações acima de 8% podem causar morte por asfixia.
Dióxido de enxofre (SO₂)	Gás incolor, tóxico, de odor forte que irrita as mucosas. Na atmosfera, o dióxido de enxofre está sujeito a vários processos de conversão que resultam na formação de várias substâncias, incluindo ácido sulfuroso, gás sulfúrico, sulfitos e sulfatos.
Distância de segurança	Área ao redor de tanques de armazenamento para a proteção do tanque e seu equipamento.
Faixa explosiva	Concentração na qual gás, névoa ou vapor combustíveis, numa mistura com o ar, podem ser inflamados.
Gás sulfídrico (H₂S)	Gás altamente tóxico, incolor, com odor de ovos podres; pode ser letal mesmo em baixas concentrações.
Limites explosivos	Se a concentração de biogás no ar exceder um valor mínimo (limite inferior de explosividade, LIE), pode ocorrer uma explosão. Uma explosão deixará de ser possível se a concentração exceder um valor máximo (limite Superior de Explosividade, LSE).

Requisitos Gerais

Local de instalação	Local onde estão instalados os equipamentos de purificação, bombeamento, análise e utilização de gás, com o respectivo equipamento de instrumentação e controle.
Material digerido	Material líquido ou sólido resíduo da digestão anaeróbia, contendo matéria orgânica e inorgânica.
Metano (CH₄)	Gás incolor, inodoro e atóxico. Os produtos de sua combustão são dióxido de carbono e água. O metano é um dos gases de efeito estufa mais significativos e é o componente principal do biogás, do gás de esgoto, do gás de aterro e do gás natural.
Metro cúbico normal Nm³ ou m_N³	Um metro cúbico normal é a quantidade equivalente a um metro cúbico de gás a uma pressão de 1.01325 bar (1 atm), com umidade de 0% (gás seco) e temperatura de 0° C.
Óxido de nitrogênio	Os gases monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO ₂) são chamados coletivamente de NO _x (óxidos de nitrogênio). O monóxido de nitrogênio é um gás tóxico, mas incolor e inodoro. O dióxido de nitrogênio é um gás de cor castanho-avermelhada, tóxico, com cheiro forte, similar ao cloro. São formados nos processos de combustão como um composto de nitrogênio e oxigênio, mas também como resultado da oxidação de compostos nitrogenados contidos no combustível.
Beneficiamento do biogás para obter biometano	Processo utilizado para separar metano e dióxido de carbono e para retirar outros componentes gasosos indesejados (H ₂ S, NH ₃ e vestígios de outros gases). O produto é um gás com alto teor de metano (similar ao gás natural) e é denominado biometano.
Purificação do gás	Equipamentos para purificar o biogás (p. ex., dessulfurização).
Reservatório de matéria digerida	Reservatório ou tanque onde o esterco líquido, lodo ou substrato digerido é armazenado para uso posterior.
Sistema de alimentação de sólidos	Componente de uma usina de biogás para o carregamento de substratos não-bombeáveis ou compostos de substrato diretamente para o digestor.
Substrato	Matéria-prima para a digestão anaeróbia ou fermentação.
Tanque de armazenamento de gás	Reservatório estanque ou gasômetro onde o biogás é estocado temporariamente.
Tratamento anaeróbio	Processo biotecnológico ocorrido na ausência de ar (oxigênio atmosférico) com o objetivo de decompor matéria orgânica para obter biogás.
Unidade de cogeração de energia e calor (CHP)	Unidade para converter energia química em energia elétrica e térmica com base em um motor ligado a um gerador. Conversão simultânea da energia liberada em energia elétrica (ou mecânica) e calor destinado ao uso (calor útil).
Usina de biogás	Usina projetada para a produção, o armazenamento e o uso de biogás, incluindo todo equipamento e estruturas para operação da usina; o gás é produzido a partir da digestão anaeróbia de matéria orgânica.

3. Propriedades do biogás

O biogás é composto essencialmente de metano (50 a 70% por volume), dióxido de carbono (20 a 50% v/v), gás sulfídrico (0,01 a 0,4% v/v) e traços de amônia, hidrogênio, nitrogênio e monóxido de carbono. Pode, ainda, conter traços de substâncias voláteis. Um exemplo da composição do biogás produzido em uma usina comum a partir do esterco: metano 60% v/v, dióxido de carbono 38% v/v, gases residuais 2% v/v (vide Tabela 1).

De acordo com o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) (United Nations, 2015), o biogás é descrito como um gás extremamente inflamável (H220) e deve ser mantido afastado do calor, de superfícies quentes, faíscas, chamas abertas e outras fontes de ignição, como um cigarro aceso, por exemplo (P210). Deve ser mantido em um recipiente bem fechado (P233), em local bem ventilado (P403 + P235). As frases de perigo e precaução (frases H e P) são breves instruções de segurança relativa ao manuseio de produtos quí-

micos. As frases perigo estabelecem as advertências de segurança, de saúde e ambientais. As frases precaução descrevem as medidas de precaução gerais, medidas preventivas e primeiros socorros (medidas a serem adotadas após um acidente), instruções de armazenamento e de descarte.

Mais informações podem ser obtidas do site do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). (SGH).



Massa Específica

A massa específica do biogás pode variar conforme sua composição, seu teor de umidade e sua temperatura. O biogás pode ser mais pesado ou mais leve que o ar, e não se separa sob a influência da gravidade. Esta propriedade deverá ser considerada ao determinar medidas de proteção (p. ex., posicionamento de sistemas de alerta de gás fixos).

Tabela 1: Propriedades de vários gases (SVLFG, 2016)

	Biogás (60 % CH ₄)	Gás natural	Propano	Metano	Hidrogênio
Poder calorífico (kWh/m ³)	6	10	26	10	3
Massa específica (kg/m ³)	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Densidade relativa ao ar	0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Temperatura de ignição (°C)	700	650	470	595	585
Vel. máx. de propagação de chama no ar (m/s)	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
Faixa explosiva (% v/v)	6–22	4,4–15	1,7–10,9	4,4–16,5	4–77
Requisito teórico de ar (m ³ /m ³)	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

Requisitos Gerais

4. Riscos

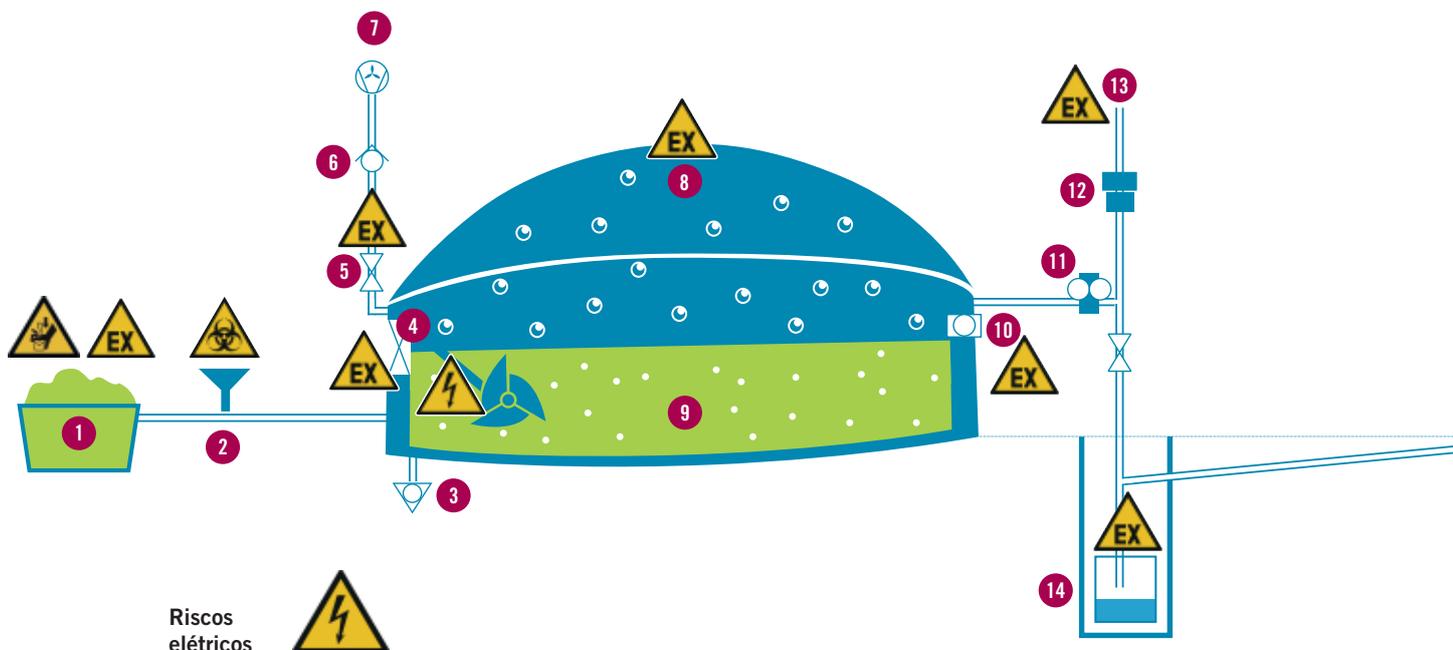
Usinas de biogás são sistemas complexos de engenharia de processos nos quais pode ocorrer uma série de riscos. Essencialmente, os riscos podem ser divididos entre riscos ambientais e à saúde.

Os possíveis riscos em usinas de biogás incluem, por exemplo, a ocorrência de incêndios e explosões, mas também a presença de substâncias perigosas (p. ex., auxiliares de processamento), corrente elétrica e

do próprio biogás da usina. É preciso também estar atento a riscos mecânicos em determinadas áreas das usinas.

A figura 2 apresenta os principais riscos em relação às respectivas áreas e aos componentes de uma usina de biogás. Neste diagrama, o foco encontra-se nos riscos à saúde.

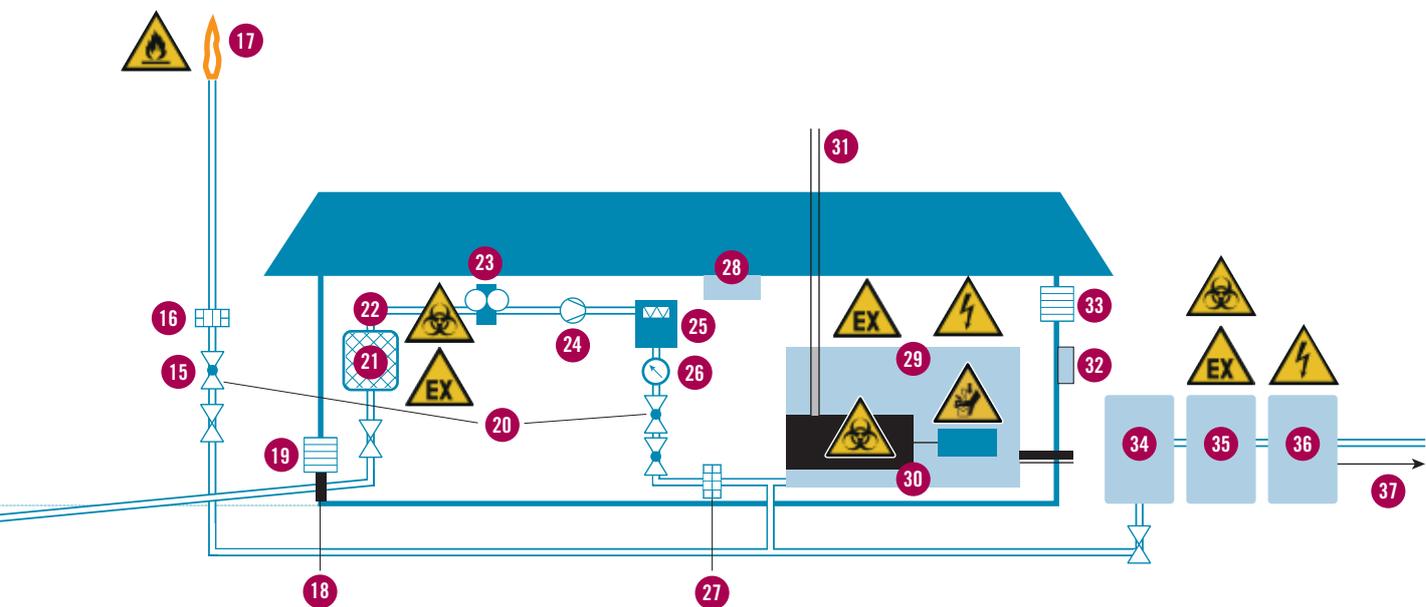
Figura 2: Visão geral dos riscos em usinas de biogás



- Riscos elétricos
- Substâncias perigosas
- Risco de explosão
- Risco de incêndio
- Risco mecânico

- 1 Alimentador
- 2 Estação de dosagem de auxiliares de processamento
- 3 Ligação equipotencial
- 4 Abertura de acesso
- 5 Válvula de corte
- 6 Válvula de retorno
- 7 Injeção de ar para dessulfurização biológica
- 8 Armazenamento de gás
- 9 Digestor
- 10 Janela de inspeção
- 11 Monitor de baixa pressão
- 12 Proteção contra sub- e sobrepressão
- 13 Válvula de alívio
- 14 Purgador de condensado

Requisitos Gerais



15 Válvula de corte

16 Protetor contra chamas

17 Flare

18 Proteção contra incêndio para entrada da tubulação de gás

19 Entrada de ar puro

20 Equipamento de fechamento automático

21/22 Filtro fino de gás/filtro de carvão ativado

23 Monitor de baixa pressão

24 Compressor

25 Medidor de gás

26 Manômetro

27 Protetor contra chamas

28 Dispositivo de aviso de gás

29 CHP (Unidade de cogeração de energia e calor)

30 Bandeja de óleo

31 Escape CHP

32 Botão de emergência

33 Saída de ar

34 Unidade de purificação

35 Unidade de tratamento

36 Unidade de injeção

37 Utilização do biometano

Requisitos Gerais

4.1. Riscos ambientais



Essencialmente, o meio ambiente só será exposto a perigo no caso de fuga de biogás para a atmosfera ou se materiais de trabalho (p. ex., substrato, efluente de silagem, óleos ou combustíveis) alcançarem um corpo de água próximo. Um acidente deste tipo pode ser causado por falhas estruturais ou erros operacionais.

Riscos ambientais em usinas de biogás podem ser divididos em emissões gasosas para o ar e emissões para o solo e para a água.

Efeitos de um acidente em usina de biogás



FONTE: JOSEF BARTH

Num acidente em uma usina de biogás, na Alemanha, em junho de 2015, aproximadamente 350.000 litros de lodo atingiram águas próximas. Seis toneladas de peixes mortos foram retiradas das águas.

Emissões gasosas

Uma das maiores vantagens ambientais da tecnologia do biogás é a prevenção da emissão descontrolada de gases de efeito estufa a partir do armazenamento de matéria orgânica. Além disso, o biogás substitui combustíveis fósseis e fertilizantes minerais sintéticos, reduzindo as emissões de dióxido de carbono e metano. Entretanto, o metano – um GEE particularmente potente – também é produzido por meio do processo de digestão anaeróbia em usinas de biogás. Para assegurar os benefícios ambientais do biogás, as emissões desse gás deverão ser minimizadas.

Análises de usinas de biogás demonstram que o tanque de armazenamento de material digerido é uma das principais fontes de emissão de metano, especialmente se não tiver um fechamento estanque. A unidade CHP também apresenta algum risco, mas em menor grau. Outros componentes da usina costumam ser relativamente estanques, mas vazamentos nas conexões entre o reservatório de gás ou gasômetro e o digestor e o pré-digestor podem acontecer.

Recomendações para minimizar a emissão de metano incluem:

- ▶ Todo trabalho de construção deverá ser o mais estanque possível.
- ▶ Um sistema automático de flares deverá ser instalado. Isto é particularmente relevante em unidades CHP, visto que costumam ser desligadas por 5 a 10% do tempo para serviços essenciais de manutenção e reparos; nestes períodos o biogás produzido continuamente não deverá escapar sem ser queimado.
- ▶ Deve-se garantir que o sistema de proteção contra sobrepressão não seja acionado com frequência; o sistema de flares deverá ser acionado antes que a proteção contra sobrepressão seja acionada.
- ▶ Tanques de armazenamento de material digerido devem ter cobertura estanque.
- ▶ Emissões de metano devem ser verificadas com a instrumentação apropriada (p. ex., câmara de gás ou agentes espumantes).
- ▶ A unidade CHP deverá ser otimizada para a combustão de biogás. As emissões de metano de unidades CHP podem variar de menos de 1 a 2% da produção de metano.

A emissão de amônia nas usinas de biogás também deve ser minimizada. Amônia causa acidificação do solo, provoca a eutrofização, pode causar danos à vegetação e pode ter um impacto prejudicial à saúde (em concentrações mais altas é tóxica; em águas subterrâneas, convertida em nitrito, afeta negativamente o metabolismo). As medidas para reduzir a amônia são similares às do metano. Isto significa que a emissão para a atmosfera deverá ser evitada (especialmente a partir do tanque de armazenamento de material digerido). As técnicas utilizadas na adubagem têm uma influência crucial na emissão de amônia e, sempre que possível, fertilizantes de material digerido devem ser aplicados ao solo rapidamente, evitando a aplicação quando a temperatura ambiente estiver alta (preferencialmente aplicar em dias frescos ou evitando o meio do dia).

Diversos produtos da combustão, como óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e particulados, entre outros, são produzidos durante a combustão do biogás. A emissão destes produtos deve ser regulada a partir das respectivas normas nacionais.

Contaminação do solo e da água

As quantidades de líquidos processados e armazenados em usinas de biogás variam de centenas a vários milhares de metros cúbicos, sendo que tanques

individuais armazenam frequentemente milhares de metros cúbicos de biogás. O conteúdo destes tanques não deve vaziar para o meio ambiente, seja em condições normais de operação, seja em caso de acidente, uma vez que os impactos ambientais mais frequentes são provenientes da carga orgânica e dos nutrientes. Em caso de vazamento, grandes quantidades de poluentes orgânicos atingem o meio ambiente e a alta carga orgânica (carga de oxigênio química elevada) é convertida por microrganismos, consumindo oxigênio. Os níveis reduzidos de oxigênio podem acarretar a morte de peixes e, se uma grande quantidade de substrato atingir o meio ambiente, tem-se um risco considerável de eutrofização dos corpos d'água.

O uso de auxiliares de processo (vide seção sobre substâncias perigosas) também traz riscos ambientais. Algumas misturas de elementos residuais, por exemplo, se derramadas em corpos de água, podem ser altamente tóxicas para organismos aquáticos e ter impacto de longo prazo.

4.2. Riscos para a saúde

Face às fontes de perigo descritas anteriormente, é impossível descartar completamente riscos para a saúde de operadores, empregados ou terceiros. Estes riscos de saúde podem ser divididos em quatro categorias: substâncias perigosas, riscos elétricos, riscos mecânicos e riscos de explosão e incêndio.

4.3. Substâncias perigosas



Substâncias perigosas são substâncias, materiais ou compostos que exibem propriedades perigosas. Essas propriedades perigosas incluem 'prejudicial à saúde', 'tóxico', 'muito tóxico', 'corrosivo', 'entorpecente' e 'cancerígeno'. Substâncias perigosas podem ser sólidas, líquidas, aerossóis ou gases.

As substâncias perigosas mais prováveis de serem encontradas em usinas de biogás são biogás, auxiliares de processo, óleos, efluentes de silagem, lodos e agentes biológicos. Riscos típicos incluem:

- ▶ Risco de asfixia e/ou envenenamento pelos gases/biogás gerados a partir da fermentação dos substratos em áreas de recebimento dos mesmos. A liberação de gases da fermentação altamente tóxicos, como o gás sulfídrico nas áreas de recebimento substratos, especialmente durante a mistura, resultado de reações químicas entre os substratos.
- ▶ Riscos associados ao uso de aditivos e materiais auxiliares com propriedades perigosas

(p. ex., compostos cancerígenos e reprotóxicos de elementos residuais).

- ▶ Riscos decorrentes da reposição de filtros de carvão ativado.

4.4. Agentes biológicos



De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (Hurst & Kirby, 2004), agente biológico é qualquer microrganismo, cultura celular ou endoparasita humano que possa causar infecção, alergia, toxicidade ou criar risco à saúde humana. Em usinas de biogás, estes agentes biológicos estão presentes na matéria-prima, no material digerido e no condensado.

A ingestão de agentes biológicos pelo trato respiratório, contato manual, contato pele/mucosa, cortes ou ferimentos é relevante para a avaliação de potenciais riscos.



FONTE: MARTINA BRÄSEL

Seguem alguns exemplos de riscos biológicos que podem ocorrer durante a produção de biogás:

- ▶ Inalação de poeiras ou aerossóis contendo fungos, bactérias ou endotoxinas, como na silagem ou no excremento seco de aves que tenha ficado úmido (SVLFG, 2016).
- ▶ Se atividades são realizadas com dejetos visivelmente bolorentos, é impossível descartar os efeitos tóxicos agudos da inalação de micotoxinas ou outros produtos metabólicos microbiológicos (TRBA 214, 2013).

Riscos adicionais que poderão surgir em usinas onde outros substratos são utilizados além de culturas energéticas, esterco líquido e sólido: agentes biológicos

Requisitos Gerais

em co-substratos (p. ex., patógenos); contato manual durante a triagem.

Diversos agentes e materiais perigosos são susceptíveis de surgir durante o tratamento de resíduos. Estes podem incluir impurezas (substâncias interferentes), carcaças de animais, ou ainda resíduos de serviços de saúde ou de domicílios de pessoas enfermas ou sob cuidados (p. ex., agulhas ou cânulas usadas).

Agentes biológicos podem, ainda, ser introduzidos por roedores, pássaros ou outros animais e seus excrementos.

4.5. Riscos em equipamento elétrico



Diversos equipamentos elétricos são usados em usinas de biogás (equipamento de controle, unidade CHP, bombas, agitadores, instrumentos de medição, etc.). Em determinadas circunstâncias, estes equipamentos podem ter efeitos nocivos à saúde como resultado de riscos elétricos da presença de energia elétrica.

- ▶ Perigo de choque elétrico ou arco causado por choque elétrico através do corpo de um indivíduo ou por um arco elétrico. *Exemplo:* cabos de energia danificados em agitadores.
- ▶ Perigo em campos eletromagnéticos com efeitos irritantes no corpo humano criados pela circulação de corrente de indução provocada por campo elétrico, corrente induzida ou campo magnético. Estes efeitos ocorrem numa faixa de frequência de até 30 kHz (faixa de baixa frequência). *Exemplo:* radiação eletromagnética, elétrica e magnética no gerador da unidade CHP (perigo para portadores de marca-passo).
- ▶ Perigo de eletricidade estática causado por choque elétrico da descarga de eletricidade estática.

4.6. Riscos mecânicos



Riscos mecânicos não costumam ser específicos à tecnologia de biogás. Entretanto, os tipos de acidentes mais comuns em usinas de biogás podem ser atribuídos a riscos mecânicos: quedas, impactos, esmagamentos ou cortes.

Pontos críticos de acidentes nesta relação incluem trabalho em silos ou outros locais de trabalho altos, trabalho próximo a peças giratórias (p. ex., sistemas de alimentação) ou trabalho próximo a veículos (risco de atropelamento). Acidentes são mais prováveis durante serviços de manutenção e reparos, quando não são tomadas medidas de proteção adequadas.

4.7. Riscos de gás

O biogás é uma mistura de diversos gases, cuja composição pode variar, dependendo da usina em questão. Os principais componentes do biogás estão descritos a seguir, com suas propriedades relativas a riscos à saúde (vide Tabela 2).

O limite de exposição no local de trabalho (TRGS 900, 2016) ou Limite de Exposição Ocupacional (LEO) é a concentração média de uma substância no ar do local de trabalho, ponderada com relação ao período de exposição, que não causará danos agudos ou crônicos à saúde do trabalhador. Como regra, o limite é definido tendo por base que a exposição se dá por oito horas diárias, cinco dias por semana, durante a vida profissional.

O limite de exposição no local de trabalho é indicado em unidades de mg/m³ e ml/m³ (ppm).

Tabela 2: Propriedades dos componentes gasosos do biogás. Fontes: (TRGS 900, 2016) e (SVLFG, 2016)

	Propriedades	Atmosfera perigosa	Limite de exposição
CO ₂	Gás incolor e inodoro. Mais pesado que o ar.	8% v/v, perigo de asfixia.	5500 ppm
NH ₃	Gás incolor de odor intenso (forte). Mais leve que o ar.	Acima de 30-40 ppm, mucosas, trato respiratório e olhos ficam irritados. Acima de 1000 ppm, dificuldade para respirar, com potencial perda de consciência.	20 ppm
CH ₄	Gás incolor, inodoro. Mais leve que o ar.	4,4 - 16,5%	-
H ₂ S	Gás altamente tóxico, incolor. Mais pesado que o ar. Odor de ovos podres.	Em concentrações acima de 200 ppm, o olfato fica diminuído e o gás deixa de ser percebido. Acima de 700 ppm, a inalação de gás sulfídrico pode causar parada respiratória.	5 ppm



4.8. Riscos de explosão e incêndio



Uma explosão é definida como uma reação química súbita de uma substância inflamável com oxigênio, liberando uma grande quantidade de energia. Há uma expansão súbita dos gases à medida que a energia é liberada. Isto pode ser ocasionado por uma atmosfera explosiva, por exemplo.

Substâncias inflamáveis podem estar presentes na forma de gases, vapor, névoas ou pós. Uma explosão só pode acontecer com a ocorrência de três condições simultâneas:

- ▶ substância inflamável (numa distribuição e concentração propícias à explosão);
- ▶ oxigênio (do ar); e
- ▶ fonte de ignição.

Dependendo das circunstâncias, dois tipos de explosão podem ocorrer numa usina de biogás: detonação e deflagração.

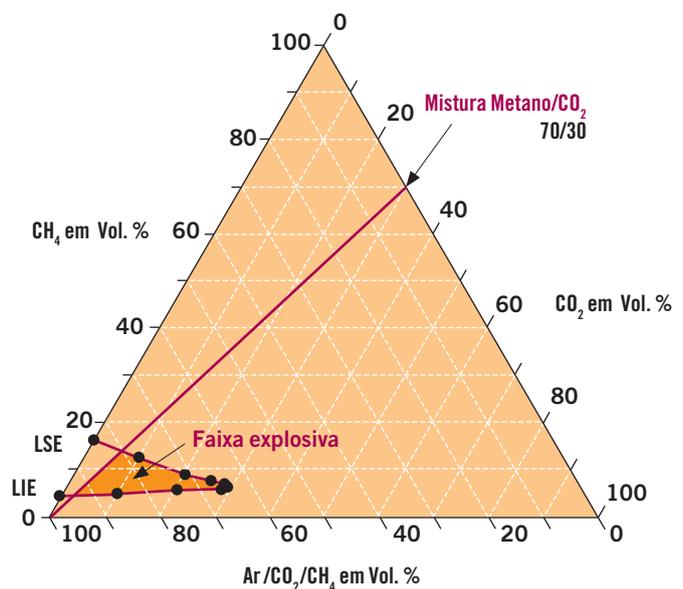
Uma detonação é uma combustão rápida que ocorre no limite explosivo. A pressão gerada é menor que no caso de uma deflagração, mas é suficiente para destruir janelas, por exemplo. Danos em pessoas normalmente limitam-se a hematomas, queimaduras e cortes.

Uma deflagração é uma forma de explosão na qual a velocidade de propagação da frente de reação é inferior à do som no mesmo ambiente, sendo que as plumas de gases de combustão seguem na direção oposta à da propagação. A pressão resultante é suficiente para danificar ou destruir completamente um edifício e as pessoas podem sofrer lesões graves, inclusive fatais.

Se a concentração de biogás na atmosfera estiver entre 2 e 22% v/v, há risco de explosão na presença de uma fonte de ignição (faixa explosiva, atmosfera explosiva). No caso de gás metano puro, a faixa explosiva é entre 4,4 e 16,5% v/v. A temperatura de ignição do biogás é de 700° C (metano 595° C), podendo a composição do biogás variar com relação à proporção de metano e dióxido de carbono variando, conseqüentemente, a faixa explosiva da mistura na presença de ar.

A figura 3 demonstra os limites explosivos de uma mistura metano/dióxido de carbono (70% CH₄ – 30% CO₂) e suas tendências (limites superior e inferior). Misturas gás-ar acima ou abaixo da faixa explosiva não são inflamáveis.

Figura 3: Triângulo de explosão para o biogás



Requisitos Gerais

Exemplo de um gasômetro rasgado



FONTE: YGH VERSICHERUNGEN

Há várias potenciais fontes de ignição em usinas de biogás, conforme listadas na Tabela 3.

Tabela 3: Potenciais fontes de ignição em usinas de biogás (TRBS 2153, 2009)

Fonte de ignição	Exemplos
Superfícies quentes	> 500° C (turbocompressores)
Chama aberta	Fogo, chamas, brasas
Faíscas geradas mecanicamente	Atrito, martelar, esmerilar
Faíscas geradas eletricamente	Comutação, conexões soltas, correntes de equalização
Reação exotérmica	Combustão espontânea de poeiras
Descarga de raio	Falta de proteção contra raios
Descarga eletrostática	Falta de aterramento adequado

4.9. Fontes de perigo no ambiente próximo

Além dos riscos específicos descritos anteriormente, fontes de perigo climáticas ou ambientais também podem ocorrer, por exemplo, por meio de enchentes, terremotos, tempestades, gelo e/ou neve, falta de energia, chuvas intensas ou geada. Fontes de perigo locais como a influência de empresas vizinhas ou a situação do trânsito também devem ser consideradas.

Fontes de perigo ambientais como estas podem ocasionar interações com outros riscos específicos.

4.10. Riscos decorrentes de comportamento inadequado

Riscos potenciais decorrentes de comportamento inadequado também devem ser levados em consideração na operação de uma usina de biogás.

Estes incluem, por exemplo:

- ▶ atos de pessoas não autorizadas; e
- ▶ riscos pessoais (erros operacionais, serviços permanentes inoperantes, descumprimento deliberado de medidas de correção de falhas, sabotagem, etc.).

5. Análise de risco

Para prevenir acidentes, os riscos em usinas de biogás devem ser sistematicamente identificados, avaliados e minimizados. Este é o objetivo da análise de risco.

Uma ferramenta para conduzir esta análise é a matriz de risco (vide Tabela 4), que demonstra a probabilidade de um evento indesejado ocorrer (o risco) em relação às consequências desse evento, em forma de tabela. As categorias para a probabilidade de um evento ocorrer ou fazer efeito são: raro, improvável, possível, provável e quase certo.

As categorias são estimadas razoavelmente ou verificadas estatisticamente durante a avaliação de risco. As categorias de severidade das consequências são:

- ▶ ferimentos ou doenças leves, p. ex., hematomas;
- ▶ ferimentos ou doenças moderadas, p. ex., fraturas ósseas simples;
- ▶ ferimentos ou doenças graves, p. ex., paraplegia; e
- ▶ possível morte, desastre, p. ex., ferimentos graves a muitas pessoas.

Medidas de proteção apropriadas devem ser definidas e implementadas com base nesta análise. Os resul-

tados obtidos devem ser levados em consideração no projeto e na seleção de equipamentos e materiais e na concepção dos locais de trabalho, processos de produção e trabalho e sequências operacionais, e na forma como estes interagem entre si.

Isto também pode ser estabelecido em normas nacionais. Como regra, o operador é responsável pela análise de risco, ou alguém indicado pelo operador para este fim. A análise de risco deve ser atualizada antes da entrada em funcionamento da usina, após a reativação da usina e quaisquer alterações relevantes à segurança.

Para auxiliar operadores a cumprir o seu dever neste sentido, foi comprovado na Alemanha que é vantajoso/útil um especialista qualificado verificar tanto a análise de risco quanto a eficácia das medidas de proteção (vide Figura 4). Uma análise de risco também deve ser efetuada antes da realização de serviços de manutenção e reparos e antes da correção de defeitos e falhas.

Os resultados da análise de risco e suas atualizações devem ser documentadas, juntamente com um registro da implementação das medidas de proteção.

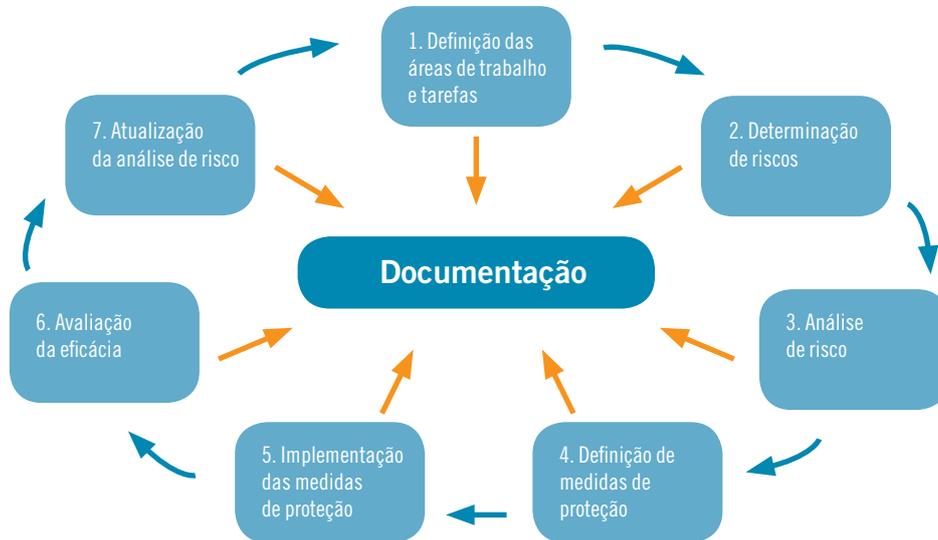


Tabela 4: Análise de risco

		Consequências potenciais					
		Ferimentos leves ou desconforto. Nenhum tratamento médico ou efeitos físicos mensuráveis.	Ferimentos ou doenças que exijam cuidados médicos. Deficiência temporária.	Ferimentos ou doenças que exijam internação hospitalar.	Ferimentos ou doenças que resultem em deficiência permanente.	Fatalidade	
		Insignificante	Pequena	Moderada	Importante	Grave	
Probabilidade	Esperado que ocorra em circunstâncias normais	Quase certo	Médio	Alto	Muito alto	Muito alto	Muito alto
	Esperado que ocorra em algum momento	Provável	Médio	Alto	Alto	Muito alto	Muito alto
	Pode ocorrer em algum momento	Possível	Baixo	Médio	Alto	Alto	Muito alto
	Improvável de ocorrer em circunstâncias normais	Improvável	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto
	Pode ocorrer, mas provavelmente nunca ocorrerá	Raro	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio

Requisitos Gerais

Figura 4: Ações nas várias etapas da análise de risco



Como regra geral, a hierarquia determinada pelo princípio TOP (vide Figura 5) deve ser aplicada quando forem estabelecidas medidas de proteção. Isto significa que, primeiro, é necessário tomar medidas técnicas, como enclausurar peças giratórias ou garantir que o abastecimento ocorra em sistemas fechados. Uma vez que todas as medidas técnicas de proteção tenham sido implementadas, medidas organizacionais devem ser tomadas. Estas medidas incluem a produção de manuais operacionais, organização de sessões de in-

formação e instrução para que os dispositivos e equipamentos sejam operados com segurança, mas também, por exemplo, para garantir que o abastecimento não ocorra quando alguém estiver na zona de perigo. Em alguns casos, os riscos são inevitáveis, apesar das medidas de proteção técnicas e organizacionais. Nestes casos, medidas de proteção individuais devem ser tomadas para proteger as pessoas em risco. Isto inclui ações como o uso de respiradores (máscara de respiração) se a liberação de biogás for inevitável.

Figura 5: Medidas de proteção conforme o princípio TOP



5.1. Análise de risco para estados operacionais específicos

A operação normal de uma usina é o estado no qual a usina é operada conforme os parâmetros de concepção. Não se deve considerar o início/desligamento ou serviços de manutenção em uma usina de biogás em funcionamento como sendo uma operação normal. Avaliações estatísticas de danos pessoais em usinas de biogás demonstram uma taxa de acidentes significativamente elevada associada a serviços de manutenção ou procedimentos de ligamento ou desligamento. Estes estados operacionais devem, portanto, ser examinados separadamente, com suas próprias instruções de operação.

5.2. Início/comissionamento

É sempre aconselhável definir um plano inicial antes da entrada em funcionamento e segui-lo à risca durante a fase inicial.

Antes do digestor ser alimentado pela primeira vez, todas as obras, incluindo a tubulação associada, devem estar concluídas para evitar potenciais danos ou ferimentos. O conhecimento preciso da carga da usina requer a pesagem correta da matéria-prima, fato muito importante tanto para a operação inicial quanto para o controle contínuo do processo. Adicionalmente, a análise química periódica da matéria-prima e especificamente do substrato no digestor, constitui-se numa medida de controle sensata para uma rápida partida. Entretanto, se a taxa de carregamento orgânico aumentar muito rapidamente na fase de estabelecimento da biologia de digestão, o processo poderá ficar sobrecarregado rapidamente; por fim, isto pode prolongar a duração do processo de partida. Tanques com preenchimento incompleto podem levar a vazamento descontrolado de biogás, por isso, durante alimentação do tanque, é essencial atentar para que o nível de enchimento seja suficiente para garantir que o equipamento de alimentação de substrato esteja completamente submerso na fase líquida.

Também deve-se notar que, durante a fase de partida da usina, há uma mistura gasosa explosiva presente temporariamente, devido ao aumento da proporção de metano no biogás (com uma fração de volume de 6-22% no ar).

5.3. Serviços de manutenção e reparos

Somente pessoal com a experiência e o conhecimento específico necessários para o respectivo serviço deverá ser autorizado a efetuar manutenção e reparos em

usinas de biogás. As medidas de proteção necessárias para a manutenção e reparo de usinas de biogás deverão ser definidas pelo cliente com base na avaliação de risco (vide a seção intitulada Avaliação de risco e a Figura 6) e deverão ser utilizadas durante os trabalhos. (TRGS 529, 2016).

As medidas de proteção necessárias deverão ser determinadas e documentadas como parte da avaliação de risco antes do início dos trabalhos.

A documentação deverá incluir, também, instruções de trabalho por escrito e, adicionalmente, no caso de trabalho com risco de incêndio, deverá conter um sistema de autorização (vide o Anexo 2: Registro de instruções para subcontratados e empregados para serviços de manutenção, instalação e reparo).



Durante serviços de manutenção em usinas de biogás, além das áreas sujeitas a risco de explosão designadas no documento de proteção contra explosões em operação normal (vide seção intitulada Documento de proteção contra explosões) pode haver outras áreas com uma atmosfera explosiva perigosa (e, dependendo do teor de H₂S do biogás, áreas de risco à saúde) durante os serviços (p. ex., quando coberturas de membrana são abertas para troca de agitadores).

Medida de proteção apropriadas incluem:

- ▶ Identificação e delimitação de áreas onde um risco de incêndio/explosão ou um risco à saúde podem ser esperados.
- ▶ Desligamento de sistemas elétricos e outros sem proteção contra explosões.
- ▶ Retirada do biogás de partes da usina.
- ▶ Seleção de equipamentos e ferramentas adequadas à prova de explosão.
- ▶ Medição de liberação, i.e., a medição da concentração de materiais perigosos ou do teor de oxigênio por meio de técnicas apropriadas em uma determinada área. A finalidade disto é de classificar a atmosfera ambiente como segura para empregados ou para iniciar medidas de proteção adicionais.
- ▶ Uso de equipamento de proteção individual apropriado.
- ▶ Garantia de ventilação adequada.
- ▶ Nomeação de um supervisor.

Empregados envolvidos em atividades próximas a serviços de manutenção e reparos devem ser notificados

Requisitos Gerais

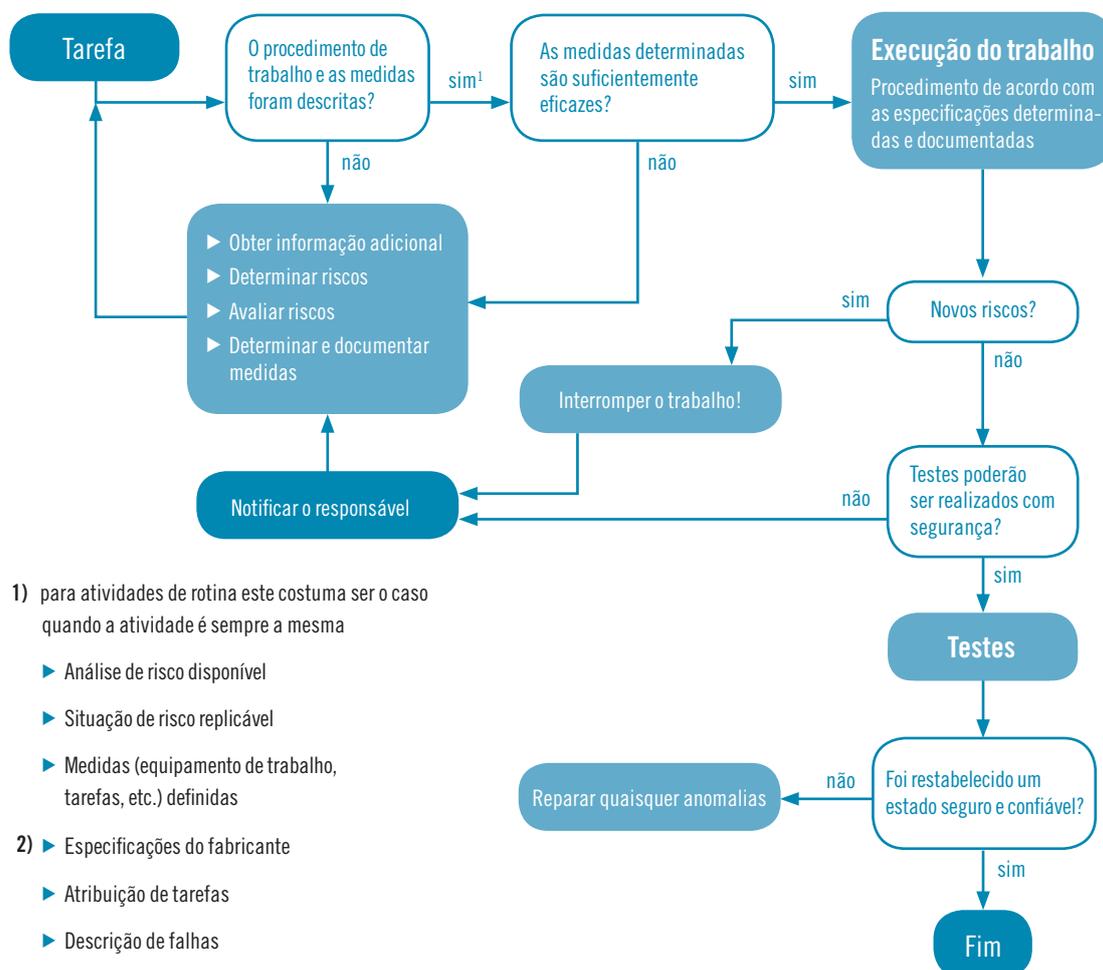
sobre o horário, localização e natureza dos serviços programados e de quaisquer restrições e riscos que poderão surgir em decorrência deles e, portanto, as precauções e cuidados necessários. Serviços de manutenção e reparos deverão ser executados somente por empregados capacitados e designados para tal pelo operador ou proprietário da usina. Eles devem ter o conhecimento especializado necessário para efetuar manutenção ou reparos devido à sua educação vocacional ou formação profissional.

Em todos os trabalhos de manutenção e reparos, é essencial a utilização de ferramentas e outros equipamentos adequados para a finalidade prevista e as condições de trabalho apropriadas. Em suma, em estados operacionais específicos, o operador deve:

- ▶ definir responsabilidades de implementação das medidas de proteção necessárias;

- ▶ garantir comunicação adequada entre a equipe de operação e o pessoal de manutenção e reparos;
- ▶ proteger a área de trabalho durante os serviços de manutenção e reparos;
- ▶ prevenir a entrada de pessoas não-autorizadas na área de trabalho, caso seja necessário, de acordo com a análise de risco;
- ▶ disponibilizar pontos de acesso seguros para o pessoal de manutenção e reparos;
- ▶ evitar riscos com equipamentos móveis ou elevados ou em peças destes equipamentos, e com energia ou materiais perigosos;
- ▶ garantir que dispositivos sejam desligados da fonte de energia. A energia mecânica ou elétrica remanescente (p. ex., fuga de corrente) deverá ser removida de forma segura; estes dispositivos devem ser marcados ou identificados adequadamente;

Figura 6: Fluxograma para manutenção e testes (TRBS 1112-1, 2010)



1) para atividades de rotina este costuma ser o caso quando a atividade é sempre a mesma

- ▶ Análise de risco disponível
- ▶ Situação de risco replicável
- ▶ Medidas (equipamento de trabalho, tarefas, etc.) definidas

2) ▶ Especificações do fabricante

- ▶ Atribuição de tarefas
- ▶ Descrição de falhas

- ▶ estabelecer práticas de trabalho seguras para as condições de trabalho que derivam do estado normal;
- ▶ fornecer todos os símbolos de aviso e sinais de alerta relativos ao serviço de manutenção e reparo nos equipamentos de trabalho;
- ▶ garantir o uso de instrumentos e ferramentas adequados e equipamento de proteção individual apropriado;
- ▶ cumprir as respectivas medidas de proteção em caso de formação de uma atmosfera explosiva perigosa; e
- ▶ usar sistemas para aprovação de certos trabalhos.

Se as medidas de proteção técnicas utilizadas durante operação normal forem total ou parcialmente retiradas de serviço durante trabalhos de manutenção ou reparos em equipamentos, ou se estes trabalhos forem realizados na presença de um perigo elétrico, a segurança dos empregados durante estes trabalhos deverá ser garantida por meio de outras medidas adequadas. O fluxo de trabalho para medidas de manutenção é apresentado na Figura 6.

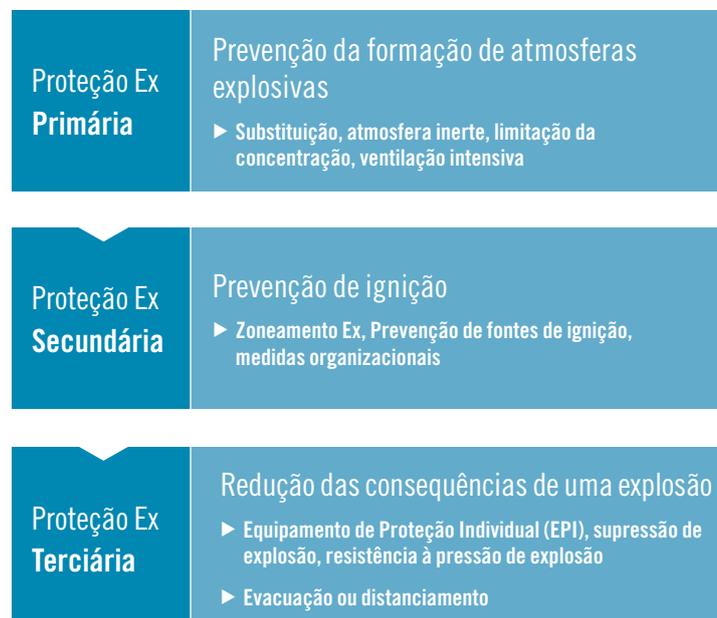
5.4. Desligamento/descomissionamento

O desligamento de uma usina de biogás é um estado operacional específico que requer medidas especiais. As zonas Ex classificadas no documento de proteção contra explosões (vide seção intitulada Documento de proteção contra explosões) contemplam este estado operacional de forma limitada.

Estes riscos específicos são, portanto, contemplados num conjunto de instruções específico.

- ▶ A alimentação do substrato nos digestores é interrompida, enquanto sua remoção continua. Esta quantidade removida não deve exceder o volume de gás gerado, de forma a prevenir a formação de uma atmosfera explosiva perigosa.
- ▶ Se a quantidade de substrato removida exceder o volume de gás gerado, o biodigestor deverá ser desconectado do sistema de coleta de gás e uma conexão com a atmosfera deverá ser estabelecida, por exemplo, por meio do esvaziamento do selo hídrico do dispositivo de sobre- e subpressão. Como resultado da entrada de ar, poderá ocorrer uma atmosfera explosiva perigosa no digestor e as fontes de ignição (vide seção intitulada Riscos de explosão e incêndio) devem ser evitadas.
- ▶ O digestor deverá ser desconectado do sistema de coleta de gás para evitar o refluxo de gás.
- ▶ Poderá formar-se, ao redor dos bocais de saída, uma atmosfera explosiva perigosa e as fontes de ignição

Figura 7: Sequência de medidas de proteção contra explosões



deverão ser evitadas (vide seção intitulada Riscos de explosão e incêndio).

- ▶ Antes da entrada no digestor e durante o tempo de permanência em seu interior, devem-se garantir ventilação adequada e a existência de ar suficiente para a respiração, de forma a evitar qualquer risco de asfixia, envenenamento, incêndio ou explosão, e todos os equipamentos operacionais, como bombas ou agitadores, protegidos com segurança para evitar que sejam ligados.

5.5. Documento de proteção contra explosões

O documento de proteção contra explosões é parte integrante da análise de risco, envolvendo a identificação e a avaliação de riscos de explosão. Mais especificamente, é preciso determinar locais onde há possibilidade de existência de uma atmosfera explosiva perigosa (ou atmosfera potencialmente explosiva – APE) e as potenciais fontes que possam causar ignição (vide seção intitulada Riscos de explosão e incêndio).

Como regra geral, o primeiro passo é implementar medidas estruturais primárias para prevenção de atmosferas explosivas perigosas. Em seguida, devem ser implementadas medidas técnicas onde uma atmosfera explosiva perigosa for inevitável; tais medidas devem ser voltadas para a prevenção das fontes de ignição. A última alternativa deveriam ser as medidas terciárias ou organizacionais, voltadas à redução de potenciais consequências de uma explosão (vide Figura 7).

Requisitos Gerais

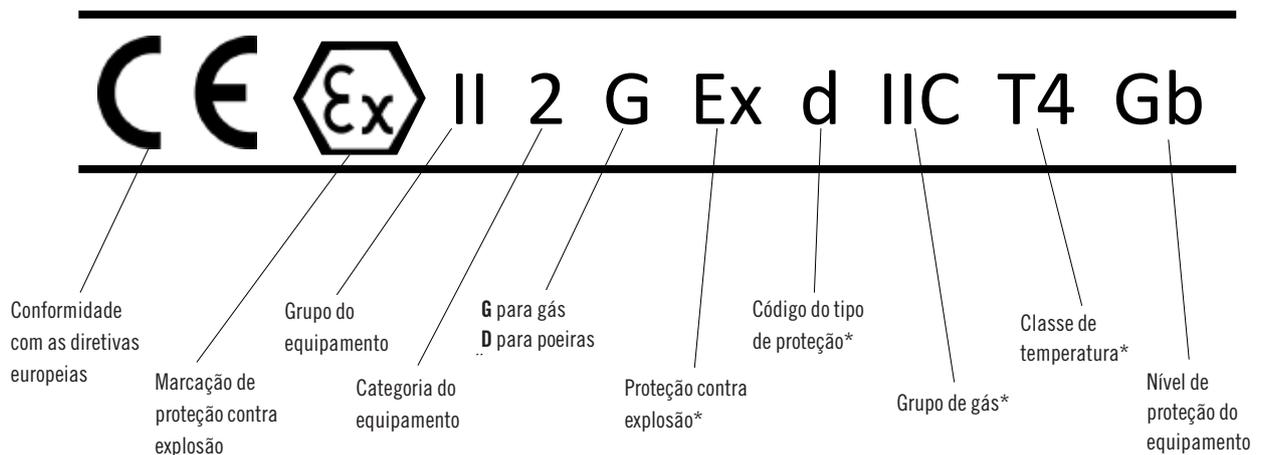
Áreas de risco podem ser divididas em zonas conforme a frequência e duração da ocorrência de atmosferas explosivas perigosas (vide Figura 8, a seguir).

As diretrizes nacionais para classificação de áreas com zonas Ex deverão ser observadas. Exemplos de zoneamento e medidas de proteção associadas serão apresentados na segunda parte deste documento.

Figura 8: Classificação de zonas Ex



Figura 9: Descrição de uma etiqueta ATEX



* ATEX/IECex



Mais informações

As diretivas ATEX podem ser consultadas no site de legislação da União Europeia e estão disponíveis em inglês, espanhol, francês e português.

5.6. Exigências para equipamento de trabalho em áreas de risco

Para estar apto para utilização em áreas de risco (atmosferas potencialmente explosivas, APE), todo equipamento precisa ser homologado para a respectiva zona Ex. A Diretiva Europeia 2014/34/EU (ATEX, 2014) (Diretiva de produtos ATEX, a seguir denominada simplesmente de ATEX), se tornou a referência para o uso de equipamentos e sistemas de proteção em zonas Ex (vide Figura 9).

De acordo com esta diretiva, somente os equipamentos aprovados para a zona 0 e devidamente marcados como tal podem ser usados na zona 0. Somente equipamentos e sistemas de proteção do grupo de equipamentos II, categoria 1 G, conforme o Anexo 1 da ATEX, podem ser usados.

Para a zona 1, somente equipamentos aprovados para zonas 0 ou 1 e devidamente marcados como tal podem ser usados. Somente equipamentos e sistemas de proteção do grupo de equipamentos II, categoria 1 G ou 2 G, conforme o Anexo 1 da ATEX, podem ser usados.

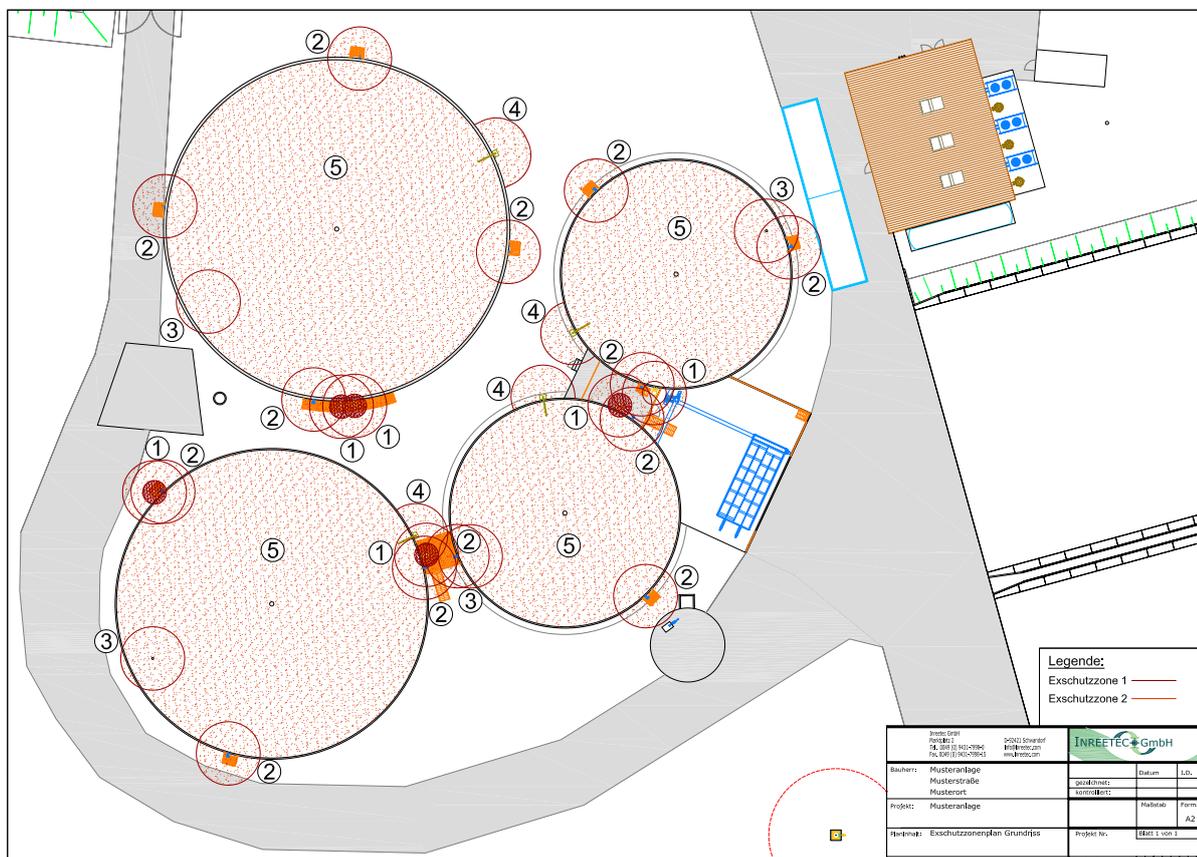
Na zona 2, somente equipamentos aprovados para zonas 0, 1 ou 2 e devidamente marcados como tal podem ser usados. Somente equipamentos e sistemas de proteção do grupo de equipamentos II, categoria 1 G, 2 G ou 3 G, conforme o Anexo 1 da ATEX, podem ser usados.

Detalhes do zoneamento devem ser registrados em um plano de zonas Ex (vide Figura 10). Este deverá ser atualizado regularmente e adaptado conforme necessário.



- ① Proteção de sobrepressão e subpressão
- ② Duto de parede para misturador submerso
- ③ Saída do gasômetro de membrana
- ④ Soprador do gasômetro de membrana
- ⑤ Espaço entre as membranas do gasômetro

Figura 10: Exemplo de plano de zonas Ex para uma usina de biogás (vermelho = zona 1, laranja = zona 2)



Legende:

Exschutzzone 1 — (red hatched)

Exschutzzone 2 — (orange hatched)

Projeto: Exschutzzonenplan Grundriss		Projekte Nr.:		Blatt 1 von 1	
Bauchwerk: Musteranlage		Datum:		Lfd.:	
Musterstraße		gezeichnet:			
Musterwerk		kontrolliert:			
Projekt: Musteranlage		Methode:		Format	
				A2	

FONTE: INRETEC GMBH

6. Conceito de proteção contra incêndio

As usinas (plantas) de biogás têm cargas de incêndio distintas, dependendo da concepção do projeto e tamanho da planta, da entrada de substrato, dos equipamentos e materiais utilizados e da forma de operação. Medidas estruturais, técnicas e organizacionais de proteção contra incêndio devem ser incluídas desde a concepção e o planejamento da usina. Em particular, diretrizes nacionais referentes à proteção contra incêndio devem ser seguidas.

6.1. Proteção estrutural contra incêndio

As medidas estruturais de proteção contra incêndio, descritas a seguir, tiveram comprovação prática.

- ▶ **Digestor:** Se for necessário o uso de isolamento térmico em digestores, este deverá ser, ao menos, de inflamabilidade normal. Numa região, à distância de 1 m ao redor de aberturas ou saídas, onde ocorre liberação de gás durante operação normal, o material deverá ser de baixa inflamabilidade.



Mais informações sobre requisitos de isolamento térmico para produtos e elementos de construção podem ser encontradas na norma DIN EN 13501-1.13501-1.

- ▶ **Instalação da unidade CHP em salas ou edifícios não pertencentes à usina:** Paredes, apoios e tetos acima e abaixo da sala de instalação deverão ser, ao menos, resistentes ao fogo (p. ex., F 90 na Alemanha) e construídos com materiais não inflamáveis. Nenhum revestimento ou isolamento feito de material inflamável poderá ser usado em paredes, tetos ou apoios. Portas em paredes resistentes ao fogo deverão ser, ao menos, retardadoras de fogo e de fechamento automático; isto não se aplica a portas externas. Dutos de ventilação e outras tubulações ou cabeamentos só devem atravessar paredes e tetos se os dutos, tubos ou cabos forem incapazes de propagar fogo, ou caso precauções tenham sido tomadas para evitar a propagação de fogo (p. ex., lacre de vedação do cabo com aprovação geral pela autoridade de supervisão de obras ou proteção contra incêndio apropriada). Saídas de gás de escape (chaminés) e as passagens associadas devem estar em conformidade com os respectivos requisitos nacionais. Uma distância suficiente de materiais inflamáveis deverá ser assegurada. Espaços em passagens deverão ser preenchidos com materiais não inflamáveis com boa estabilidade dimensional. Esta condição é cumprida pelo uso de materiais apropriados

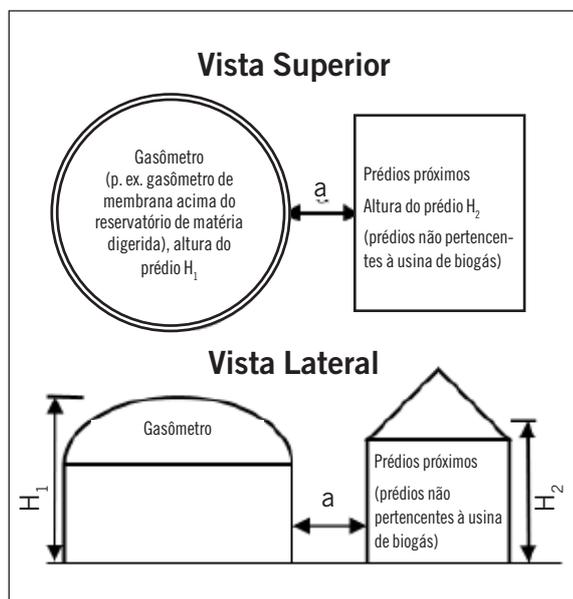
com a mesma classificação de resistência ao fogo dos componentes lacrados.

- ▶ **Instalações elétricas:** Instalações elétricas devem estar em conformidade com as normas reconhecidas (aplicáveis em cada país) e devem ser inspecionadas regularmente por um eletricitista autorizado. O operador deverá examinar as instalações regularmente contra danos por roedores e sinais de chamoscamento para mitigar os riscos de incêndio.
- ▶ **Distâncias de segurança:** O propósito de manter distâncias de segurança é reduzir a influência mútua no caso de danos, prevenir a propagação do fogo e proteger o gasômetro. Para tanto, é necessário estipular distâncias de segurança de pelo menos 6 m na horizontal entre gasômetros e outras instalações adjacentes não relacionadas ao biogás, equipamentos e prédios próximos (com altura inferior a 7,5 m) ou vias de transporte.
 - ▶ Se um prédio, gasômetro ou outra edificação tiver altura superior a 7,5 m, a fórmula para calcular a distância é: $a = 0,4 \times H_1 + 3 \text{ m}$.
 - ▶ No caso de dois prédios, gasômetros ou outras edificações com altura superior a 7,5 m, a fórmula para calcular a distância é: $a = 0,4 \times H_1 + 0,4 \times H_2$.

Em usinas de biogás, devem ser estipuladas distâncias de segurança de pelo menos 6 m entre o gasômetro e as salas onde estão instalados motores de combustão interna. Em instalações acima do solo, a distância deve ser medida a partir da projeção vertical da borda do gasômetro (vide Figura 11). O perigo para as pessoas e o risco de incêndio, dentro ou fora da usina de biogás, devido à radiação térmica ou convecção deve ser evitado pelo posicionamento adequado do sinalizador de emergência. O mesmo procedimento deve ser respeitado para prédios, componentes da usina, vias de transporte e áreas públicas.

- ▶ **Muro de proteção:** A distância de segurança pode ser reduzida pela cobertura adequada com terra ou um muro de proteção ou isolamento contra o fogo (p. ex., barreira corta-fogo) devidamente dimensionados. Portas em muros de proteção deverão ser resistentes ao fogo e de fechamento automático. Um muro de proteção também poderá ser uma parede estrutural sem aberturas, desde que projetada para tal finalidade. As dimensões do muro de proteção deverão estar em conformidade com as respectivas normas nacionais.

Figura 11: Distâncias de segurança entre gasômetros e prédios próximos



6.2. Proteção organizacional contra incêndio

Dentro das distâncias de segurança, não poderá haver mais do que 200 kg de material combustível armazenado sem a adoção de medidas de proteção adicionais, nem prédios não pertencentes à usina de biogás, nem caminhos ou vias públicas. Medidas de proteção adicionais podem incluir medidas de prevenção ou proteção contra fogo e medidas de combate a incêndio (vide seção sobre muros de proteção, por exemplo). Além disso, aplicam-se as seguintes condições:

- ▶ são permitidas vias de transporte essenciais à operação da usina;
- ▶ é proibido estacionar dentro das áreas delimitadas pela distância de segurança;
- ▶ não são permitidos, sem a adoção de medidas de proteção adicionais, equipamentos e atividades que possam causar danos ao gasômetro (p. ex., soldar ou cortar);
- ▶ não poderão ser utilizados flares de gás; e
- ▶ é proibido fumar, usar chamas abertas ou fogo.

Empregados e prestadores de serviço deverão ser instruídos periodicamente, conforme seja apropriado, quanto às medidas a serem tomadas em caso de falhas operacionais, acidentes e emergências e como preveni-las.

É de comprovada relevância discutir e coordenar, com a brigada de incêndio responsável, todas as questões de proteção contra fogo antes do comissionamento da usina e em intervalos periódicos. Uma articulação es-

treita com autoridades de brigadas de incêndio locais é essencial para o avanço do acionamento tático da brigada de incêndio em caso de fogo ou outras necessidades de assistência técnica. É recomendado realizar treinamentos para assegurar que medidas corretas sejam tomadas, em caso de acionamento. Neste caso, a brigada de incêndio deverá utilizar equipamentos de proteção adequados, e um detector de gás (CH_4 , CO_2 , H_2S , etc.) deverá estar disponível. Deve-se prestar atenção à direção do vento ao se aproximar do local, manter uma distância segura, evitar a produção de faíscas (p. ex., interruptores elétricos!) e consultar o operador local (responsável pela usina).

Sempre que possível, toda sinalização necessária de segurança e proteção da saúde deverá ser analisada durante o planejamento das áreas de trabalho (na definição de rotas de fuga e resgate, por exemplo). Também é importante designar socorristas. Agentes extintores (extintores de incêndio, estoque de água para combate ao fogo) deverão ser disponibilizados conforme as cargas de incêndio, em consulta com a brigada de incêndio.

DICA

Os símbolos de resgate e segurança contra incêndios atualizados são apresentados na ISO 7010.



FONTE: FOTOLIA_OKTAY ORTAKCIOGLU

7. Medidas de proteção

Com relação à saúde e à segurança no trabalho, a regra geral é de estabelecer medidas de proteção conforme o princípio TOP (vide seção Análise de risco).

O responsável pela operação da usina deverá garantir o manuseio seguro dos equipamentos de trabalho, da operação da usina e de seus componentes com o auxílio de medidas de proteção técnicas. Estas medidas de proteção técnicas para componentes específicos da usina são detalhadas na segunda parte deste documento.

7.1. Medidas de proteção organizacionais

Estrutura organizacional

O operador deverá conceber e documentar a estrutura organizacional da usina de forma que todas as atividades e tarefas possam sempre ser executadas e monitoradas com segurança. No mínimo, as seguintes disposições devem ser tomadas:

- ▶ responsabilidades (p. ex., verificar o diário operacional, realizar sessões de instrução/informação e efetuar análise de risco; o empregador – responsável pela usina – poderá delegar tarefas a um funcionário);
- ▶ acordos de substituição;
- ▶ plantões: se a usina for operada por diversas pessoas em turnos, a transição da troca de turnos deverá ser garantida e quaisquer ocorrências deverão ser registradas por escrito (p. ex., no diário operacional); e
- ▶ caso necessário, delega-se o direito de dar instruções.

Instruções operacionais

Uma apresentação minuciosa das instruções operacionais pelo fabricante da usina é essencial antes do comissionamento e após a realização de quaisquer alterações, sendo que deve ser entregue por escrito todo o material abordado nas apresentações. Adicionalmente, o pessoal operacional da usina de biogás deve participar de formação adicional e de desenvolvimento profissional continuado, sempre mantendo todos os certificados. Para o trabalho de empregados de terceiros na usina, a sua adequação profissional deverá ser estabelecida e verificada, sempre que necessário. Material informativo adequado deve ser utilizado para garantir que empregados de terceiros estejam informados sobre os riscos ocupacionais.

Instrução e informação

Instruções e informações sobre o manuseio seguro do equipamento de trabalho deverão ser prestadas pelo

operador da usina (responsável pela usina), repetidas com base nos resultados da análise de risco.

Exemplos de instrução e informação:

- ▶ Saúde e segurança no trabalho;
- ▶ Trabalho em locais com risco de explosão;
- ▶ Instruções internas da empresa;
- ▶ Presença de substâncias perigosas no local de trabalho:
 - ▷ regulamentos específicos de higiene;
 - ▷ informação sobre medidas de proteção contra exposição;
 - ▷ informação sobre o uso de equipamento de proteção individual e roupas protetivas.

Todos os empregados deverão receber treinamento antes do início do trabalho/das atividades e, subsequentemente, em intervalos regulares, ao menos uma vez ao ano. Deve-se manter um registro escrito dos treinamentos.

Tarefas perigosas deverão ser efetuadas conforme instruções por escrito do empregador ou da pessoa responsável; um sistema de autorização para o trabalho deverá ser usado para realizar tarefas perigosas ou que possam se tornar perigosas em conjunto com outros trabalhos. Exemplos: solda dentro de tanques ou outros locais confinados, trabalhos com risco de ignição (solda, corte com chama, furação, etc.), trabalho em telhados ou em áreas de risco.

Deverá sempre haver supervisão apropriada durante a presença de empregados em áreas de risco. A Associação Alemã de Biogás fornece um exemplo do sistema de autorização para o trabalho no Registro de instruções para subcontratados e empregados para serviços de manutenção, instalação e reparos (Anexo 2).

Empregados deverão receber instruções antes de começarem a trabalhar com ou em equipamentos novos, procedimentos novos ou alterados, novas substâncias perigosas ou novas responsabilidades.



Os seguintes fatores deverão ser documentados:

- ▶ Conteúdo das instruções;
- ▶ Instrução de pessoal externo;
- ▶ Reuniões de instrução e informação

Requisitos para trabalho individual

Como parte da análise de risco, é necessário examinar quais atividades podem ser executadas de forma individual para, assim, documentá-las. Se ficar estabelecido, durante a análise de risco, que uma determinada atividade não pode ser executada de forma individual, esta deverá ser executada por, ao menos, dois empregados. Como regra, as seguintes atividades não podem ser executadas de forma individual:

1. trabalho no interior de tanques e locais confinados (por questões de segurança, alguém deverá ser designado para vigiar a execução de trabalhos no interior de tanques ou em locais confinados, onde não houver portas de saída para o trabalhador);
2. trabalho em locais onde risco de explosão poderá surgir durante o serviço de manutenção ou reparo devido às condições locais, ao equipamento instalado no local ou às substâncias, às preparações ou às impurezas contidas ou introduzidas ao local (TRBS 1112-1, 2010).

Quando for permitido o trabalho individual, devem ser estabelecidas medidas de proteção técnicas e organizacionais apropriadas, de forma a garantir primeiros socorros eficazes, caso estes sejam necessários.

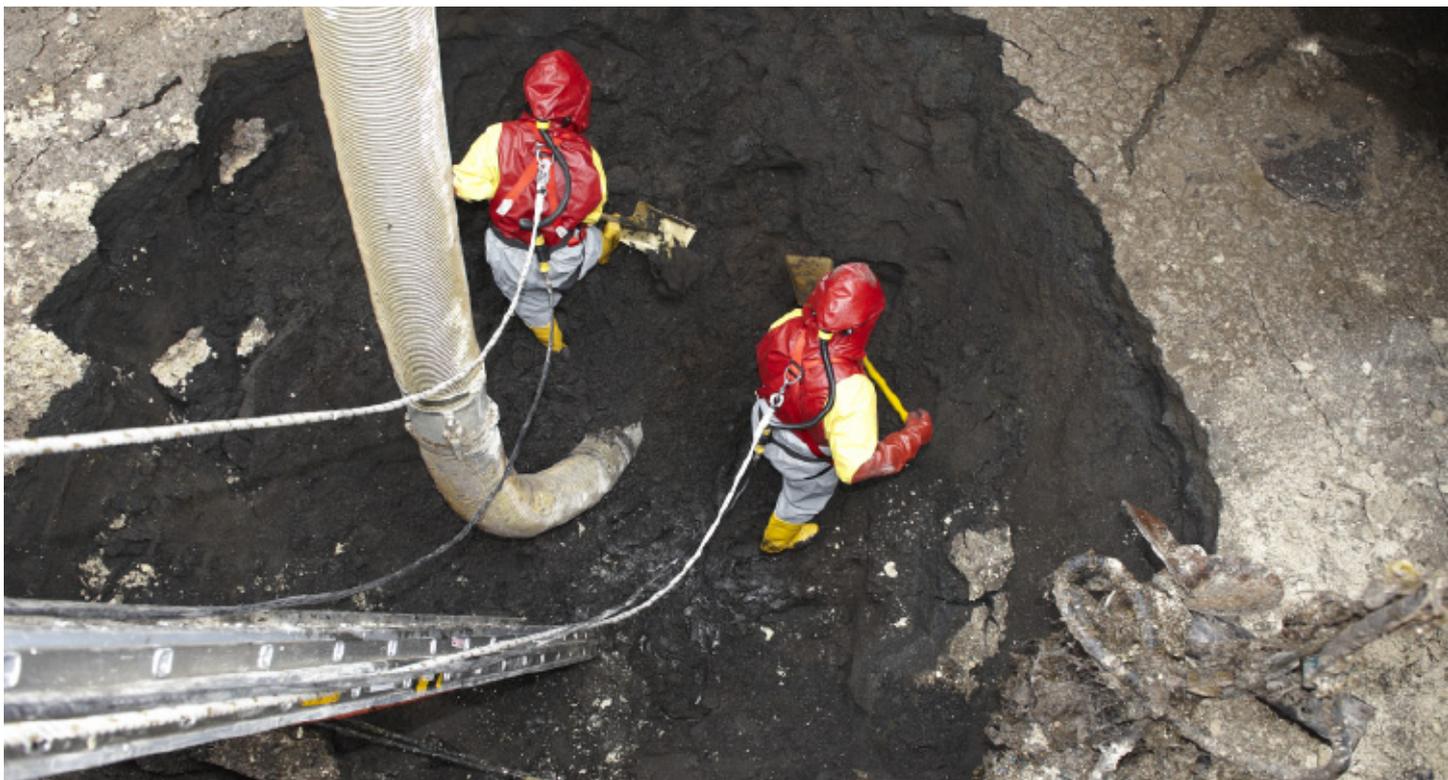
Exemplos de medidas de proteção apropriadas incluem:

- ▶ vigilância permanente com câmeras;
- ▶ uso de dispositivo individual de sinalização de emergência com alarme automático;
- ▶ intervalos de notificação por meio de contato visual ou verbal;
- ▶ trabalho dentro do alcance visual;
- ▶ supervisão por meio de rondas; e
- ▶ disponibilização de telefone fixo/móvel para chamadas de emergência.

Caso estas medidas de proteção tragam ou sejam elas mesmas fontes de ignição, sua adequação deverá ser avaliada antes do uso em áreas de risco (TRGS 529, 2016).

Medidas de proteção organizacionais incluem, ainda, manutenção regular da usina, dos sistemas e dos componentes. Para assegurar a operação segura, é essencial elaborar um plano de manutenção com detalhes específicos da manutenção de componentes da usina e especificar seus intervalos. A manutenção também inclui testes funcionais de componentes individuais e o respectivo registro documental.

Trabalho de manutenção no digestor com medidas de proteção



Requisitos Gerais

7.2. Medidas de proteção individuais



Além de medidas de proteção técnicas e organizacionais, medidas de proteção individuais devem ser delimitadas para aspectos específicos de operação da usina. A escolha das medidas depende da análise de risco (vide Tabela 5).

Tabela 5: Riscos e medidas de proteção possíveis.

Riscos	Exemplos	Equipamento de proteção individual
Substâncias perigosas (no ar)	Microrganismos Aerossóis Biogás (componentes) Aditivos e materiais auxiliares	Proteção para olhos e rosto onde houver provável spray ou jato de material ou líquido infeccioso e onde as medidas de proteção técnicas não oferecem proteção adequada. Tarefas em que proteção respiratória é utilizada devem ser contempladas expressamente na análise de risco. A proteção respiratória adequada deverá obedecer, ao menos, aos seguintes requisitos: <ul style="list-style-type: none">▶ Respirador semifacial com filtro antipartículas P2, conforme DIN EN 143 ou respirador semifacial filtrante FFP2, conforme DIN EN 149.▶ Respiradores com válvula de exalação são os mais recomendados. Em caso de liberação de biogás, respiradores de circuito fechado com cilindro de ar deverão ser usados devido à possibilidade de altas concentrações de H ₂ S e de deslocamento de oxigênio.
Substâncias perigosas (contato com a pele)	Fungos Bactérias Vírus Endotoxinas Aditivos e materiais auxiliares	Luvas grossas, impermeáveis, antialérgicas, de punhos longos para prevenir a entrada de líquidos e contaminação por patógenos. As luvas devem ser resistentes aos desinfetantes utilizados. Proteção para olhos e rosto onde houver provável spray ou jato de material ou líquido infeccioso e onde as medidas de proteção técnicas não oferecem proteção adequada. Aventais à prova d'água onde houver probabilidade de encharcar roupas. Calçados à prova d'água onde houver probabilidade de encharcar calçados.
Riscos elétricos	Descarga estática Cabos defeituosos	Devem ser fornecidos: sapatos de segurança, em conformidade com os requisitos de proteção classe S2 e botas de segurança, em conformidade com os requisitos de segurança classe S4, de acordo com a norma DIN EN ISO 20345.
Riscos mecânicos	Quedas, tropeços, esmagamentos, cortes	Devem ser fornecidos: sapatos de segurança em conformidade com os requisitos de proteção classe S2 e botas de segurança em conformidade com os requisitos de segurança classe S4 de acordo com a norma DIN EN ISO 20345, bem como roupa impermeável, conforme necessário. (TRGS 727, 2016)
Risco de explosão e incêndio	O pessoal poderá gerar uma carga eletrostática, por exemplo, ao caminhar, levantar de uma cadeira, trocar de roupas, manusear plásticos, ao realizar trabalhos envolvendo despejar ou encher, ou por indução quando estiver próximo a objetos carregados. Uma pessoa com carga eletrostática causa uma faísca ao tocar num objeto condutivo, p. ex., uma maçaneta.	Devem ser usados, em áreas de risco classificadas como zona 0, 1 ou 20, calçados condutivos com resistência inferior a 10 ⁸ Ω. A mesma exigência se aplica para zona 21, no caso da presença de pó com energia mínima de ignição (MIE) ≤ 10 mJ. As roupas de trabalho ou de proteção não deverão ser trocadas, removidas ou vestidas em áreas de risco classificadas como zona 0 ou 1. O equipamento de proteção individual não deverá ficar carregado de forma perigosa em áreas de risco ou na presença de misturas gasosas explosivas, por exemplo, durante serviços de manutenção ou de chamada de emergência. (TRGS 727, 2016)

Requisitos Gerais

Medidas de higiene básicas devem ser determinadas. Isto inclui lavar as mãos antes do descanso e após a finalização do trabalho, bem como a limpeza regular e de acordo com a necessidade, do local de trabalho e a limpeza/troca do vestuário de trabalho e do equipamento de proteção individual. Estas medidas podem ser especificadas num plano de limpeza e higiene. Empregados devem evitar comer ou beber em locais onde há risco de contaminação por agentes biológicos. Caso a análise de risco exija medidas de desinfecção, devem ser utilizados desinfetantes previamente testados.

- ▶ É proibida a entrada em salas de descanso trajando roupas de trabalho com contaminação microbológica.
- ▶ Lixo contendo agentes biológicos deverá ser descartado em recipientes adequados.
- ▶ Roupas de trabalho e equipamento de proteção individual devem ser mantidos separados de roupas pessoais.

- ▶ Roupas com contaminação microbológica não devem ser lavadas em casa.
- ▶ No caso da entrada de pragas como roedores, pombos, insetos ou outros animais na área de trabalho, é essencial o controle regular destas pragas.
- ▶ Condições de armazenamento propícias à multiplicação de agentes biológicos devem ser evitadas, na medida em que a operação da usina permita.
- ▶ Deverá haver ventilação adequada da área de trabalho, em conformidade com a análise de risco.

A figura 12 traz uma visão geral dos diversos equipamentos de proteção individual. Note-se que nem todos os elementos deverão ser usados em todas as situações. A obrigação de usar um capacete ou sistema anti-quedas, por exemplo, depende da situação.

Figura 12: Equipamento de proteção individual (EPI)



Mais informações sobre requisitos técnicos para equipamento de proteção individual podem ser encontradas nas seguintes normas:

DIN EN 143: Equipamentos de proteção respiratória – Filtros antipartículas – Requisitos, testes, marcação

DIN EN 149: Equipamentos de proteção respiratória – Respiradores semifaciais filtrantes

DIN EN ISO 20345: Calçado de segurança

Requisitos Gerais

8. Documentação

Os seguintes itens deverão ser documentados, em conformidade com requisitos nacionais:

- ▶ Responsabilidades/direitos de dar instruções: lista de números de telefone de contatos (tanto internos quanto externos, p. ex., autoridades, agências).
- ▶ Plano de emergência (instruções operacionais em caso de acidente, incêndio, explosão, relançamento de substrato, falta de energia, precaução contra a entrada de pessoas não-autorizadas, etc.).
- ▶ Análise de risco/documento de proteção contra explosões.
- ▶ Instruções operacionais para empregados.
- ▶ Manuais de instruções do fabricante.
- ▶ Registro de substâncias perigosas.
- ▶ Fichas de segurança.
- ▶ Formulários de liberação/informativos.
- ▶ Plano de manutenção e reparos (incluindo cronograma, conforme especificação do fabricante).
- ▶ Inspeções regulares e diário operacional.
- ▶ Registro de testes periódicos (testes elétricos, teste de equipamento de trabalho).
- ▶ Registro de cursos de treinamento inicial e periódicos.
- ▶ Plantas de inventário das instalações e equipamentos (planta baixa para extinção de incêndios, diagramas de tubulação e instrumentação, plantas de tubagem, etc.).

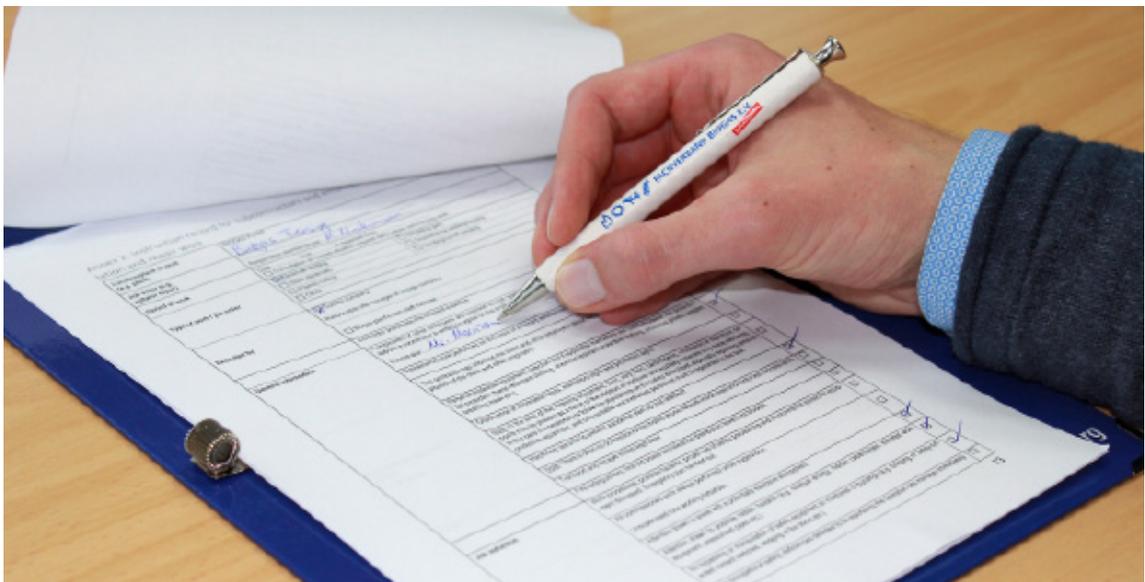
- ▶ Matriz de gestão de processos.
- ▶ Certificado de proteção contra incêndios.

DICA

É recomendado manter contratos de manutenção com empresas especializadas para os elementos da usina relativos à segurança e que necessitam de calibração periódica (p. ex., sistema de alarme de gás, analisador de gás, detector de gases, monitor de proteção pessoal, detector de incêndio).

Como regra geral, o operador da usina é responsável pela documentação, i.e., por garantir que a documentação esteja completa, atualizada, com qualidade adequada e em conformidade com os dispositivos legais do país em questão. Em casos individuais, devem-se esclarecer as consequências legais de uma eventual violação da legislação aplicável.

A documentação deve estar sempre disponível na usina de biogás, sendo que uma cópia reserva dos documentos deverá ser mantida num lugar alternativo. Isto é particularmente importante em emergências ou em caso de falhas. Nestas circunstâncias, o operador deverá tomar as providências necessárias, de forma a garantir a normalização da operação o mais rápido possível ou mitigar a falha operacional.



As usinas de biogás são sistemas complexos de engenharia de processos, em que se empregam bombas, compressores, agitadores, roscas transportadoras e tubulações para transporte de substrato e produção de biogás. É preciso garantir a operação segura de todos estes componentes o tempo todo, além de disponibilizar os equipamentos de trabalho, aparelhos e materiais, em perfeito estado de funcionamento. Desta forma, os diversos componentes e instalações deverão atender a inúmeras exigências com relação às medidas de proteção necessárias.

Há alguns requisitos gerais em termos de estabilidade, amortecimento de vibrações, operabilidade, sabotagem e vandalismo que se aplicam a todos os componentes da usina:

- ▶ **Estabilidade:** Componentes da usina de biogás instalados acima da terra deverão ter uma fundação sólida e proteção contra danos. Devem ser instalados de forma a serem acessíveis e com estabilidade estrutural garantida.
- ▶ **Amortecimento de vibrações:** Peças móveis e aquelas sujeitas a vibrações no interior da usina (componentes da unidade CHP, sopradores, bombas, compressores, etc.) deverão ser desacoplados por compensadores ou amortecedores, por exemplo.

- ▶ **Operabilidade de componentes vitais da usina em condições climáticas variáveis:** As peças, os componentes e os equipamentos da usina de biogás necessários para a operação segura deverão ser projetados de forma a se manter em funcionamento na temperatura ambiente e nas condições climáticas esperadas.
- ▶ **Sabotagem/vandalismo:** Os equipamentos e controles relativos à segurança do sistema deverão ser protegidos contra sabotagem e vandalismo. Cadeados e trancas podem ser usados para este fim, ou a usina poderá ser cercada, conforme for conveniente.

Os requisitos específicos para a operação segura de componentes individuais da usina são descritos a seguir. Cada descrição é dividida em três partes:



Medidas de proteção técnicas



Medidas de proteção organizacionais



Classificação de zonas Ex (Classificação de zonas com risco de explosão)

1. Requisitos para sistemas de alimentação



Medidas de proteção técnicas

Ao escolher e projetar sistemas de alimentação, é essencial observar se os materiais utilizados estão sujeitos a alguma tensão ou exposição em particular (p. ex., ácidos, areia, etc.). Recomenda-se fortemente o uso de aço inoxidável ou revestimentos em áreas especialmente sensíveis. A depender das condições climáticas locais, componentes da usina com risco de congelamento devem ser projetados à prova de gelo. Acionadores mecânicos deverão ter capas protetoras. Separadores de substâncias interferentes deverão ser instalados onde necessário.

As aberturas para alimentação de sólidos deverão ser protegidas contra queda de pessoas. Medidas para evitar quedas incluem:

- ▶ Cobertura de funis (compartimentos/tremonhas) de alimentação com altura > 1,30 m, incluindo a cobertura;
 - ▶ Funis (compartimentos/tremonhas) de alimentação sem cobertura com altura \geq 1,80 m;
- ▶ Grades fixas com espaçamento \leq 20 cm;
 - ▶ Tampas de fechamento automático em aberturas verticais; e
 - ▶ Canais para lavagem com aberturas verticais cobertas.

Em caso de alimentação contínua do digestor, por meio de transportador helicoidal, este deve estar suficientemente imerso em qualquer estado operacional, de forma a prevenir o escape de gás. A imersão deve corresponder a pelo menos cinco vezes a pressão de resposta do dispositivo de proteção contra sobrepresão. Se for impossível descartar a formação de gases perigosos (CH_4 , CO_2 , H_2S , NH_3 , H_2 , etc.) no exterior do sistema de alimentação, é necessário prevenir ou reduzir sua liberação. Para tanto, deve-se usar equipamento de abastecimento adequado em um sistema fechado ou pela separação física de outras áreas da usina. Observar, também, a direção predominante do vento para que os gases sejam lançados para longe da área de operação. Caso os sistemas de alimentação sejam instalados em áreas internas, estes devem ser equi-

Requisitos específicos

pados com sistema de monitoramento do ar ambiente e ventilação. Substratos líquidos devem ser alimentados por meio de canos/tubos, de forma que os gases não possam escapar para o interior do prédio. Sistemas de ventilação de/para tanques de armazenamento devem seguir por dutos fechados até uma área segura.



Medidas de proteção organizacionais

O princípio geral é que a formação de gases perigosos no exterior do sistema de alimentação deverá ser evitada, se possível, ou ao menos mitigada com a prevenção de certas reações químicas (abastecimento em determinados horários). Misturar substratos fora de tanques fechados, onde gases perigosos, como gás sulfídrico, dióxido de carbono ou amônia, podem ser formados como resultado de reações químicas (como reações ácido-base), deverá ser evitado. Onde reações forem esperadas como resultado da mistura de matéria-prima, testes de reações deverão ser efetuados em quantidades inofensivas da substância antes da mistura.

Para poder analisar tais reações, os operadores de usinas de biogás deverão obter as seguintes informações dos produtores da sua matéria-prima e registrá-las no diário operacional:



Documentação de detalhes da matéria-prima:

- ▶ principais ingredientes, composição química, valor pH e aditivos, p. ex., estabilizantes, conservantes, etc.
- ▶ detalhes de origem (p. ex., de açougue, da produção de heparina na indústria farmacêutica, etc.).
- ▶ condições de transporte e entrega (p. ex., duração do transporte, temperatura, etc.).
- ▶ potenciais riscos (p. ex., 'poderá liberar gás sulfídrico após a adição de ácidos'). Se for impossível evitar a formação de gases perigosos, principalmente H_2S , é necessário prevenir ou mitigar a sua liberação, por exemplo, por meio do abastecimento em sistema fechado, separação física ou remoção forçada dos gases.
- ▶ Outros comentários.

Materiais com alto teor de enxofre incluem: resíduos de matadouros/abatedouros, biomassa residual (micélio) de processos biotecnológicos, bolo de colza, restos de ração animal (p. ex., proteína de soja), metionina de ração animal (aditivo alimentar), resíduos da produção de leveduras, sulfato de sódio como



Diversos sistemas de alimentação

FONTE: MT ENERGIE

agente conservante, adjuvantes como sulfato de ferro ou restos alimentares.

Os alimentadores deverão ter uma plataforma de controle para garantir a alimentação de forma controlada. Deve-se atentar aos perigos com gases na região próxima ao alimentador. Se nas áreas de abastecimento for impossível evitar a formação de gases, em concentrações consideradas perigosas, devem-se instalar nestes locais equipamentos adequados de aviso de gás para garantir a sinalização da presença de gases perigosos, em especial o H_2S .

Durante o trabalho de alimentação da usina, os empregados podem ficar expostos a agentes biológicos por meio do contato com o substrato, matéria-prima, material digerido ou condensado, ou por meio das impurezas em tubulações e peças de transporte de gás. A quantidade de empregados que estão ou podem ficar expostos a agentes biológicos deve ser limitada àqueles realmente necessários para a tarefa em curso. Antes de executar trabalhos em áreas perigosas de sistemas de alimentação da usina, é necessário verificar se este trabalho pode ser executado por apenas um profissional. Em particular, é importante assegurar que os sistemas de alimentação não entrem em funcionamento automaticamente, durante os serviços de manutenção.

Durante o processo de abastecimento, é comum acrescentarem-se aditivos/materiais auxiliares (p. ex., níquel, selênio) à matéria-prima. Como regra geral,

o uso destes deve ser restrito ao mínimo necessário. Caso seu uso seja inevitável, devem-se usar os tipos de emissão zero ou baixa (p. ex., produtos granulados ou revestidos ao invés de produtos em pó), e documentar este uso. Medidas adequadas deverão ser tomadas para evitar o manuseio livre de aditivos e materiais auxiliares. A exposição de empregados a estes produtos deve ser evitada ou ao menos reduzida ao mínimo possível por meio de medidas técnicas e organizacionais. Os tipos de trabalho com aditivos e materiais auxiliares com maior probabilidade de apresentar riscos são:

1. inspeção visual de embalagens por danos, verificação de aceitação;
2. descarregamento de veículos de entrega, transporte interno na usina, armazenamento;
3. retirada de armazenamento, preparação para o uso, utilização;
4. remoção de impurezas;
5. trabalhos de manutenção, p. ex., no sistema de medição, e
6. descarte ou devolução de embalagens.



Classificação de zonas Ex

Se houver um sistema transportador helicoidal para alimentação de matéria-prima instalado abaixo da superfície do líquido no digestor, deve-se atender aos seguintes requisitos:

- ▶ limitação da taxa de fluxo de retirada e verificação diária no nível de abastecimento, ou
- ▶ se o nível de abastecimento estiver abaixo do mínimo, um alarme deverá soar automaticamente e a retirada deverá ser interrompida para que o sistema permaneça abaixo do nível do líquido.

Não há necessidade de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.

No caso de sistemas de alimentação de líquidos (silagem diluída com matéria-prima líquida para ser bombeável), a possibilidade da formação de uma atmosfera potencialmente explosiva perigosa não pode ser descartada. Medidas adicionais de proteção contra explosões (ventilação, monitoramento da concentração de CH_4 , etc.) são necessárias na proximidade do alimentador.

2. Requisitos para sistemas de tratamento de substrato

Os seguintes métodos de tratamento de substrato poderão ser usados, a depender da engenharia de processos:

- ▶ sistemas mecânicos;
- ▶ sistemas químicos;
- ▶ sistemas biotecnológicos.



Medidas de proteção técnicas

Quaisquer peças giratórias deverão ser projetadas de forma que medidas técnicas (p. ex., cobertura de proteção) evitem que pessoas possam tocar, ser puxadas ou caíam no seu interior.



Medidas de proteção organizacionais

Onde houver sistemas mecânicos, deverão ser avaliados os riscos causados por peças móveis ou voadoras e perigo de queda no seu interior, especialmente durante o trabalho de manutenção. Onde houver uso de sistemas químicos, por exemplo, aditivos e materiais auxiliares, as fichas de segurança dos fabricantes e distribuidores deverão ser observadas. Ao usar substâncias perigosas (p. ex., elementos residuais), deve-se assegurar seu armazenamento e medição em sistemas fechados para minimizar emissões.



Classificação de zonas Ex

→ Veja Classificação de zonas Ex para tanques de retenção/câmaras preliminares (seção 3).



Tanque preliminar

Requisitos específicos

3. Requisitos para tanques de retenção/câmaras preliminares



Medidas de proteção técnicas

Tanques de retenção/câmaras preliminares de substrato no interior de prédios deverão ser equipados com unidades de extração adequadas (p. ex., protegidas contra explosões) com pelo menos cinco trocas de ar por hora e monitoramento de fluxo com alarme em caso de falha.



Medidas de proteção organizacionais

O equipamento para extração dos gases deverá ser ligado automaticamente durante o processo de abastecimento. Aberturas nos tanques de alimentação deverão permanecer fechadas exceto durante o processo de abastecimento.



O funcionamento satisfatório da unidade de extração deverá ser verificado antes do comissionamento e os resultados deverão ser documentados.



Classificação de zonas Ex

- ▶ **Tanques de retenção/câmaras preliminares:**
Câmara ou tanque, aberto ou fechado, para o recebimento, armazenamento temporário e alimentação de matéria-prima, em alguns casos envolvendo a mistura ou recirculação do substrato ou material digerido, com ou sem aquecimento.
Não há necessidade de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.
- ▶ **Tanques de retenção/câmaras preliminares abertas externas:**
Câmara ou tanque para lodo, aberto em toda sua extensão, com ou sem cobertura flutuante (sem aquecimento, sem recirculação de substrato e sem recirculação de material digerido), não é possível acumular gás.
Não há necessidade de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.
- ▶ **Tanques de retenção/câmaras preliminares fechadas externas:** Câmara ou tanque com cobertura estanque; mesmo assim, pequenos vazamentos podem ser detectados nos estágios iniciais com testes periódicos; deslocamento adequado de gás em relação ao sistema de gás para evitar sobrecarga e sobrepressão de forma confiável; alimentação estanque de matéria-prima abaixo da superfície do substrato. Recipientes fechados deste tipo também incluem recipientes com recirculação, mistura e aquecimento de substrato.
Não há necessidade de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.
- ▶ **Interior de tanques de retenção/câmaras preliminares fechadas:**
Zona: mesma zona com requisitos mais elevados no sistema de gás associado.
- ▶ **Arredores de tanques de retenção/câmaras preliminares fechadas:**
Não há necessidade de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.
- ▶ **Tanques de retenção/câmaras preliminares cobertas externas sem recirculação de substrato e sem aquecimento:**
Recipiente não-estanque sem conexão com o sistema de gás. Tem aberturas para alimentação.
Não há necessidade de classificação de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.
- ▶ **Tanques de retenção/câmaras preliminares para substratos facilmente degradáveis:**
Matérias-primas facilmente degradáveis incluem resíduos biológicos líquidos e pastosos. Uma taxa de fluxo adequada (p. ex., pelo menos cinco trocas de ar da câmara de pré-digestão) é alcançada com extração monitorada.
Zona 2: interior.
Sem zona: exterior.
- ▶ **Tanques de retenção/câmaras preliminares para lodo com nível máximo abaixo do solo:**
Uma abertura suficientemente grande, p. ex., por meio de grades; produção de gás muito baixa por conta da baixa temperatura.
Zona 2: interior.
Sem zona: exterior.
- ▶ **Área com abertura de tamanho insuficiente:**
A troca de ar ocorre somente durante as operações de abastecimento e esvaziamento. Produção de gás muito baixa por conta da baixa temperatura.
Zona 1: interior.
Zona 2: nas áreas próximas às aberturas.

4. Requisitos para o digestor



Medidas de proteção técnicas

A análise estrutural dos reservatórios de concreto deve considerar as tensões térmicas esperadas, em função do tipo de isolamento planejado e da temperatura do substrato.

Em usinas onde podem ocorrer vazamentos acima do nível do solo adjacente, é comprovadamente benéfico construir um muro de contenção para reter o material em caso de falhas operacionais até que as medidas de segurança apropriadas entrem em vigor, garantindo a retenção do volume do tanque maior. Isto não se aplica a instalações de armazenamento de matéria-prima sólida. O muro de contenção não precisa ser completamente fechado; poderá ter forma de muro parcial se assim garantir a retenção do material vazado. A base no interior do muro poderá ser de solo coesivo ou de área pavimentada, por exemplo, com concreto e asfalto.

As aberturas de acesso deverão ter um diâmetro interno mínimo de DN 800 (conforme ISO 7608) ou dimensões mínimas de 600 x 800 mm. Caso seja necessário entrar num tanque para serviços de manutenção ou reparos, a ventilação adequada deverá ser garantida; as mesmas medidas de segurança são necessárias para o acesso a câmaras de inspeção. Estas aberturas deverão ser consideradas no conceito estático do digestor.

Deve-se permitir que todo tanque (incluindo tanques de retenção de material pré-digerido/câmaras preliminares) que contém gás, substrato ou material digerido seja desligado individualmente do restante do sistema, em qualquer direção.

Os digestores primários e secundários deverão ter um sistema de monitoramento de nível para evitar que o nível máximo seja excedido, por exemplo, pelos substratos digeridos que estão sendo alimentados no reservatório de material digerido por meio de um extravasor com proteção antigeeada, ou que o nível máximo dos tanques não fique limitado com o uso de um extravasor.

Deve-se ter um cuidado especial com relação à proteção contra explosões na operação de tanques que tenham níveis de enchimento que oscilem muito, como digestores secundários ou reservatórios herméticos de biogás, por exemplo.



Interior de um digestor antes do comissionamento

FONTE: SCHMACK



Um acidente em uma usina de biogás

FONTE: JÜRGEN WINDMEIER



Medidas de proteção organizacionais

As peças visíveis do tanque deverão ser inspecionadas periodicamente para evitar vazamentos e, do mesmo modo, deve ser inspecionada a estanqueidade das janelas de inspeção (Vide a seção sobre inspeções e testes para mais detalhes).

Agitadores submersos e bombas submersas devem sempre estar submersos quando em uso. Instruções de operação adequadas deverão garantir que isto ocorra.



Classificação de zonas Ex

Interior do digestor

O tanque está sempre cheio de gás e é operado com pressão positiva, e se houver queda de pressão, há risco de entrada de oxigênio atmosférico.

Requisitos específicos

A entrada de oxigênio é impedida das seguintes formas:

- ▶ Garantir a produção de gás, p. ex., pela alimentação regular de matéria-prima.
- ▶ Garantir a estanqueidade e estabilidade do compartimento.
- ▶ Monitorar o nível de substrato, interrompendo a retirada da fase líquida, conforme necessário (ponto de isolamento de gás).
- ▶ Assegurar a operação com pressão positiva, mesmo em caso de uma queda brusca de temperatura, p. ex., por meio de:
 - i. deslocamento adequado de gás em relação ao gasômetro;
 - ii. monitoramento constante de sobrepressão de gás e da retirada de gás conforme necessário; e
 - iii. variação adequada do volume do gasômetro.
- ▶ Além disso, onde houver tetos de membrana dupla inflável, deve-se garantir que a pressão atmosférica é inferior à do gasômetro, garantindo a estanqueidade e a estabilidade da membrana interna.
Não há necessidade de classificação de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.

No caso da implementação das medidas acima, mas sem todas as medidas de monitoramento e garantia de aplicação de pressão positiva, as seguintes condições se aplicam:

- ▶ É identificada a ocorrência de atmosferas potencialmente explosivas, e medidas são tomadas para que estas atmosferas ocorram raramente e por curtos períodos.
Zona 2: acima do nível do substrato no interior.

Interrupções previsíveis ou estados operacionais relativos a processos ocasionais podem permitir a entrada de ar no interior do digestor, resultando em concentração abaixo do LSE.

- ▶ A ocorrência de atmosferas potencialmente explosivas é possível ocasionalmente.
Zona 1: acima do nível do substrato no interior.

Agitadores e dutos para eixos e reguladores de agitadores, p. ex., mecanismos de cabos

Agitadores e bombas submersas devem oferecer um grau de proteção IP 68, conforme a norma DIN EN 60529. Requisitos materiais relativos à corrosão, às forças de cisalhamento e à estabilidade térmica devem ser considerados ao escolher os agitadores.

- ▶ Dutos, tecnicamente estanques, em combinação com verificações e manutenção regulares, ou agitadores imersos abaixo do nível do líquido/substrato.
Não há necessidade de classificação de zonas.

- ▶ Dutos, tecnicamente estanques, acima do nível do líquido/substrato.
Zona 2: 1 m ao redor da imersão.

Extravasador

- ▶ Extravasador com transportadora de rosca.
Zona: conforme compartimento de gás seguinte.
- ▶ Extravasador de pico de pressão com limitação física do ar injetado (limitação de volume e limitação de fluxo).
Zona 0: na tubulação e ao redor do extravasador.
- ▶ Extravasador de pico de pressão com limitação física do ar injetado.
Zona 0: na tubulação e no digestor.

No entorno de janelas de inspeção, em ambientes internos

- ▶ Escotilhas e janelas de inspeção devem ser montadas de forma estanque no digestor e permanecer estanques, conforme declaração do fabricante.
Não há zona.
- ▶ Janelas de inspeção permanentemente estanques, verificações de vazamentos regulares conforme instruções do fabricante.
Não há zona.
- ▶ Janelas de inspeção permanentemente estanques, mas sem rotina de verificação de vazamentos.
Zona 1: imediações próximas.
Zona 2: restante da área.

Armazenamento de material digerido com ligação ao sistema de gás

A entrada de ar no sistema de gás pode ser prevenida das seguintes maneiras:

- ▶ Garantir a operação com pressão positiva, mesmo durante a retirada do material digerido, p. ex., por meio do monitoramento constante da sobrepressão do gás e do fechamento de tubos de extração de gás e pontos de extração da fase líquida;
- ▶ Extração de material digerido de forma planejada e monitorada, especialmente por meio da
 - ▷ garantia do fornecimento de gás;
 - ▷ inspeção visual em membranas de borracha etileno-propileno dieno monômero (EPDM) ou monitoramento do nível de enchimento de gás em sistemas de dupla membrana ou gasômetros rígidos;
 - ▷ redução (estrangulamento) da unidade CHP;

- ▶ interrupção da extração de material digerido no nível mínimo de gás.
- ▶ Garantia dos ajustes técnicos necessários por meio de inspeção inicial e periódica, p. ex., com câmara de gás e agentes espumantes ou um detector de gases adequado;
- ▶ No caso de tetos flutuantes, são necessárias medidas adicionais, detalhadas na seção sobre gasômetro.
No interior, **mesma zona** do sistema de gás.

Quando a operação com pressão positiva não puder ser garantida, durante a remoção do material digerido, aplica-se o seguinte:

Zona 1: no interior do tanque de armazenamento de material digerido e do sistema de gás a ele conectado.

5. Requisitos para o gasômetro



Medidas de proteção técnicas

Gasômetros deverão ser herméticos, estanques e resistentes ao ambiente, à luz ultravioleta, à temperatura e ao clima (tempestades, neve, etc.), conforme necessário. Com relação especificamente à carga de ventos e neve, é essencial que o fabricante forneça um projeto específico para o local.

Gasômetros devem estar ligados ao sistema de transporte de gás, com dispositivos de proteção contra sobrepessão e subpressão.

Os gasômetros e seus equipamentos devem estar protegidos contra danos mecânicos. Para prevenir danos de veículos em áreas vulneráveis, o gasômetro e seus equipamentos deverão estar protegidos, por exemplo, por barreiras contra impactos, áreas intransponíveis, barreiras ou demarcação de distância de segurança. Uma forma de cumprir este requisito é instalar uma cerca de segurança ao redor do gasômetro. Caso a cerca fique a menos de 850 mm de distância, deve-se garantir que, mesmo com esta distância, o gasômetro fique protegido. A cerca de segurança deverá formar uma barreira intransponível, feita, por exemplo, de tela de arame, com uma altura mínima de 1,50 m.

Especialmente no caso gasômetros feitos de membranas plásticas, devem-se cumprir os seguintes requisitos ao escolher os materiais:

- ▶ Resistência mínima à ruptura de $\frac{500 \text{ N}}{5 \text{ cm}}$ ou resistência tênsil de $\frac{250 \text{ N}}{5 \text{ cm}}$
- ▶ Permeabilidade para metano $< \frac{1000 \text{ m}^3}{(\text{m}^2 \times \text{d} \times \text{bar})}$
- ▶ Estabilidade térmica do material para a aplicação específica (processo de digestão mesofílica e termofílica);



FONTE: ADSOLUTIONS

Lagoa anaeróbia na Costa Rica

- ▶ Devem ser efetuados testes de vazamento nos gasômetros antes do comissionamento.

Sobretudo em usinas de biogás operando com sistema de lagoas, as grandes áreas superficiais dos digestores e gasômetros representam novas exigências de segurança.

- ▶ Tanto para proteger o meio ambiente quanto por questões de segurança, a conexão entre o gasômetro e a lagoa anaeróbia deve ser estanque. O simples fechamento das membranas, por meio de sua cobertura com terra, pode ser inadequada. Para garantir a estanqueidade desta conexão, devem ser implementadas, periodicamente, medidas de proteção organizacionais (verificação de vazamentos no digestor/gasômetro com uso de espuma, detector de gás ou câmara infravermelha).

Requisitos específicos

- ▶ Gasômetros ligados a lagoas anaeróbias têm uma área superficial muito grande e, portanto, um risco de vazamentos potencialmente mais elevado (formação de bordas, atrito, rasgos, etc.). Portanto, todas as superfícies devem ser inspecionadas para detecção de vazamentos periodicamente (ao menos anualmente). Câmeras infravermelhas são úteis para este fim, porque tornam desnecessário inspecionar as membranas.
- ▶ Devido ao tamanho da área superficial, há perigos adicionais da exposição ao vento e da ruptura das membranas. Os gasômetros deverão, portanto, ser equipados com proteção adicional para evitar que isto aconteça.



Medidas de proteção organizacionais

O gasômetro deve ser testado quanto à sua estanqueidade antes do comissionamento, após reparos e em intervalos apropriados.



A operação correta de sistemas de armazenamento de gás requer uma documentação completa e verificações e serviços de manutenção periódicos.

Em caso de manutenção e reparos em gasômetros de lona simples ou de membrana dupla, a lona ou membrana não deve ser pisada. Cargas deste tipo, como o peso de uma pessoa, só serão permitidas após o fornecimento de prova de estabilidade e uma análise de risco para as atividades a serem executadas durante o serviço de manutenção e reparo. No âmbito da análise de risco, deve-se focar especialmente nas medidas de proteção contra quedas.



Classificação de zonas Ex

Sistema de suporte (sustentação) do ar

O sistema suporte de ar inclui o vão, a entrada de ar, a saída de ar e o soprador.

- ▶ A saída de ar é monitorada por um sistema de detecção de gás com alarme para identificar uma fuga repentina de gás e com um detector adequado de gás para identificar uma fuga gradual de gás.
Zona 2: no interior do sistema de ar e 3 m ao redor das entradas e saídas de ar.
- ▶ A saída de ar é monitorada contra uma fuga gradual de gás por meio de um detector de gás adequado.
Zona 1: no interior do sistema de ar.

Zona 2: 3 m ao redor das entradas e saídas de ar.

- ▶ Soprador (nenhum fluxo cruzado através do vão). Portanto, é possível o acúmulo de uma concentração ocasional de biogás difundido e a sua brusca liberação, quando a membrana é erguida ou o soprador desligado). O acúmulo de concentrações em determinados momentos é evitado pela ventilação resultante de variações de pressão.

Zona 0: no vão.

Zona 1: 3 m ao redor das aberturas.

Arredores externos das conexões dos gasômetros de membrana ao ar livre

- ▶ A conexão é à prova de vazamentos, combinada com medidas organizacionais adequadas, e sua estanqueidade verificada periodicamente. A flange de conexão é raramente aberta. A estanqueidade, a longo prazo, é assegurada por: emprego de vedações adequadas ao valor da pressão, prevenção da perda de pressão nas conexões de flange, projeto com resistência à precipitação e às cargas de vento a medidas de proteção organizacionais. Pressão máxima de 5 mbar (5 hPa) (dependendo do sistema de fixação). Vedações resistentes a biogás devem ser utilizados e sua estanqueidade verificada inicial e periodicamente, p. ex., por meio de câmera de gás e verificações subsequentes com agentes espumantes ou detector de gases adequado.

Não há zona: no exterior.

- ▶ Conforme apresentado anteriormente, mas a conexão é aberta habitualmente.

Zona 2: 2 m ao redor da conexão.

Arredores de sistemas de membrana simples

- ▶ Estanqueidade combinada com medidas organizacionais adequadas. Monitoramento inicial e periódico, p. ex., com câmera de gás e verificação com agentes espumantes ou detector de gases adequado.

Não há zona.

- ▶ Conforme apresentado anteriormente, mas sem medidas organizacionais adequadas e sem verificação periódica.

Zona 2: 3 m ao redor do gasômetro e 2 m abaixo, a 45°.

6. Requisitos para estruturas de madeira em sistemas de armazenamento de gás

É comum o uso de estruturas de madeira como subestrutura em sistemas de armazenamento de gás. Telhados de madeira em sistemas de armazenamento de biogás são expostos a condições específicas e avarias visualmente imperceptíveis na madeira reduzem a capacidade de carga das vigas de modo que estas podem falhar sem aviso. Assim, deve-se adotar uma abordagem especial de verificação de estabilidade estrutural para garantir a segurança de todos os envolvidos em trabalhos de manutenção/inspeção.



Medidas de proteção técnicas

Sempre que se utilizarem estruturas de telhados de madeira, é importante assegurar que os cálculos estruturais contemplem o ambiente atípico, a saturação com água e depósitos de enxofre. De forma a garantir a estabilidade da estrutura de madeira, devem ser instalados reforços entre as vigas. Também é necessário utilizar madeira de qualidade adequada, cortada com precisão.

O sistema de apoio das vigas de madeira deverá ser projetado de forma que as vigas permaneçam fixas em caso de deformação.



Medidas de proteção organizacionais

Para garantir a estabilidade de estruturas de telhados de madeira, verificações e inspeções visuais regulares devem ser feitas durante a operação, a fim de identificar anomalias. Caso o tanque seja aberto por razões operacionais, um teste de carga deverá ser feito antes da entrada de pessoal.

Verificações regulares em estruturas de telhados de madeira:

- ▶ Inspeção visual periódica, por meio de janelas de inspeção, pelos responsáveis (operador, pessoa indicada pelo operador ou firma especializada), por:
 - ▷ deformação evidente, irregularidades, rachaduras ou lascas, para descartar perigo aparente durante etapas subsequentes de inspeção.
- ▶ Verificação periódica para identificação de anomalias durante a operação, pelos responsáveis (operador, pessoa indicada pelo operador ou firma especializada), por:
 - ▷ danos ou avarias em agitadores, transportadores tipo rosca, etc.

- ▷ pedaços de madeira em bombas, telas de separação ou separadores.

O objetivo é detectar danos num estágio inicial e evitar consequências econômicas.

▶ Verificações ad hoc.

Verificações executadas durante a abertura do tanque por motivos operacionais, efetuadas pelos responsáveis (operador, pessoa indicada pelo operador ou firma especializada):

- ▷ Um teste de carga deverá ser realizado antes de pisarem a estrutura de telhado de madeira.
- ▷ O teste de carga deverá ser executado com uma carga calculada conforme a fórmula a seguir em pelo menos três pontos significativos do vão (centro de uma viga na direção longitudinal). Caso a área toda seja afetada, testes de carga deverão ser realizados a cada três vigas e em vigas particularmente evidentes ou deformadas. A carga de teste deverá ser aplicada ao vão por um período mínimo de três minutos. Isto poderá ser feito com um guindaste, por exemplo.

O método para calcular a carga de teste para verificar a capacidade estrutural de vigas de madeira é:

▶ Com revestimento nas vigas:

Área para aplicar a carga:

$$A = e \times \frac{R}{2} \text{ (m}^2\text{)}$$

e = espaçamento entre vigas

R = raio em metros

Carga de teste (carga concentrada no vão):

$$P = A \times \frac{75}{2} \text{ (kg)}$$

Carga de teste mínima: 200 kg de carga concentrada por pessoa, em cada viga onde pessoas irão caminhar.

▶ Sem revestimento nas vigas:

Neste caso, a carga poderá ser produzida, por exemplo, com uma paleta e um tanque de água, colocado nas vigas de apoio (12/12 cm).

$$\text{Área para aplicar a carga: } A = e \times \frac{R}{2} \text{ (m}^2\text{)}$$

Carga de teste (carga concentrada no vão):

$$P = A \times \frac{75}{2} \text{ (kg)}$$

Carga de teste mínima: 200 kg de carga concentrada por pessoa, em cada viga onde pessoas irão caminhar.



FONTE: ÖKOBIT GMBH

Estrutura de telhado de madeira em um digestor

Requisitos específicos

7. Requisitos para salas de instalação de gasômetros



Medidas de proteção técnicas

Salas para instalação de gasômetros deverão ter entradas e saídas de ar permanentes que permitam ventilação cruzada. Quando for utilizada a ventilação natural, a entrada de ar deverá ser próxima ao piso e a saída de ar na parede oposta, próxima ao teto.



Medidas de proteção organizacionais

A determinação de autorização é essencial antes de qualquer trabalho em áreas de risco. Deverá haver permissão por escrito para trabalho envolvendo o uso de chama aberta.



Classificação de zonas Ex

O balão de gás (bag de gás) é posicionado no chão e protegido por uma estrutura fixa. A estrutura é acessível por todas as direções mesmo quando o balão está cheio.

Em áreas internas

- ▶ Ventilação constante no espaço entre o balão (bag) e a estrutura; monitoramento da vazão e concentração; instalação de um dispositivo de proteção contra sobrepressão e instalação de um pressostato de baixa pressão.
Zona 2: No interior da estrutura e 3 m ao redor de aberturas para outras salas, e ao redor de aberturas para o ar livre, exceto nos dispositivos de proteção contra sobrepressão. No interior, mesma zona do sistema de gás.
- ▶ Ventilação natural da área entre o balão e a estrutura; instalação de um dispositivo de proteção contra sobrepressão e instalação de um pressostato de baixa pressão.
Zona 1: no interior da estrutura.
Zona 2: 3 m ao redor de todas as aberturas. No interior, mesma zona do sistema de gás.

Áreas externas

O zoneamento de áreas externas é essencialmente o mesmo de áreas internas. Entretanto, as condições meteorológicas externas permitem definir uma zona com requisitos inferiores àqueles em áreas internas comparáveis, ou ainda reduzir o alcance da zona.



Gasômetro

Quando houver um sistema de ventilação, deve-se assegurar que a extração de ar seja feita a partir da região do teto. O ar extraído deverá ser expelido diretamente para a atmosfera. O sistema de ventilação forçada deverá ser dimensionado de forma que o volume máximo admissível de gás seja diluído a uma concentração máxima de gás de 20% LSE na sala de instalação do gasômetro.

As entradas e saídas de ar deverão ter as seguintes dimensões mínimas:

Volume de gás	Seção transversal
até 100 m ³	700 cm ²
até 200 m ³	1000 cm ²
acima de 200 m ³	2000 cm ²

As portas deverão abrir para fora e poder ser trancadas. As distâncias de segurança definidas na seção de proteção contra incêndio deverão ser observadas.

8. Requisitos para o sistema de transporte de substrato da usina de biogás



Medidas de proteção técnicas

A tubulação de transporte de substrato (incluindo conexões, válvulas, flanges, vedações e equipamento transportador) em usinas de biogás deverá ser estanque e suficientemente resistente às influências mecânicas, químicas e térmicas esperadas durante sua vida útil. Deverá ser travada longitudinalmente e à prova de geada.

Os tubos deverão ser instalados de forma que sua posição não poderá ser alterada inadvertidamente. Não deverão ser usados como suporte de outras tubulações ou cargas e não deverão estar fixados em outras tubulações. Conexões e juntas removíveis deverão ser instaladas em pontos fixos. A tubulação (incluindo conexões, válvulas, flanges, vedações e equipamento transportador) deverá ser de material adequado; sua adequação e fabricação correta deverão ser comprovados e documentados pelo fabricante conforme as normas técnicas em vigor.

O material de cada tubo deverá ser escolhido conforme as propriedades químicas dos substratos transportados (onde aplicável, deve-se considerar possíveis alterações no substrato utilizado), a temperatura e a pressão operacionais. Dependendo da área de aplicação, metal (aço, aço inoxidável) e/ou termoplásticos (PVC-U [não sendo canos de esgoto subterrâneo], PE, PP) podem ser considerados. Os dutos deverão ser protegidos contra corrosão externa e radiação UV, quando aplicável, a depender do material e local de instalação. A tubulação deverá ser planejada, projetada e instalada de forma que possa ser inspecionada e testada antes do comissionamento e periodicamente

(levando em conta testes de pressão e prevendo todos os equipamentos necessários de fechamento para testes).

A tubulação de transporte de substrato deverá ser calculada e projetada em conformidade com as normas vigentes. Todas as forças e influências externas (p. ex., carga viva, cargas em tubos conectados, vibração, picos de pressão, ventos/neve) deverão ser consideradas para o cálculo e projeto da tubulação de transporte de substrato, seus componentes e estruturas de apoio. Onde for possível, a tubulação de transporte de substrato acima do solo deverá estar fora de áreas de tráfego e carga e descarga; onde isto não for possível, deverá ser protegida contra danos mecânicos por meio de protetores de impacto.

A tubulação deverá ser instalada em conformidade com os padrões de trabalho profissional reconhecidos. O trabalho de montagem deverá ser feito por especialistas devidamente qualificados. Peças pré-fabricadas devem ser usadas para conexões (com tubos e dutos). Os tubos deverão ser fixados aos prédios de forma que a subsidência, por exemplo, não afete a estanqueidade das juntas. Suportes de parede deverão utilizar sistemas de dutos incorporados às paredes e protegidos para prevenir que sejam empurrados para fora. As instruções de instalação fornecidas pelos fabricantes de tubos e sistemas de suporte deverão ser observadas. Onde necessário, os tubos deverão ser fixados para evitar que sejam levantados. Se for impossível garantir que a pressão máxima não seja excedida, medidas para prevenir a pressão excessiva na tubulação deverão ser tomadas. Para prevenir uma descarga acidental de um tanque em virtude de uma falha na tubu-

DICA: Canos PVC-U

PVC não é resistente a UV e sua resistência ao impacto é baixa. Seu armazenamento e processamento adequados são essenciais sempre que for utilizado, o que significa sempre seguir as instruções (do fabricante, por exemplo) de instalação e processamento. Os instaladores deverão sempre comprovar ter os conhecimentos exigidos. Cobre não é resistente ao biogás; a experiência mostra que latão e bronze são adequados (tubos de esgoto em PVC disponíveis comercialmente não são adequados porque sua rigidez estrutural corresponde a uma pressão máxima de somente 500 hPa (0,5 bar)).

Todos os tubos, acessórios e conexões deverão ter uma rigidez estrutural mínima de 1.000 hPa (1 bar).

Como regra geral, devem-se usar tubos de aço. Tubos plásticos podem ser usados em áreas externas, se instalados abaixo do solo ou acima do solo como conexão com gasômetros de membrana plástica e como conexões como o digestor. Tubos plásticos deverão ser protegidos contra danos mecânicos e térmicos e, conforme necessário, contra radiação UV.

Requisitos específicos

lação abaixo do nível do líquido, deve-se permitir que o tubo seja desligado diretamente na base do tanque por meio de uma válvula de gaveta.



Medidas de proteção organizacionais

Um layout do caminho da tubulação (incluindo posição e tipo de válvulas, acessórios, conexões e apoios) deverá ser elaborado contendo o material e as dimen-

sões da tubulação, a disposição dos tubos e a integração da tubulação com a usina de biogás.

Válvulas de gaveta, especialmente aquelas em equipamentos de abastecimento, e outros equipamentos de fechamento (aberturas para inspeção e bombas) deverão ser protegidos contra abertura não autorizada.

O operador deverá inspecionar periodicamente todos os tubos visíveis e documentar a inspeção.

9. Requisitos para o sistema de transporte de biogás da usina



Tubulação de gás (e identificação)



Medidas de proteção técnicas

O sistema de transporte de gás de uma usina de biogás deve estar protegido contra influências químicas, climáticas e – em áreas vulneráveis – influências mecânicas e danos (p. ex., proteção contra impactos em áreas com movimento de veículos).

A tubulação de gás deverá atender às normas nacionais e o fabricante deve atestar a fabricação correta, adequação para o biogás e estanqueidade, por exemplo. Os requisitos resultantes da análise estrutural (ventos, carga de neve, etc.) deverão ser considerados ao selecionar materiais e calcular vãos. As instruções de instalação fornecidas pelos fabricantes de tubos e suportes de parede deverão ser seguidas ao transportar prédios (p. ex., com tubos de gás e substrato) e para equipamentos de engenharia hidráulica como

digestores, dutos de condensado e outras estruturas.

Em tubos conectados a equipamentos de consumo como caldeiras, flares e unidades CHP, dispositivos corta-chama deverão ser instalados o mais próximo possível dos equipamentos.

Juntas de encaixe que não sejam travadas longitudinalmente deverão ser protegidas contra o arranque, conforme o aumento de pressão. Conexões de tubos deverão ser travadas longitudinalmente.

Danos mecânicos, em virtude de assentamento (por exemplo, para suportes de parede), deverão ser prevenidos com o uso de suportes e conexões adequadas. Se o gás for úmido, é necessário garantir que os tubos estejam protegidos contra geada. Tubos de descarga de condensado deverão ser projetados para ser à prova de gelo e operacionais permanentemente. Tubos ligados ao gasômetro no interior da sala de instalação são considerados parte do gasômetro.

Duas válvulas de fechamento deverão ser instaladas na tubulação de gás antes de cada motor. As válvulas deverão fechar automaticamente quando o motor para. O vão deverá ser inspecionado periodicamente para checar vazamentos. Caso o fornecimento de gás para o motor tenha uma pressão constante (> 5 mbar) mesmo desligado, é necessário o uso de monitoramento automático.



Medidas de proteção organizacionais

Todos os tubos deverão ser identificados, indicando o material transportado e a direção do fluxo. Quando disponíveis, as respectivas normas nacionais devem ser seguidas.

A localização de gasodutos subterrâneos deverá ser identificada com fita de advertência de gasodutos. A conformidade de tubos flexíveis ligando a unidade CHP e os componentes do sistema de alimentação de ar do sistema de resfriamento deverá ser atestada pelo fabricante da unidade CHP.

Pontos de conexão em gasodutos para equipamentos móveis, como flares móveis, deverão ser instalados com válvulas corta-chama. A válvula de vedação deverá ser instalada antes do equipamento móvel, seguindo a direção do fluxo de gás. Deverá ser possível operá-la de forma segura.



Classification des zones Ex

Gasodutos

- ▶ Tubos transportando biogás (estanques/à prova de vazamentos); inspeção periódica dos componentes da planta para identificação de vazamentos.

Mesma zona dos componentes conectados da planta.

- ▶ Tubos transportando biogás (estanques/à prova de vazamentos); inspeção periódica dos componentes da planta para identificação de vazamentos, mas uma atmosfera potencialmente explosiva poderá ocorrer em componentes conectados da planta. A entrada de atmosferas potencialmente explosivas na tubulação é evitada pelo isolamento automático do sistema de gás.

Mesma zona dos componentes conectados.

10. Requisitos para purgadores de condensado



Medidas de proteção técnicas

Deverá ser possível inspecionar e fazer manutenção em purgadores de condensado com facilidade e segurança, sem ter que entrar em poços ou fossos. Escadas permanentes não são permitidas, salvo nos poços de condensado que tenham ventilação forçada. Além disso, o acesso a estes poços só poderá ser permitido após medidas de liberação.

O projeto do purgador e as medidas de manutenção deverão garantir que a fuga de gás seja evitada em todos os estados operacionais. A tubulação de descarga de condensado deverá ser à prova de gelo e permanentemente operacional.

Os sistemas de selos hídricos deverão ser projetados de forma que o líquido selante não possa escapar quando o sistema for acionado, voltando automaticamente. O nível de enchimento do selo corresponde a uma pressão mínima de 15 hPa (150 mm de coluna de água ou 15 mbar) acima da pressão de acionamento do dispositivo e é monitorada usando instrumentação de medição.



Medidas de proteção organizacionais

Devem ser considerados os requisitos aplicáveis quando o trabalho é realizado por somente um operador (vide seção sobre medidas de proteção).



Classificação de zonas Ex

Em áreas internas

- ▶ Evita-se o escape de gás pelo uso de sistemas de drenagem fechados, i.e., travas com válvulas de corte duplo interligadas; ambientes com ventilação natural.

Não há necessidade de zonas.

- ▶ Se houver torneira de descarga ou selo hídrico aberto, pode ocorrer a formação de uma atmosfera explosiva, como consequência da perfuração ou da secagem dos selos hídricos, ou devido a um erro operacional. Descarga para ambientes fechados; ambiente com ventilação técnica.

Zona 2: em todo o ambiente.

- ▶ Se houver torneira de descarga ou selo hídrico aberto, pode-se esperar a formação de uma atmosfera explosiva como consequência da perfuração ou secagem dos selos hídricos, ou devido a um erro operacional. Descarga para ambientes fechados; ambiente com ventilação natural.

Zona 1: em todo o ambiente.

Zona 2: 1 m ao redor de aberturas do ambiente fechado.

Áreas externas

- ▶ Torneiras de descarga externas, ou bicos externos de separadores de condensado interiores.

Zona 1: 1 m ao redor do bico de descarga.

Zona 2: 2 m seguintes ao redor do bico de descarga.

Requisitos específicos

11. Requisitos para dispositivos de proteção contra sobrepressão/subpressão



FONTE: MT ENERGIE

Dispositivo de proteção contra sobrepressão num biodigestor



Medidas de proteção técnicas

Todo tanque de gás à prova de vazamento deve ter, ao menos, um dispositivo de proteção para prevenir que a pressão ultrapasse os limites máximo ou mínimo. Todo e qualquer gás, se e quando liberado, deve ser eliminado com segurança. Um dispositivo independente de monitoramento de baixa pressão no sistema de gás ou outra medida similar deve ser usado para garantir o desligamento seguro dos equipamentos consumidores de gás ou do sistema de remoção de substrato ou material digerido, além de um sinal de alarme. Em caso de sobrepressão no sistema de gás, (gasômetro, gasodutos, etc.), como regra geral, deve-se ter um equipamento alternativo para consumo de gás (p. ex., queimador) de forma a evitar a liberação descontrolada de biogás (vide seção Requisitos para flares de gás). Também, não deve ser permitido interromper o fornecimento de gás para o dispositivo de proteção contra sobrepressão e subpressão. Além disto, estes dispositivos devem ser à prova de geada.

Deve ser possível inspecionar e efetuar manutenção nos dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão de forma fácil e segura (escada fixa no lugar de móvel).

A presença da espuma do substrato no interior do digestor ou do tanque é uma falha operacional que poderá ter um efeito negativo no funcionamento dos dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão.

Isto deverá ser prevenido com medidas técnicas e organizacionais. Quebras/danos causados por espuma devem ser prevenidos pelo fornecimento (por exemplo) de dispositivos de detecção de rompimentos, dispositivos de alívio de pressão ou de espaço de armazenamento adequado.

A adequação de dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão deverá ser comprovada por meio de cálculos verificáveis e uma descrição funcional. Caso seja projetado para ser imerso, o tanque não deverá funcionar vazio, seco ou congelado. Selos hídricos usados como dispositivos de segurança deverão ser projetados de forma que o líquido selante retorne automaticamente em caso de sobrepressão ou subpressão. O fechamento automático de dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão também deverá ser garantido em sistemas mecânicos e hidráulicos.

Todo gás liberado em caso de sobrepressão deverá ser eliminado com segurança, para cima ou para o lado. Os tubos de descarga de dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão deverão descarregar numa altura mínima de 3 m acima do solo ou do nível operacional e 1 m acima do telhado ou borda do gasômetro, ou a uma distância mínima de 5 m de prédios e vias públicas.



Medidas de proteção organizacionais

Dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão deverão ser inspecionados conforme planos de manutenção (vide seção sobre inspeções e testes).



Classificação de zonas Ex

Uma zona Ex deverá ser designada ao redor da abertura do tubo de descarga, conforme a frequência e a duração da ocorrência de atmosferas potencialmente explosivas. Requisitos gerais:

- ▶ A descarga do dispositivo de proteção contra sobrepressão e subpressão está a mais de 3 m acima da plataforma de controle (nível de inspeção) e 1 m acima da borda superior do gasômetro com uma capacidade de descarga de até 250 m³/h; fluxo seguro e desimpedido para cima ou para o lado. O dispositivo de proteção contra sobrepressão é inspecionado regularmente (p. ex., diariamente) para garantir o funcionamento adequado.

Não há necessidade de zonas.

- ▶ Restrição de resposta do dispositivo de proteção contra sobrepressão e subpressão e limitação de descarga por monitoramento automático do nível de gás para operação com reserva de volume residual ou consumo variável, p. ex., unidade CHP com reserva de potência, e combustão por equipamento adicional de consumo de gás antes da resposta do dispositivo de proteção contra sobrepressão ou subpressão.

Zona 2: 3 m ao redor da abertura de descarga.

- ▶ Restrição de resposta do dispositivo de proteção contra sobrepressão e subpressão e limitação de descarga por monitoramento automático do nível de gás para operação com reserva de volume residual ou consumo variável, p. ex., unidade CHP com reserva de potência, e combustão por equipamento adicional de consumo de gás antes da resposta do dispositivo de proteção contra sobrepressão ou subpressão, mas nem todas estas medidas podem ser implementadas:

Zona 1: 1 m.

Zona 2: 2 m seguintes ao redor da abertura de descarga do dispositivo de proteção.

12. Requisitos para purificação do gás

Normalmente, o biogás é tratado antes do uso. Além de filtros finos, isto quase sempre envolve o uso de sistemas de dessulfurização.

12.1. Dessulfurização interna por meio da injeção de ar no digestor



Medidas de proteção técnicas

Caso a dessulfurização ocorra por meio da injeção de ar no digestor, o ar injetado deverá ser espacial e proporcionalmente distribuído de forma que, mesmo que ocorram falhas no sistema de controle de vazão de ar, não seja possível bombear uma vazão total de ar maior que 6% da produção de biogás no mesmo período de tempo. Uma válvula de retenção deve ser usada na tubulação para o reservatório de gás, o mais próximo possível do reservatório. Não deverá haver outras conexões além de uma válvula de vedação entre a válvula de retenção e o reservatório. O espaço entre a válvula de retenção e a bomba dosadora deverá ser despressurizado para uma área externa segura em caso de parada da bomba, quando houver risco de fuga de gás para uma área interna.



Medidas de proteção organizacionais

Verificação regular do teor de oxigênio por meio da medição do fluxo volumétrico de oxigênio e verificação de plausibilidade da produção de gás ou medição periódica do teor de oxigênio usando um analisador de gás.



Classificação de zonas Ex

- ▶ Ar injetado no interior do digestor. Conexões entre a tubulação e o digestor permanentemente estanques. Injeção de ar protegida contra refluxo e com distribuição espacial; volume de ar máx. < 6% do volume de biogás_{nominal}. Limitação no fluxo de ar garantida por meios técnicos, p. ex., capacidade máxima do compressor.

Zona 0: somente próximo às aberturas de injeção de ar e zona próxima ao sistema de gás.

12.2. Dessulfurização interna por dosagem de compostos de ferros

Caso a dessulfurização ocorra pela adição de compostos de ferros ao digestor (p. ex., cloreto de ferro), as instruções do fabricante deverão ser seguidas conforme descrito no folheto de segurança. Como compostos de ferro costumam ter um efeito corrosivo, os materiais com os quais entram em contato deverão ser resistentes a eles.

12.3. Dessulfurização externa com materiais ferrosos ou carvão ativado

Materiais ferrosos ou carvão ativado são frequentemente usados para a dessulfurização externa do biogás. Estes materiais são capazes de acumular compostos de enxofre. Há risco de aquecimento espontâneo, quando estes filtros são removidos e regenerados.

Requisitos específicos



Medidas de proteção técnicas

Para permitir a análise constante da capacidade funcional do carvão ativado e de outros materiais, incluindo durante a operação, recomenda-se fortemente a instalação de um sistema de monitoramento adequado (p. ex., analisador de gases).



Medidas de proteção organizacionais

Se o uso de materiais ferrosos ou carvão ativado for inevitável, deve-se utilizar os do tipo emissão zero ou baixa (p. ex., produtos granulados ou revestidos no lugar de produtos em pó).



Classificação de zonas Ex

Proximidades de unidades externas de dessulfurização (fora do digestor)

Ao ar livre

- ▶ Sistema de dessulfurização tecnicamente estanque.

Não há necessidade de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.

Áreas internas

- ▶ Sistema de dessulfurização tecnicamente estanque.

Zona 2: em todo o ambiente.

13. Requisitos para análise de gás

Diversos sistemas de análise de gás são utilizados na prática, com distinção entre sistemas móveis e fixos, e sistemas manuais e automáticos. Os constituintes de gás normalmente detectados são: CH₄, CO₂, H₂S et O₂.



Medidas de proteção técnicas

O gás analisado deverá ser descarregado para o ar livre ou devolvido ao fluxo de gás. Caso contrário, deverá ser instalado um sistema de ventilação forçada com uma taxa de troca de ar mínima que garanta diluição adequada do maior volume de gás possível ou as instalações de gás deverão ser deslocadas para o local de instalação da unidade CHP.



Medidas de proteção organizacionais

É recomendado efetuar manutenção e calibração periódicas dos sistemas de análise de gás conforme instruções do fabricante.



Classificação de zonas Ex

- ▶ O gás analisado é descarregado para o ar livre.

Zona 2: ao redor da abertura de descarga.

- ▶ Analisador de gases estanque combinado com medidas organizacionais adequadas, testes de estanqueidade periódicos e ventilação adequada no ambiente.

Não há necessidade de zonas, exceto no caso de especificação de classificação diferente nas instruções do fabricante.

14. Requisitos para conexões e dispositivos de segurança expostos a gás

Usinas de biogás contêm diversas conexões e dispositivos de segurança expostos a gás, incluindo:

- ▶ dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão;
- ▶ protetor contra chamas;
- ▶ válvula de gaveta;
- ▶ ponto de amostra;
- ▶ válvula de corte;
- ▶ filtro de impurezas;
- ▶ etc.



Medidas de proteção técnicas

Conexões, dispositivos de segurança e componentes da usina expostos a gás deverão ser instalados à prova de geada conforme as normas nacionais e deverão ser

inspecionados para evitar vazamentos. Devem, ainda, ser resistentes ao material transportado, à corrosão e à pressão.



Medidas de proteção organizacionais

Válvulas e conexões deverão permitir trabalhos de manutenção por um operador numa posição segura. Conexões para retirada de gás deverão ser protegidas contra abertura não autorizada e insegura, por meio do uso de manoplas com tranca, por exemplo.

As instruções operacionais deverão indicar que dispositivos de segurança precisam ser inspecionados após interrupções nas operações e periodicamente durante a operação normal, levando em conta as instruções do fabricante.

15. Requisitos para flares de gás

Para evitar a liberação de metano prejudicial ao meio ambiente, diversas normas nacionais exigem que usinas de biogás mantenham equipamentos alternativos de consumo de gás (utilização térmica). Sistemas de flares normalmente são usados para este fim. Há diferentes tipos de flares, que podem ser essencialmente divididos em três categorias: abertos, enclausurados (>850°C) e enclausurados de alta temperatura (>1,000°C).



Medidas de proteção técnicas

Sistemas de flares destinados para uso como equipamento de consumo de gás deverão estar aptos para funcionamento contínuo e ter capacidade compatível com a produção máxima de biogás. Os flares costumam ser acionados pelo nível de enchimento do gasômetro, por controle de pressão ou por meio de atuador externo. Os intervalos de ignição deverão ser assegurados por tecnologia de controle aprovada. Todo flare deverá ter uma válvula de segurança (abertura lenta/fechamento rápido, normalmente fechada) para evitar o fluxo descontrolado de ar para o sistema de gás da usina. O fechamento rápido é executado em menos de um segundo. O sistema de flares deverá atender aos

requisitos gerais da usina para componentes expostos a gás (tecnicamente estanques, resistentes à corrosão, à prova de geada – incluindo o tubo de descarga de condensado – em conformidade com os requisitos de proteção contra explosão). Flares deverão estar equipados com protetor contra chamas (DIN EN ISO 16852), que deverá ser instalado o mais próximo possível do equipamento.

A resistência ao calor dos materiais utilizados deverá ser levada em consideração. Para tanto, as recomendações do fabricante ou o certificado de inspeção deverão ser apresentados. A pressão mínima necessária para fornecimento de gás (pressão de fluxo de biogás) ao flare deverá ser estabelecida entre o fabricante e o operador do flare. Pressão insuficiente do gás poderá levar à extinção da chama,



Flare de gás

Requisitos específicos



Flare de gás

especialmente quando há muito vento ou em algumas condições operacionais, como flutuação do nível de gás no gasômetro. Em flares automáticos, é recomendável uma pressão de intervenção mínima de 10 hPa (0,01 bar). Se não for possível garantir uma pressão mínima a montante do flare, deverá ser previsto equipamento apropriado para corrigir esta pressão (p. ex., pressurizador de gás, válvula de controle de pressão). Para casos de emergência e trabalhos de manutenção externos, deve ser possível o desligamento manual do fornecimento de biogás ao sistema de flares, em ponto o mais próximo possível do local de instalação do equipamento de consumo. As posições aberta e fechada deverão estar identificadas.

Deverá ser possível operar os flares de forma confiável, independentemente do fornecimento de energia da rede elétrica (fora da rede, p. ex., com baterias, fornecimento de energia de emergência ou outra me-

da organizacional por parte do operador), a fim de evitar a liberação de biogás não queimado. Sistemas de flares deverão ser configurados e posicionados de forma a não trazer perigo pelas chamas, gases ou peças quentes. Os flares devem ser situados de tal forma que a chama seja soprada para longe do gasômetro, dos dispositivos de alívio de pressão, dos prédios e das vias públicas, em condições de vento predominante.

Os gases de exaustão do flare deverão ser descarregados acima do nível do telhado, com escoamento livre ou por meio de um tubo de descarga com separação mínima de 5 metros de prédios e vias públicas, com uma altura mínima de 3 metros acima do solo.



Medidas de proteção organizacionais

O flare deverá ser inspecionado, quanto a sua estanqueidade e correto funcionamento de seu equipamento de segurança e monitoramento, em intervalos regulares. As instruções do fabricante para comissionamento, operação e manutenção devem ser seguidas.



Classificação de zonas Ex

▶ O escape de gás para o ambiente, quando a chama está apagada, é evitado pelo acionamento de um sistema de desligamento automático aliado a um dispositivo automático de ignição e monitoramento da chama (ignição automática). Um protetor contra chamas deverá estar instalado no gasoduto a montante do queimador.

Não há necessidade de zonas.

16. Requisitos para sistemas de controle de processos e sistemas de instrumentação e controle (I&C)



Medidas de proteção técnicas

Sistemas de controle com funções de segurança devem ser projetados à prova de falhas, exceto quando houver um sistema redundante, por exemplo, um dispositivo mecânico de proteção contra sobrepressão ou um extravasor para proteger contra transbordo.

Em caso de falha de energia auxiliar (energia elétrica, hidráulica ou pneumática), desligamento de seguran-

ça ou ativação do botão de emergência, a usina ou os respectivos componentes deverão entrar em um estado seguro. O estado seguro poderá ser alcançado por meio de medidas de engenharia de controle, medidas hidráulicas ou medidas mecânicas.

Exemplos:

- ▶ Fechamento de válvulas automáticas fora da sala de instalação da unidade CHP.
- ▶ Desligamento de compressores de gás.

- ▶ Desconexão de todos os equipamentos não protegidos contra explosão nas salas expostas a gás (p. ex., unidade CHP, purificadores de gás, etc.).
- ▶ Fechamento de válvulas de gaveta para evitar o refluxo de substrato para o sistema de alimentação (p. ex., pré-digestor, estábulos, etc.).
- ▶ Possibilidade de desligamento de equipamentos de alimentação externos, no caso de pane no sistema, para prevenir o transbordo.
- ▶ Uma queda no nível de enchimento não poderá causar uma fuga descontrolada de gás, por exemplo, no sistema de alimentação.

Os componentes de segurança do sistema de controle deverão seguir os padrões atualmente aplicáveis para equipamentos e máquinas elétricas e seus equivalentes. Uma análise de risco e perigo deverá ser executada conforme as normas nacionais.



Medidas de proteção organizacionais

Os requisitos para o funcionamento seguro dos equipamentos de instrumentação e controle (I&C) deverão ser estabelecidos, determinados e documentados com base na análise de risco.

17. Requisitos para engenharia elétrica

17.1. Ligação equipotencial

As respectivas normas nacionais se aplicam a todas as instalações e quadros elétricos.

Para evitar a criação de uma diferença de potencial, todos os componentes condutores de eletricidade da usina deverão estar interligados e ligados ao condutor de proteção e à compensação de potencial.

DICA

É sempre recomendável ter todas as instalações elétricas inspecionadas por um eletricista qualificado antes do comissionamento e em intervalos regulares. Mais detalhes, vide seção sobre inspeções e testes.

rão ser projetadas para manter os efeitos de campos eletromagnéticos a um nível seguro.

- ▶ O acúmulo perigoso de pós condutores em equipamento elétrico deverá ser evitado, por exemplo, por meio de um aumento da resistência à poeira nos equipamentos.
- ▶ Deverão ser tomadas medidas adequadas para prevenir a entrada de fontes de ignição em áreas de riscos por meio de cabos e ligações elétricas. Cabos e ligações não deverão ter conexões em áreas de risco. Caso não seja possível, as conexões deverão ser feitas dentro de coberturas com proteção adequada à zona ou deverão ser protegidas com caixas de junção apropriadas.
- ▶ Descargas de eletricidade estática devem ser evitadas quando puderem ser uma fonte de ignição.
- ▶ Processos geradores de altas cargas produzem cargas em níveis tão elevados que podem causar descargas que induzam à ignição. O uso de objetos ou equipamentos feitos de material isolante deverá ser evitado em áreas de risco. Onde não for possível utilizar objetos ou equipamentos feitos de material condutivo ou dissipativo, deverão ser tomadas medidas para evitar a carga elétrica.



Medidas de proteção técnicas

As medidas de proteção a seguir devem ser adotadas para evitar diferenças de potencial:

- ▶ Os terminais e conectores de cabos deverão ser adequados aos respectivos tipos de proteção contra ignição. Além disso, instalações e equipamentos elétricos deverão ser projetados e instalados para permitir acesso fácil para inspeção, testes e manutenção.
- ▶ Cabos e ligações elétricas deverão ser fixados separadamente de tubulação, exceto para sistemas de aquecimento elétrico. Instalações elétricas deve-

DICA

Medidas possíveis incluem revestimentos condutivos ou dissipativos, fios condutivos em tecidos, contenção de áreas superficiais ou medidas organizacionais eficazes.



Requisitos específicos



Medidas de proteção organizacionais

O operador da usina deverá assegurar que somente pessoas com treinamento profissional, conhecimentos e experiência para reconhecer os riscos elétricos e tomar as devidas medidas de segurança e saúde ocupacional tenham acesso às áreas de risco de instalações elétricas, e que outras pessoas só possam entrar nas áreas de risco acompanhadas pelas pessoas descritas acima.

O operador da usina deverá, também, assegurar que todas as instalações e equipamentos elétricos utilizados são adequados para uso sob as cargas e tensões causadas pelas condições ambientais e operacionais no local de trabalho.

17.2. Medidas de proteção em caso de falta de energia

Como parte da análise de risco, é importante elaborar uma lista completa de potenciais riscos para cada usina de biogás individualmente e determinar as medidas de proteção necessárias para cada situação específica. No trecho a seguir, o foco é voltado aos riscos apresentados e às medidas a serem tomadas no caso de falha no fornecimento de energia elétrica.



Medidas de proteção técnicas

Para garantir o fornecimento de energia de emergência à usina de biogás, o primeiro requisito é uma instalação tolerante a falhas (p. ex., protegida contra inundações ou vazamentos de substrato no interior do muro de contenção).

Adicionalmente, a instalação elétrica da usina de biogás deve ser verificada quanto à ativação rápida de agitadores e outros componentes importantes. Deve-se dar atenção às quedas de energia causadas por tempestades, por exemplo: se componentes importantes como controladores lógicos programáveis (CLPs), conversores de frequência, fontes de energia 24 volts ou relés de parada de emergência não puderem ser ativados, medidas adicionais de proteção deverão ser tomadas. Preferencialmente, agitadores e outros componentes importantes devem ser acionados em paralelo com o sistema de controle da usina, usando uma instalação simples sem CLPs ou conversores de frequência (p. ex., operação somente com conectores simples e proteção de motores).

Em usinas de biogás relativamente grandes com diversos componentes (como sistemas de processamento de gás), os sistemas de flares não são necessariamente controlados nem abastecidos pela usina de biogás. Nestes casos, deve-se analisar como iniciar o sistema de flares de forma simples no caso de queda total de energia.

Para poder garantir o fornecimento de energia confiável, é de extrema importância determinar a energia necessária para sustentar os processos essenciais. Isto inclui:

- ▶ Definir todos os processos que devem continuar funcionando em caso de falta de energia.
- ▶ Estabelecer o período de tempo que estes processos precisam continuar funcionando para evitar riscos.
- ▶ Determinar a demanda energética que deve ser atendida por uma fonte de alimentação ininterrupta (nobreak):
 - ▷ tecnologia da informação;
 - ▷ sistemas de alarme;
 - ▷ telecomunicações;
 - ▷ iluminação de emergência, etc.
- ▶ Determinar a quantidade total de energia necessária para suportar processos operacionais críticos:
 - ▷ tecnologia da informação (todos os acima);
 - ▷ controle do sistema;
 - ▷ agitadores;
 - ▷ equipamentos de consumo de gás (incluindo compressor, se houver);
 - ▷ iluminação.

Definir a estratégia correta para o uso de energia emergencial também é importante. Diversas opções são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Vantagens e desvantagens de diversas estratégias de energia emergencial.

	Vantagens	Desvantagens
Gerador fixo com armazenamento próprio de combustível	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Disponibilidade ▶ Possibilidade de partida automática ▶ Menores chances de erro no comissionamento 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Necessidade de manutenção periódica
Gerador móvel com armazenamento próprio de combustível	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Poderá ser usado para outros fins por períodos curtos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Geralmente menor que geradores fixos ▶ Requer conhecimentos básicos de eletricidade (envolve diversos procedimentos de ligação) ▶ Carga de trabalho maior em caso de emergência, se comparado a um gerador fixo (obter o gerador e conectar cabos à usina de biogás)
Unidade móvel de energia movida por trator (conexão na tomada de força)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Alta disponibilidade ▶ Baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exige ainda mais conhecimentos de eletricidade (campo rotativo, potência máxima, ligação equipotencial, estabilidade do sistema de energia, etc.) e exige diversos procedimentos de ligação ▶ Carga de trabalho ainda maior em caso de emergência, se comparado a um gerador móvel (obter o gerador, cabos, trator) ▶ O trator deverá ser compatível com o gerador (tomada de força, velocidade de rotação, potência necessária)



Medidas de proteção organizacionais

Diversas medidas organizacionais adicionais deverão ser tomadas para garantir o fornecimento de energia emergencial.

Definir um plano emergencial para queda de energia composto de:

- ▶ organograma (estrutura organizacional);
- ▶ definição de responsabilidades, incluindo números de telefone, acordos de plantão e suas tarefas e competências;
- ▶ descrição de tarefas;
- ▶ níveis de alarme e canais de tomada de decisão (procedimentos organizacionais);
- ▶ definição de quais locais de trabalho podem ser usados e quais estão expostos a riscos (p. ex., dispositivos de proteção contra sobrepressão e subpressão).

Adicionalmente, empregados deverão receber treinamentos e orientações periódicas, com comprovação por escrito, sobre situações de perigo específicas. A experiência adquirida deverá ser incorporada à estratégia de emergência.

Planos de inspeção e manutenção deverão ser atualizados periodicamente. Também é importante verificar se as especificações de geradores e fontes de alimentação ininterrupta (nobreaks) atendem a requisitos de capacidade e qualidade. Além disso, testes funcionais do combustível são necessários.

A qualidade do óleo diesel, especificamente, poderá diminuir em virtude de condições climáticas e deterioração.

É importante, portanto, compilar um conjunto de instruções operacionais contendo uma descrição detalhada de operação e manutenção (incluindo planos para operação com energia emergencial e simulações). Durante operação emergencial é essencial verificar se todas as cargas relacionadas estão recebendo energia (usando uma lista de verificação; incluindo conexão de telefone). Para este fim, uma pessoa deverá ser indicada (se possível um agente de segurança operacional) para ser responsável pela operação e manutenção do sistema de energia emergencial.

O acesso a geradores móveis deverá ser possível sem obstáculos e sua localização deverá ser especificada e protegida. Quando o gerador for utilizado, um eletricista capacitado deverá estar presente para um teste

Requisitos específicos

inicial em operação isolada ou para uma simulação de uso de energia emergencial. O gerador deverá estar devidamente aterrado para evitar o disparo de disjuntores diferenciais. A identificação do quadro elétrico deverá ser de fácil compreensão.

Caso o gerador seja usado por mais de um estabelecimento ou tipo de estabelecimento:

- ▶ garantir que, durante a operação emergencial, cada usuário poderá utilizar uma quantidade mínima de energia pré-definida;
- ▶ tomar medidas técnicas para garantir que, durante a operação emergencial, cada usuário não possa exceder uma quantidade máxima de energia pré-definida.

18. Requisitos para proteção contra raios

A questão de proteção contra raios em usinas de biogás deverá ser gerida conforme as normas nacionais e o risco local de queda de raios. Há uma distinção básica entre proteção contra raios interna e externa. Proteção interna contra raios previne danos de surtos no interior das instalações. Proteção externa contra raios com para-raios evita a queda de raios que poderiam atingir as instalações diretamente.



Medidas de proteção técnicas

Usinas de biogás deveriam ter, ao menos, proteção interna contra raios. Um protetor de surtos (proteção interna contra raios) e ligação equipotencial consistente são necessários para as instalações elétricas e

equipamentos de controle eletrônico, processamento de dados e telecomunicações. A experiência comprova que proteção externa contra raios (para-raios, sistemas de aterramento, etc.) não costuma ser necessária.



Medidas de proteção organizacionais

A questão de proteção contra raios deverá ser levada em consideração na análise de risco para a construção e operação da usina de biogás.



A norma DIN EN 62305 traz mais informações relativas à proteção contra raios.

19. Requisitos para salas com componentes de transporte de substrato ou de gás

Salas com componentes de transporte de substrato ou de gás incluem a sala de instalação da unidade CHP, salas de bombas, etc.



Medidas de proteção técnicas

Requisitos gerais

Como regra geral, estações de manutenção e controle, além dos controles de válvulas, agitadores e equipamentos de bombeamento e lavagem deverão ser situados acima do solo. Caso não seja possível, deverá haver ventilação forçada adequada com um mínimo de cinco trocas de ar por hora.

Requisitos para sala de instalação de unidade CHP

Caso não seja possível garantir a estanqueidade de todos os componentes de transporte de gás na sala de instalação de unidade CHP, as fontes de ignição deverão ser evitadas e zonas de proteção contra explosão deverão ser designadas conforme a necessidade. Zonas de proteção contra explosão em salas de instalação podem ser limitadas ou evitadas por medidas adicionais, como sistemas de ventilação forçada com monitoramento do fluxo de ar ou dispositivos de aviso de gás aliados à ventilação.

Dependendo da natureza do gás, o sensor do dispositivo de aviso de gás deverá ser montado acima ou próximo às possíveis fontes de fuga de gás, levando

Requisitos específicos

em consideração os efeitos do sistema de ventilação em seus diversos estados operacionais. As unidades de avaliação deverão ser instaladas fora da sala, sendo monitoradas.

O sistema de ventilação forçada deverá ser dimensionando de forma que o volume máximo possível de gás seja diluído a uma concentração máxima de 20% LIE na sala de instalação.

No limite de alarme de 20% LIE (0,9% v/v CH₄) no ar da sala, a resposta deverá ter avisos visuais e sonoros e uma ingestão ou extração de ar a 100% da capacidade.

Numa concentração de 40% LIE (1,8% v/v CH₄) no ar da sala, a resposta deverá ter avisos visuais e sonoros, ingestão ou extração de ar a 100% da capacidade e desligamento automático do fornecimento de gás fora da sala de instalação.

O dispositivo de aviso de gás deverá seguir operando após o segundo limiar de alarme, i.e., não deverá ser desligado.

Se for instalado um sistema de ventilação forçada, o ar deverá ser extraído da área próxima ao teto e expelido diretamente para a atmosfera.

DICA

A seção transversal mínima 'A' das entradas/saídas de ar da sala de instalação da unidade CHP pode ser obtida por meio da equação:

$$A = 10P + 175A = \text{seção transversal (cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{potência máxima declarada do gerador, kW}_{el}$$

Exemplos:

$$22 \text{ kW}_{el} = 395 \text{ cm}^2 \text{ et } 30 \text{ kW}_{el} = 475 \text{ cm}^2$$

Requisitos adicionais para salas de instalação de unidades CHP:

Salas de instalação de unidades CHP deverão ser dimensionadas de forma que as unidades CHP possam ser instaladas, operadas e mantidas adequadamente. Isto geralmente significa que as unidades CHP têm acesso por três lados. As portas deverão abrir no sentido do escape. Caso a unidade CHP seja instalada em um contêiner, sua substituição deverá ser possível sem dificuldades. Os parâmetros de fluxo de ar prescritos pelo fabricante da unidade CHP deverão ser possíveis de forma confiável na sala de instalação da unidade.

A unidade CHP deverá ser fixada ao seu suporte e instalada de forma que os níveis de vibração estejam dentro da faixa permissível para operação contínua.

Para mais informações sobre salas de instalação, veja a norma DIN ISO 10816-6.



Drenos de piso deverão ter retentores de óleo. Alternativamente, um tanque de coleta de óleo poderá ser instalado sob o motor.

Deverá ser possível desligar a unidade CHP a qualquer tempo, por meio de um interruptor iluminado no exterior da sala de instalação. O interruptor deverá ter indicação visível de 'Parada de Emergência – Unidade CHP' e deverá ser acessível. Os mesmos requisitos se aplicam a válvulas de desligamento de acionamento elétrico.

Duas válvulas de interrupção do fluxo deverão ser instaladas na tubulação de gás a montante de cada unidade, que deverão fechar automaticamente quando o motor parar. O vão deverá ser inspecionando periodicamente por vazamentos. Se o fornecimento para o motor mantiver uma pressão constante > 5 mbar (5 hPa), mesmo com o motor desligado, o monitoramento automático do vão será necessário.

As portas deverão abrir para fora e poder ser trancadas.



Medidas de proteção organizacionais

O dispositivo de aviso de gás deverá ser mantido conforme instruções do fabricante. Sistemas de detecção de gás deverão ser testados periodicamente, ao menos uma vez por ano. Instruções operacionais deverão ser elaboradas para casos de disparo do alarme de gás ou de falhas no dispositivo de aviso de gás.



Classification des zones Ex

Componentes de transporte de gás a prova de vazamento aliados a medidas organizacionais adequadas, inspeções periódicas por vazamentos. Monitoramento da sala de instalação por atmosferas potencialmente explosivas: p. ex., disparo de alarme e potência máxima do exaustor em 20% do LIE (ao menos cinco trocas de ar por hora), desligamento do fornecimento de gás em 40% do LIE.

Não há necessidade de zonas.

Inspeções e testes

Para assegurar a operação segura e duradoura da usina, inspeções e testes iniciais e recorrentes deverão ser efetuados periodicamente na usina, em seus componentes e na documentação.

Inspeções e testes podem ser divididos nos seguintes setores:

- ▶ segurança estrutural;
- ▶ proteção contra explosões;
- ▶ sistemas pressurizados;
- ▶ instalações elétricas;
- ▶ proteção de recursos hídricos;
- ▶ controle de poluição;
- ▶ segurança funcional;
- ▶ proteção contra incêndio;
- ▶ organização empresarial.

Inspeções e testes deverão ser executados por especialistas devidamente capacitados ou por pessoal qualificado para executar inspeções e testes. Além da capacitação e dos conhecimentos específicos (incluindo experiência profissional no campo do biogás), os inspetores deverão ter, à sua disposição, os equipamentos necessários para testes e inspeção. Deverá haver comprovação de conformidade com estes requisitos.

Respeitando as normas nacionais específicas, os tipos de inspeções e testes recomendados para usinas de biogás são:

1. Inspeção de documentos: verificação para assegurar que a documentação está completa, correta e atualizada.
2. Inspeção visual e testes funcionais: verificação para garantir que medidas de segurança técnicas e organizacionais estão completas, corretas e em perfeito funcionamento.



DICA

Dado o grande número de diferentes inspeções e testes periódicos é recomendável elaborar um plano demonstrando todas as inspeções e testes, juntamente com detalhes e contatos de cada inspetor/engenheiro responsável.

A Associação Alemã de Biogás considera as seguintes inspeções e testes presenciais em usinas de biogás como requisitos mínimos (veja Tabela 7):

Tabela 7: Requisitos mínimos de inspeções e testes recomendados pela Associação Alemã de Biogás

Objeto do teste	Periodicidade
Extintores de incêndio	A cada 2 anos
Equipamento de segurança (p. ex., equipamento de aviso de gás, sistemas de ventilação, equipamento de inertização)	Ao menos uma vez por ano
Aparelhos e sistemas de proteção e segurança	A cada 3 anos
Teste de proteção contra explosões (geral)	Antes do comissionamento e periodicamente ao menos a cada 6 anos
Inspeção de conformidade com legislação hídrica	Antes do comissionamento e a cada 5 anos, em áreas de proteção hídrica a cada 2,5 anos
Testes de segurança	Antes do comissionamento e a cada 3 ou 5 anos (a depender da aprovação)
Teste de equipamentos elétricos / inspeção 'E-Check'	A cada 4 anos
Reservatórios de pressão	Inspeção externa a cada 2 anos Inspeção interna a cada 5 anos Teste de resistência a cada 10 anos

Os resultados de inspeções e testes deverão ser documentados num relatório de testes, que deverá incluir ao menos as seguintes informações:

1. Identificação da usina.
2. Data da inspeção ou teste.
3. Tipo de inspeção ou teste.
4. Base para a inspeção ou teste.
5. Escopo da inspeção ou teste.
6. Eficácia e função das medidas de proteção tomadas.
7. Resultados do teste e data do próximo teste periódico.
8. Registros e certificados de testes deverão ser mantidos na usina sendo monitorada durante todo o seu funcionamento. Além disso, é recomendado manter uma cópia em outro local.

Beneficiamento do biogás

O biogás bruto produzido na usina passa por tratamento antes de sua utilização na unidade CHP (Figura 13). Este tratamento geralmente consiste na remoção da umidade (secagem), redução de H_2S e remoção de sólidos suspensos. Se for destinado para uso como substituto do gás natural, como combustível ou comprimido em cilindros de pressão, o biogás deverá passar por tratamento adicional que consiste principalmente na separação do metano e do dióxido de carbono, além da retirada de componentes gasosos indesejáveis (H_2S , NH_3 e vestígios de outros gases). O beneficiamento do biogás requer uma instalação adicional, cujos aspectos de segurança são explicados a seguir.

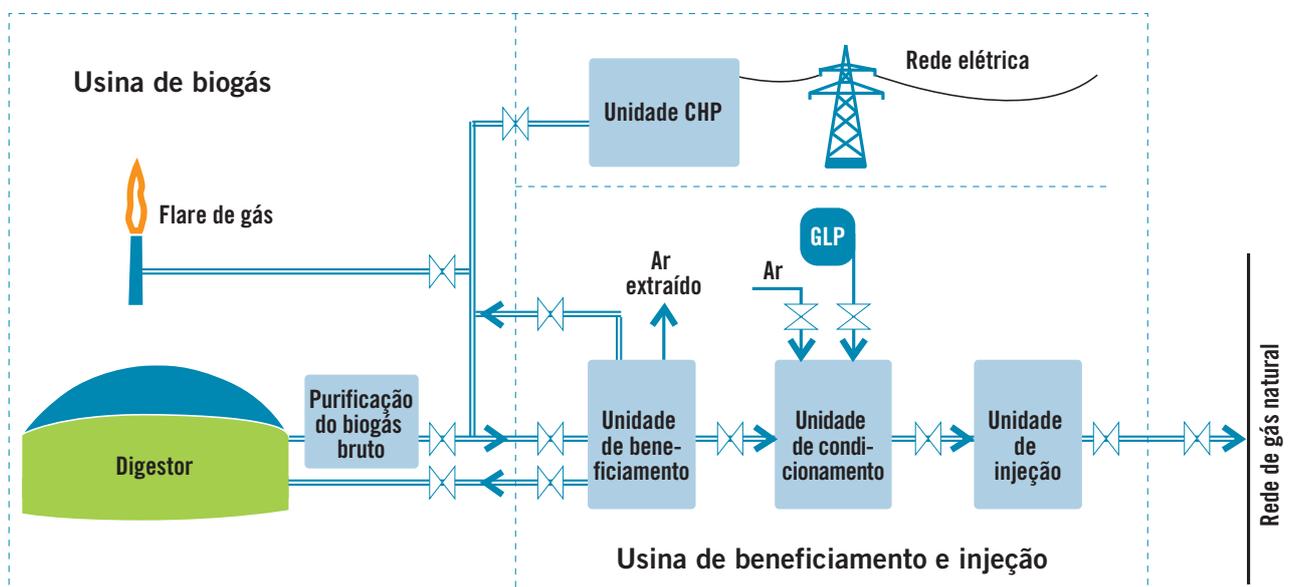
Como o biogás bruto é uma mistura de vários componentes desejáveis e indesejáveis, é necessário tratamento básico/preliminar e tratamento mais exigente ou beneficiamento. O tratamento básico do biogás normalmente ocorre na usina de geração do biogás (biodigestor), e o tratamento mais exigente na unidade de beneficiamento do biogás. Para adaptar o biogás beneficiado (biometano) aos padrões de qualidade da rede de gás natural e/ou aos requisitos de consumidores de gás natural (veículos movidos a gás natural, flares, unidade CHP, etc.), é necessário acondicionamento adicional (por exemplo, ajuste no teor de metano e poder calorífico, etc.), em função da legislação nacional. Isto deve ocorrer nas plantas de beneficiamento de biogás. Além disso, antes da injeção do biometano na rede de gás natural, são exigidas etapas complementares, tais como: ajuste de pressão, pressão de proteção, medição do gás e odorização se necessário.



Unidade de purificação de biogás

Em função da legislação nacional aplicável, partes distintas da planta de beneficiamento de biogás podem ter operadores distintos, com competências diversas, tais como: operador da usina de biogás, fornecedor de gás/operador da rede de gás ou autoridades competentes. As responsabilidades nas diversas partes da planta devem ser definidas conforme as competências e registradas por escrito.

Figura 13: Fluxograma de processos para uma planta de beneficiamento e injeção de biogás



Beneficiamento do biogás

As qualificações dos operadores e de seu pessoal designado para trabalhar nas usinas também deverão atender aos requisitos nacionais. Isso se aplica a empresas especializadas envolvidas no planejamento, construção, operação e manutenção das usinas. O treinamento periódico deve ser obrigatório para manter o conhecimento técnico atualizado de acordo com os requisitos técnicos e as mais recentes descobertas. Por razões organizacionais, é aconselhável elaborar uma estrutura organizacional da planta de beneficiamento como um todo.

Adicionalmente, devem ser elaborados procedimentos organizacionais (registro de falhas: verificações, causas, etc.), juntamente com a documentação operacional (treinamentos, inspeções, testes, incidentes, instruções de trabalho, etc.).



A ser documentado:

- ▶ *treinamentos e reuniões de instrução*
- ▶ *inspeções e testes*
- ▶ *incidentes*
- ▶ *instruções de trabalho*



Medidas de proteção técnicas

A odorização (adição de uma substância odorante) do gás natural/biometano é uma medida de segurança importante, porque o gás natural/biometano é quase inodoro. Para assegurar que vazamentos em tubulações ou componentes de instalações internas de gás sejam devidamente notados, odores específicos são adicionados ao gás natural purificado/biometano como medida de segurança. O odor do gás odorizado não deve, portanto, ser familiar, como odores de cozinha ou ambientes domésticos.

O biometano deverá ser adaptado para atender aos requisitos de odorização da rede na qual será injetado. Isto costuma envolver o uso de compostos orgânicos de enxofre altamente voláteis com cheiro típico, como o tetratrotiofeno (THT), que tem odor parecido com ovos podres, ou misturas de mercaptano.

Todas as normas nacionais devem ser observadas no planejamento, construção e manutenção da tubulação em plantas de biometano e áreas externas, além da seleção dos materiais utilizados. Todas estas etapas devem ser executadas por profissionais qualificados.

A escolha de componentes da planta deve ser realizada conforme requisitos práticos na planta (qualidade do gás, componentes corrosivos do gás, pressão interna, clima,

localização geográfica). Potenciais deformações, desvios e expansão linear deverão ser levadas em consideração ao instalar a tubulação, conforme as normas locais. Se for esperada a formação de condensação (principalmente em tubulações de biogás), a tubulação deverá ser instalada com inclinação e equipada com separadores de condensado nos pontos mais baixos.

É particularmente importante que pontos de entrada de tubulação em edifícios sejam resistentes à corrosão e à prova de tensão. Tubulações de transporte de gás deverão sempre ter proteção contra corrosão e ignição, ligação equipotencial, e deverão ser identificados por cores e etiquetas.

Tubos de gás potencialmente expostos a danos mecânicos (por exemplo, de veículos ou trânsito) devem estar devidamente protegidos por barreiras de proteção contra impactos. Se as tubulações de gás estiverem em propriedade de terceiros ou propriedade pública, devem-se obter as devidas permissões/concessões para a passagem pelo terreno (p. ex., estradas ou linhas férreas) e para a instalação da tubulação.

Todos os tubos de gás devem ser inspecionados antes da instalação para garantir seu perfeito estado. Devem ser observados regulamentos nacionais com relação à cobertura e à localização de tubos e preenchimento de valas com tubulações (p. ex., em locais com inclinação).

As tubulações de gás devem passar por um teste de pressão após a instalação inicial e após mudanças significativas, sempre em conformidade com as normas pertinentes (procedimento de teste, duração, meio e pressão do teste, pessoa com permissão para executar o teste, etc.). Se houver um aumento da pressão operacional durante o uso, as respectivas normas devem ser observadas.



Documentação para a tubulação:

- ▶ *detalhamento da especificação da tubulação (pressão, diâmetro nominal)*
- ▶ *registro de análise estrutural*
- ▶ *certificado de competência das empresas executoras*
- ▶ *plantas e desenhos atualizados das instalações e equipamentos*
- ▶ *livro de registro de soldagens e verificação de requisitos de qualidade*
- ▶ *relatórios de testes/certificados de aprovação*

Para trabalhos de manutenção, as instalações de gás deverão estar despressurizadas para o ar livre e inertes. Uma medida de liberação deverá ser executada antes do início dos trabalhos nas instalações de gás, a fim de evitar a formação de zonas Ex perigosas. Após trabalhos de manutenção e reparos e a antes da retomada da operação, a unidade deve passar por um teste de vazamentos e teste funcional. Estes testes devem ser executados por profissionais qualificados e devidamente documentados. Se necessário, o oxigênio contido na tubulação deve ser removido e o sistema lavado com gás de processo antes da retomada da operação, que deve ser coordenada, em conjunto, com os demais responsáveis pela planta.

Somente empresas especializadas aprovadas e trabalhadores qualificados poderão efetuar serviços de soldagem nos sistemas de transporte de gás. Descrições detalhadas dos equipamentos, aparelhos, procedimentos de teste, execução de serviços de soldagem e teste das soldas são descritas nas normas nacionais (na Alemanha: DVGW GW 350 e G472). Serviços de soldagem em sistemas de transporte de gás não são permitidos no interior das instalações da planta (poderá haver exceções justificadas).

Todos os trabalhos em componentes pressurizados da usina deverão obedecer às normas nacionais.



Medidas de proteção organizacionais

Se é esperada a formação de condensado, as tubulações e os sistemas de descarga de condensado deverão passar por manutenção e limpeza periódica. Tubulações expostas deverão ser inspecionadas anualmente em busca de vazamentos. Intervalos mais curtos devem ser planejados para compensadores e outros componentes especializados conforme necessário (análise de risco). A cada dois anos, as tubulações externas (incluindo suas proteções) deverão ser inspecionadas para garantir que estão em boas condições e livres de corrosão. Caso necessário, a proteção UV de tubos plásticos deverá ser reparada.

Plantas de biometano e seus componentes deverão passar por manutenção e reparos conforme instruções do fabricante (método, intervalos, etc.). Essencialmente, há três tipos de manutenção:

- ▶ manutenção planejada (intervalos fixos);
- ▶ manutenção baseada na condição/estado (após avaliação das condições da planta); e
- ▶ manutenção corretiva (após detecção de falhas).

Antes de qualquer trabalho de manutenção, é necessária uma análise de risco individual, com medidas de proteção especificadas. Isto deverá ser acordado com todos os operadores da usina (produção, purificação, tratamento e injeção do biogás).



Todas as pessoas autorizadas para efetuar trabalhos de manutenção devem ser qualificadas, aprovadas e confiáveis, e devem receber orientação especial. Isto se aplica tanto para empregados da própria planta, quanto para trabalhadores e empresas externas. As normas Alemãs exigem, por exemplo, que determinadas atividades, como testes funcionais, manutenção, reparos e retomada de operações, sejam sempre executadas por pelo menos duas pessoas, uma das quais deverá ter a experiência necessária e a outra deverá ter recebido as devidas orientações.

Trabalhos de manutenção e reparos deverão ser preparados sistematicamente. Isto significa que os equipamentos de proteção necessários (p. ex., proteção respiratória, dispositivos de alarme, extintores de incêndio, etc.) devem estar disponíveis. Também é aconselhável elaborar um programa de trabalho e plano geral, detalhando todas as atividades e componentes da usina considerados pertinentes. Conforme necessário, sistemas automatizados deverão ser passados para operação manual antes dos trabalhos de manutenção ou reparos.

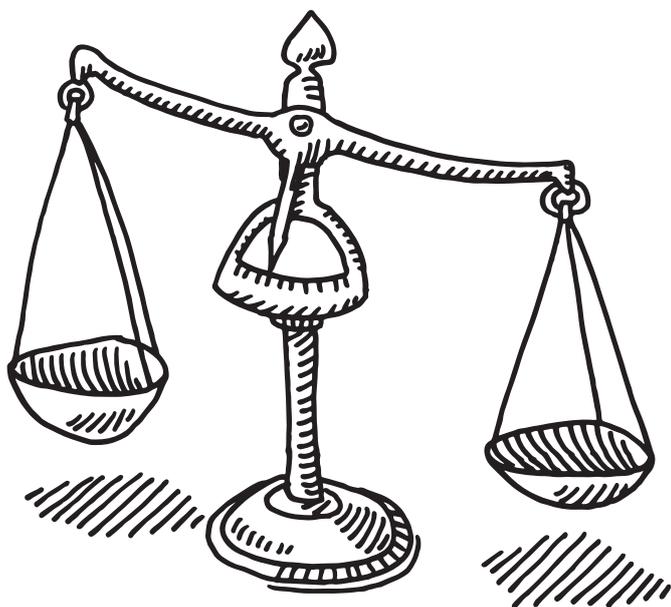
Deverá ser indicada uma pessoa como responsável pela operação segura e pela segurança da planta, com poderes para isso. Para evitar perigo, deve-se ter um serviço de plantão na própria planta ou por meio de um fornecedor externo para garantir um serviço de backup (24h/7 dias). Na Alemanha, por exemplo, os serviços de plantão devem estar na planta 30 minutos após acionados, de forma a responder a falhas prontamente.

Sistemas de instrumentação e controle (I&C) deverão ser inspecionados por um profissional qualificado ao menos uma vez por ano e após cada operação de manutenção, para garantir seu perfeito funcionamento. O operador da planta deverá elaborar um plano de teste para este propósito.

Todos os testes, medidas, relatórios, etc. deverão ser documentados por escrito ou eletronicamente e mantidos pelo tempo necessário (mínimo de dois ciclos de manutenção). Alterações estruturais na planta deverão ser documentadas. Outros testes deverão ser executados conforme os requisitos gerais de testes em usinas de biogás (segurança elétrica, proteção contra explosões, etc.).

Recomendações para operação segura da usina

Como o biogás é coberto por diversas áreas jurídicas (agricultura, gestão de resíduos, indústria de energia, saúde e segurança do trabalho, etc.) e é uma tecnologia relativamente nova, em muitos países, não há legislação específica para o biogás. O mesmo ocorre no campo da normatização internacional. Os primeiros esforços estão sendo feitos para desenvolver um conjunto de padrões e normas para o biogás (ISO 255 Normatização no campo do biogás).



FONTE: ISTOCK_FRANK RAMSPOTT

Associações industriais estabelecidas e reconhecidas têm um papel fundamental nos acordos e no desenvolvimento, introdução e implementação de padrões de segurança. Os interesses e necessidades dos grupos interessados da indústria do biogás poderão se reunir, de forma a alcançar o maior nível de aceitação. A Associação Alemã de Biogás, por exemplo, vem conduzindo debates sobre segurança no seu próprio grupo de trabalho desde a sua fundação, e vem emitido recomendações de segurança. O grupo de trabalho é composto por especialistas em diversas áreas relativas à segurança na indústria do biogás, trabalhando de forma voluntária. O grupo de trabalho apoia a Associação Alemã de Biogás e seus membros para lidar com questões e problemas.

No contexto internacional, há formas muito diferentes de lidar com as consequências de acidentes. Em alguns países, cada acidente, por menor que seja, é registrado e levado a sério, e suas causas são investigadas para evitar acidentes futuros sempre que pos-

sível. Nestes países, usinas de biogás são atualmente operadas com segurança. Em outros países, este não é o caso; frequentemente, o princípio costuma ser 'a vida é barata'. Os responsáveis nem sempre são responsabilizados. Estas diferenças na cultura da segurança são um fato crucial na operação segura de usinas de biogás. Esforços para criar e implementar normas para a operação segura do biogás deveriam ser estabelecidos rigorosamente em todos os países. Um elemento muito significativo do quadro jurídico para proteção da operação segura do biogás é a questão da responsabilidade. Em muitos países, quando ocorre um acidente há uma investigação minuciosa das suas causas e de quem são os responsáveis. Se o acidente for grave, a polícia, peritos especialistas, a brigada de incêndio, associações profissionais e outras instituições costumam estar envolvidas na investigação. A questão de quem é o responsável financeiro pelos danos também é relevante para companhias de seguros. Se regras e normas foram ignoradas, os responsáveis poderão sofrer graves penalidades (financeiras ou até prisão).

Infelizmente, em muitos países a questão da responsabilidade não é definida, ou as regras e normas não são aplicadas de forma consistente. Uma recomendação crucial, portanto, é que nos países onde há operação de usinas de biogás é essencial definir as responsabilidades em caso de acidente. Estas regras deverão ser aplicadas rigorosamente.

Normalmente, o operador de usinas de biogás tem uma grande parcela de responsabilidade. Ele é responsável pela operação segura da usina e normalmente poderá ser responsabilizado pessoalmente. Em caso de construções mal executadas, aprovações de forma indevida ou quebra de outras regras e normas, outras empresas ou instituições poderão ser responsabilizadas.

Recomendações para operação segura da usina

1. Recomendações para o quadro jurídico

- ▶ Para prevenir a sobreposição de questões de segurança e áreas de competência, o assunto da segurança em usinas de biogás deveria ser tratado por somente um ministério e suas agências e autoridades associadas.
- ▶ Na Alemanha, todos os aspectos legais relativos à construção, gestão de resíduos, segurança ambiental, ocupacional e industrial pertinentes à construção e operação de uma usina de biogás são examinados como parte do processo de licenciamento para usinas de biogás. Em muitos países, entretanto, não há instrumentos legais para permitir a inspeção abrangente e aprovação regulatória da mesma forma.
- ▶ Ao criar estruturas para estabelecer procedimentos de licenciamento abrangentes ou mesmo específicos para usinas de biogás, seria importante incluir os aspectos funcionais e de segurança (como planejamento especializado, projeto da usina, escolha de componentes, etc.) no processo de licenciamento. Isto também poderia ser avaliado por peritos especializados, onde inspeções oficiais não forem praticáveis.
- ▶ Para minimizar ou evitar problemas com procedimentos de licenciamento e supervisão de usinas de biogás de forma desconexa, é de extrema importância que usinas de biogás sejam tratadas da mesma forma em todo o país. É, portanto, recomendável desenvolver um quadro regulatório uniforme, de aplicação nacional (legislação, regulamentação ou código técnico). O quadro regulatório deverá definir o estado da arte para usinas de biogás, em consonância com requisitos internacionais. Deverá, ainda, conter todos os requisitos num único conjunto de normas e regulamentos, deverá ser de fácil acesso e compreensão e deverá ser atualizado periodicamente.
- ▶ Para garantir o funcionamento seguro de usinas de biogás, é recomendável lançar um sistema de peritos em avaliação de usinas de biogás para analisar o licenciamento de usinas de biogás e poder supervisionar o planejamento, construção e operação das usinas no momento do comissionamento e em intervalos regulares. A experiência adquirida das avaliações deverá ser coletada e analisada. Os resultados poderão compor a base para quaisquer ajustes necessários a serem feitos no quadro regulatório.
- ▶ Experiência de casos de danos ou acidentes deverão ser registradas e avaliadas com base em critérios uniformes. Estes resultados poderão fornecer informações úteis para desenvolver soluções para problemas e oportunidades de otimização. As últimas descobertas e revelações da indústria do biogás devem ser disponibilizadas em periódicos e folhetos técnicos e em conferências.
- ▶ Para garantir a operação segura de usinas de biogás, faz sentido cumprir com as normas e padrões europeus indicados nesta publicação, como a norma DIN EN 60529 (Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP)).
- ▶ Cooperação construtiva e positiva entre organizadores, operadores, autoridades e associações nacionais de biogás (por meio de grupos de trabalho, documentos de posicionamento, compartilhamento de experiências, etc.) é essencial para promover a operação segura de usinas de biogás.

2. Capacitação na indústria

- ▶ Operadores de usinas de biogás deverão completar uma capacitação em operações e segurança antes do comissionamento. O conteúdo desta capacitação deverá ser definido conforme parâmetros específicos da usina (tamanho, substrato, etc.), além das normas nacionais.
- ▶ Os conhecimentos no campo do biogás previamente adquiridos pelos operadores devem ser renovados periodicamente.
- ▶ Empresas especializadas envolvidas no planejamento, construção, operação e manutenção devem contar com conhecimento qualificado e reconhecido, que também deve ser atualizado periodicamente.
- ▶ Trabalhos executados em peças ou componentes perigosos devem ser efetuados por empresas qualificadas e especializadas, sob supervisão se necessário.

Anexos

Anexo 1: Análise de risco

Informações gerais sobre a usina de biogás						
Operador:			Tarefas atribuídas [data]:			
			Número de empregados:			
Data:						
Pessoas envolvidas na análise de risco:						
Assinaturas						
1. Parte geral						
1.1 Riscos gerais – organização						
Atividade	Risco	Medida de proteção	Cumprida			Implementada quem / quando
			Sim	Não	Não necessária	
Responsabilidade	Tarefas, responsabilidades e competências não estão claras ou bem definidas.	O operador é responsável por todas as tarefas, responsabilidades e competências. Desvios são documentados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Empresas externas são instruídas pelo operador.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Seleção de empregados	Contratação de pessoal não qualificado (danos à saúde, danos materiais).	Identificação da aptidão profissional antes da contratação.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Critérios de qualificação (p. ex., formação) são definidos e ponderados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Documentos obrigatórios são verificados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Empregados novos recebem treinamento inicial.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Trabalho sem formação e treinamento adequados	Pôr em perigo a si mesmo, outros empregados ou outras pessoas.	Somente empregados com treinamento adequado executam tarefas relevantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Empregados recebem medidas de treinamento continuado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Somente pessoal apto e capacitado é contratado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Instrução de segurança	Ignorar riscos ou medidas de proteção.	Funcionários recebem instruções sobre possíveis riscos e medidas de proteção antes do início do trabalho.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Horário de trabalho	Horários de trabalho, descanso e intervalos não são seguidos.	Horários de trabalho devem ser seguidos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Intervalos devem ser observados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Primeiros socorros	Ausência de primeiros socorros após acidente ou doença súbita.	Material de primeiros socorros está disponível.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Telefones de emergência divulgados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Socorrista está acessível.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Anexo 2: Registro de instruções para trabalhos de manutenção, instalação e reparos por subcontratados e empregados

Local do trabalho (p.ex., usina)	USINA DE BIOGÁS	
Descrição do trabalho (p.ex., reparo do agitador) Cliente/empregador responsável	
Período de trabalho	Data de previsão para término em <input type="checkbox"/> Consulta sobre situação atual é necessário diariamente antes do início do trabalho	
Tipo de trabalho /descrição	<input type="checkbox"/> Soldagem com eletrodo <input type="checkbox"/> (Gás de proteção) <input type="checkbox"/> (Eletrodo de solda) <input type="checkbox"/> Solda ou brasagem de oxiacetileno <input type="checkbox"/> Corte (por chama) <input type="checkbox"/> Retífica/corte por retífica <input type="checkbox"/> Outros:	
Executado por	<input type="checkbox"/> Empresa externa: Gerente local responsável pela empresa externa: <input type="checkbox"/> Funcionário da usina de biogás:	<input type="checkbox"/>
	O encarregado possui os conhecimentos necessários.	<input type="checkbox"/>
Informações gerais	Se empregados de outras empresas estiverem sujeitos a perigo, as empresas envolvidas deverão designar um coordenador, por escrito, para definir as medidas de proteção: Coordenador:	<input type="checkbox"/>
	Trabalho de manutenção executado com base em análise de risco.	<input type="checkbox"/>
	O encarregado informou o cliente e outras empresas sobre riscos para seus empregados e de outras empresas.	<input type="checkbox"/>
	Equipamento de proteção individual: seleção e uso obrigatório onde necessário (calçados de segurança, proteção auditiva, proteção contra quedas, roupas antichama, roupas de proteção contra produtos químicos, luvas de proteção, óculos de proteção, máscara de respiração, etc.).	<input type="checkbox"/>
	Observar placas informativas, de obrigação ou de proibição.	<input type="checkbox"/>
	Nota: Na área do equipamento de alimentação, poderá haver material tóxico, muito tóxico, cancerígeno, mutagênico ou reprotóxico devido ao uso de aditivos e materiais auxiliares (p. ex., elementos vestigiais). Neste caso, é necessário seguir as disposições do folheto de segurança, especialmente no que diz respeito ao equipamento de proteção individual, e somente pessoal especializado deverá ser indicado para a tarefa.	<input type="checkbox"/>
	Maquinário protegido contra partida acidental e identificado?	<input type="checkbox"/>
	Nota: É comum não haver sinal de telefonia celular no interior de tanques de aço ou de concreto armado.	<input type="checkbox"/>
	Rotas de transporte e fuga desimpedidas.	<input type="checkbox"/>
	Extintores de incêndio, caixas de primeiros socorros e caixas de disjuntores desobstruídas.	<input type="checkbox"/>

Anexos

Início dos trabalhos	Procedimentos, possíveis riscos, uso adequado de precauções de segurança e equipamento de proteção ambiental discutidos. Plano de emergência distribuído.	<input type="checkbox"/>
	Todo o trabalho executado sob supervisão. Trabalho solitário não supervisionado é proibido.	<input type="checkbox"/>
	Atenção para áreas com atmosferas potencialmente explosivas.	<input type="checkbox"/>
	Atenção para possíveis riscos ocultos (p. ex., energia residual, cabos/canos escondidos, equipamentos de trabalho elevados, canos pressurizados, etc.).	<input type="checkbox"/>
	Não ignorar ou alterar equipamento de segurança em máquinas ou prédios (p. ex., desabilitar disjuntores, prender portas de proteção contra incêndio, etc.).	<input type="checkbox"/>
	Qualquer falha de segurança ocupacional deverá ser informada ao gerente de operações imediatamente.	<input type="checkbox"/>
	Instruções sobre todas as substâncias perigosas presentes, com base nos folhetos de segurança.	<input type="checkbox"/>
	▶ Aditivos e materiais auxiliares (elementos vestigiais, etc.)	<input type="checkbox"/>
	▶ Líquidos inflamáveis	<input type="checkbox"/>
	▶ Materiais inflamáveis (sólidos, pós, materiais isolantes)	<input type="checkbox"/>
	▶ Risco de explosão por gases/vapores	<input type="checkbox"/>
	▶ Perigo de asfixia por gás CO ₂	<input type="checkbox"/>
	▶ Risco de gases tóxicos como H ₂ S e NH ₃	<input type="checkbox"/>
	▶ Outras substâncias perigosas	<input type="checkbox"/>
	Locais de trabalho deverão ser isolados com barreiras e avisos para evitar riscos a terceiros.	<input type="checkbox"/>
	Seguir instruções de operação, p. ex., para carregadeiras, maquinário e equipamentos.	<input type="checkbox"/>
	Proibição de álcool e outros intoxicantes.	<input type="checkbox"/>
	Proibição de fumo em todas as áreas demarcadas.	<input type="checkbox"/>
	Uso seguro de ferramentas elétricas, escadas, etc. foi explicado, atenção para necessidade de inspeção visual antes do uso.	<input type="checkbox"/>
	Medidas de emergência para incidentes com risco ambiental explicadas.	<input type="checkbox"/>
Outros:		<input type="checkbox"/>
Equipamento de trabalho obrigatório e equipamento de segurança	<input type="checkbox"/> Escadas, degraus de apoio	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Proteção contra quedas	
	<input type="checkbox"/> Capacete	
	<input type="checkbox"/> Proteção auditiva	
	<input type="checkbox"/> Proteção visual	
<input type="checkbox"/> Lâmpadas especiais (classe de proteção IP, ATEX?)		
<input type="checkbox"/> Meios de comunicação especiais (classe de proteção IP, ATEX?)		
<input type="checkbox"/> Guinchos especiais para ferramentas e cilindros de gás de soldagem		
Fornecimento de um posto de resgate com equipamentos de resgate/salvamento.	<input type="checkbox"/>	
Fornecimento de material de primeiros socorros.	<input type="checkbox"/>	
Lava-olhos, desinfetante de ferimentos, kit queimados.	<input type="checkbox"/>	

Medidas especiais para evitar perigo	Os seguintes certificados profissionais estão presentes: (p.ex., certificado de soldador para soldagem em tubulações de gás):	<input type="checkbox"/>
	Remoção de objetos e materiais inflamáveis, incluindo acúmulo de pós, num raio de m.	<input type="checkbox"/>
	(também em salas próximas = à prova de vapor? Esvaziar calhas, dutos, portas, dutos de ventilação?)	<input type="checkbox"/>
	Biogás removido de áreas vulneráveis?	<input type="checkbox"/>
	Cobrir objetos inflamáveis próximos e sob o local de trabalho.	<input type="checkbox"/>
	Vedação segura de aberturas, tubos e passagens para áreas de risco próximas e reservatórios ligados ao sistema de gás.	<input type="checkbox"/>
	Remoção de revestimentos e materiais de isolamento potencialmente inflamáveis.	<input type="checkbox"/>
	Estabelecimento de ligações equipotenciais (kit antiestático) e umidificação.	<input type="checkbox"/>
	CUIDADO: Atenção especial para pequenos incêndios secundários causados por centelhas de solda e faíscas de esmerilhadeira.	<input type="checkbox"/>
	Eliminação do risco de explosão em tanques e tubulação por meio da inertização com N ₂ ou CO ₂ ?	<input type="checkbox"/>
	Ventilação de proteção, ventilação ativa significativamente abaixo do LIE Vazão do ventilador: m ³ /h Espaço a ser ventilado: m ³ volume Tubo de respiro (mangueira de ventilação em espiral) m comprimento (distância da entrada de ar puro à zona Ex/ponto de descarga de gás)	<input type="checkbox"/>
	Ventilação/extração de gases (só utilizar sopradores protegidos contra explosão/ATEX, p.ex., emprestados pela brigada de incêndio).	<input type="checkbox"/>
	Medição de liberação com um detector de gases (p.ex., monitor de gases multicanal) por um especialista: bateria carregada, verificada e pronta para operação? Medição da atmosfera no local de trabalho a uma distância segura, p.ex. CH ₄ < 0,5 %; O ₂ > 20 %, CO ₂ < 0,5 %, H ₂ S < 10 ppm, NH ₃ < 5 ppm	<input type="checkbox"/>
Introdução de ronda contra incêndio com equipamentos de extinção de incêndios.	<input type="checkbox"/>	
Equipamento de emergência para incêndios incipientes	<input type="checkbox"/> Extintores de incêndio (note: se possível mantenha diversos agentes extintores disponíveis!) <input type="checkbox"/> água <input type="checkbox"/> espuma <input type="checkbox"/> CO ₂ <input type="checkbox"/> pó ABC <input type="checkbox"/> pó BC <input type="checkbox"/> mangueira de água (ligada) com bico aspersor?	
Permissão	As medidas de segurança listadas deverão ser implementadas. As respectivas normas de saúde e segurança industrial, substâncias perigosas e prevenção de acidentes (na Alemanha: BetrSichV, GefStoffV, TRGS 529 e DGUV) deverão ser observadas. Especialmente, a norma DGUV 113-100 (anteriormente BGR 117-1) trata de inspeção e trabalho em tanques, digestores, poços, dutos e espaços confinados abaixo do nível do solo.	
..... Data Assinatura do responsável/operador da usina de biogás Assinatura do executor do trabalho



Associação Alemã de Biogás

Angerbrunnenstraße 12
85356 Freising, Alemanha
Telefone: +49 8161 9846-60
Fax: +49 8161 9846-70
E-mail: info@biogas.org
Website: www.biogas.org

A Associação Alemã de Biogás reúne operadores, fabricantes e projetistas de usinas de biogás, representantes da ciência e pesquisa e todos os interessados na indústria. Desde sua fundação, em 1992, a Associação, que conta com mais de 4.800 membros, se tornou a organização mais influente no campo do biogás mundial. A Associação trabalha em estreita colaboração com diversas organizações internacionais e oferece conhecimentos de especialistas com vasta experiência em biogás. Esta experiência foi adquirida em aproximadamente 9.000 usinas de biogás em funcionamento na Alemanha nas últimas décadas.

A Associação tem vasta experiência e conhecimentos em praticamente todos os aspectos do biogás, usinas de biogás e sua operação, e está envolvida em todas as entidades Alemãs e diversas internacionais onde padrões ou normas para usinas de biogás são discutidas e definidas. Um exemplo é sua contribuição no grupo de trabalho da ISO (Organização Internacional para Padronização) para definir termos, definições e classificação de sistemas de biogás.

A questão da segurança em usinas de biogás é um objetivo estatutário da Associação desde sua fundação, sendo abordada por meio das seguintes atividades:

- ▶ avaliação de descobertas científicas, experiência prática e incidentes reais;
- ▶ criação de um grupo de trabalho de segurança e subgrupos associados;
- ▶ elaboração de padrões de qualidade (p.ex., normas de segurança para usinas de biogás) para o planejamento, construção e operação de usinas de biogás;
- ▶ fomento da disseminação do conhecimento por meio de conferências e capacitações;
- ▶ publicação de informações por meio de periódico próprio, textos e apresentações técnicas.

O treinamento de operadores de usinas de biogás tem se tornado cada vez mais importante nos últimos anos. Em virtude disto, há três associações Alemãs, a Associação Alemã do Setor de Gás e Água (DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.), a Associação Alemã de Gestão Hídrica, Efluentes e Resíduos (DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) e a Associação Alemã de Biogás fundaram a Rede de Treinamento em Biogás, em outubro de 2013.

O principal objetivo da Rede de Treinamento em Biogás é oferecer capacitação e desenvolvimento profissional continuado, de forma padronizada e competente, para operadores e indivíduos envolvidos na operação de usinas de biogás na Alemanha. À época da sua fundação, a Rede de Treinamento em Biogás começou com cinco organizações. Em julho de 2016, havia 16 centros de treinamento, oferecendo capacitação para obter a qualificação de operador em segurança de usinas de biogás. Atualmente, mais de 3.500 pessoas receberam treinamento na Rede de Treinamento em Biogás.

Ano de fundação: 1992 · Número de empregados: 43



**Deutsche Gesellschaft
für Internationale Zusammenarbeit
(GIZ) GmbH**

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65726 Eschborn, Alemanha
Telefone: +49 6196 79-0
Fax: +49 6196 79-11 15
E-mail: info@giz.de
Website: www.giz.de

A *Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável*, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, é um provedor global de serviços na área de cooperação internacional para desenvolvimento sustentável. A GIZ tem mais de 50 anos de experiência nas mais variadas áreas, incluindo fomento da economia e do emprego, energia e meio ambiente, e promoção da paz e segurança.

Como empresa federal de utilidade pública, a GIZ apoia o governo Alemão – em especial o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento da Alemanha (BMZ) – e clientes públicos e privados em 130 países a atingir seus objetivos de cooperação internacional. Com este objetivo, a GIZ trabalha com seus parceiros para desenvolver soluções eficazes que ofereçam melhores perspectivas para as pessoas, melhorando suas condições de vida de forma sustentável.

No setor de energia renovável, a GIZ tem atualmente mais de 170 projetos em mais de 50 países, e mais de 20 destes têm foco no biogás ou um componente de biogás. As atividades destes projetos incluem apoiar um quadro jurídico para o biogás, a análise de diferentes substratos para utilização na produção de biogás, capacitação, cooperação com o setor privado e apoio a projetos piloto em biogás.

Ano de fundação: 2011 · Número de empregados: 16 400

Esta publicação foi apoiada conjuntamente pelos seguintes projetos da GIZ:

- ▶ **Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture**
(Energia Sustentável para Alimentos – Powering Agriculture)
- ▶ Energetic utilization of urban waste in Mexico (Enres)
(Utilização energética de resíduos urbanos no México)
- ▶ Renewable energies and energy efficiency in Central America (4e)
(Energias renováveis e eficiência energética na América Central)
- ▶ Promoting climate-friendly biogas technology in Brazil (Probiogas)
(Promoção de tecnologias de biogás para proteção ao clima no Brasil)
- ▶ South African-German Energy Programme (SAGEN)
(Programa de Energia África do Sul-Alemanha)
- ▶ Support for the Moroccan Solar Plan (DKTI 1)
(Apoio ao Plano Solar Marroquino)
- ▶ Promotion of least cost renewables in Indonesia (LCORE-INDO)
(Promoção de renováveis de menor custo na Indonésia)

Tradução para o português: João Pedro Neves

Revisão Textual: Wagner Santos

Revisão Técnica: Hélinah Cardoso Moreira (GIZ – Brasil), Marcelo Miki (SABESP), Roberta Knopki (GIZ - Brasil), Rosane Ebert Miki (SABESP)

Referências

ATEX. (2014). The European Parliament. DIRECTIVE 2014/34/EU on harmonisation of the laws of the Member States relating to equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres (recast).

BDC, D. G. (2015). Conceito de segurança para plantas de biogás. Berlin/Belo Horizonte.

Comité Européen de Normalisation (CEN). (2016). DIN EN ISO 7010.
Fonte: <http://www.iso7010.de/iso-7010/>

DIN EN 60529: 2014-09. (kein Datum). Degrees of Protection Provided by Enclosures.

Hurst, P., & Kirby, P. (2004). Health, Safety and Environment: A Series of Trade Union Educational Manuals for Agricultural Workers. Geneve: International Labour Organisation.

Rohstoffe, F. N. (2013). Leitfaden Biogas: Von der Gewinnung zur Nutzung.
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

SVLFG (2012). Aktuelle Entwicklungen bei der Anlagensicherheit von Biogasanlagen aus Sicht der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft. Berlin.

SVLFG. (2016). Technische Information 4. Kassel: Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau .

TRBA 214. (2013). Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe.
Abfallbehandlungsanlagen.

TRBS 1112-1. (2010). Instandhaltung. Technische Regeln für Betriebsicherheit.

TRBS 2153. (2009). Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) TRBS 2153.
Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen.

TRGS 529. (2016). Technische Regeln für Gefahrstoffe.
Tätigkeiten bei der Herstellung von Biogas.

TRGS 727. (2016). Technische Regeln für Gefahrstoffe.
Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung.

TRGS 900. (2016). Technische Regeln für Gefahrstoffe. Arbeitsplatzgrenzwerte.

United, N. (2015). Système mondial harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques. New York et Genève. Fonte: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev06/English/ST-SG-AC10-30-Rev6e.pdf

Publicação Fachverband Biogas e. V.
Dr. Claudius da Costa Gomez (V.i.S.d.P.),
Angerbrunnenstraße 12 - 85356 Freising - Alemanha
Telefone +49 (0) 81 61 - 98 46 60
Fax +49 (0) 81 61 - 98 46 70
info@biogas.org, www.biogas.org

Editor Fachverband Biogas e.V.

Autores Giannina Bontempo, Manuel Maciejczyk e Lucas Wagner
Clemens Findeisen, Mareike Fischer e Frank Hofmann

Layout bigbenreklamebureau
www.bb-rb.de

Cobertura Fotolia_mihalec

Fotos Fachverband Biogas e.V.

Status Novembro 2016

ISSN 2510-487X

www.biogas-safety.org

Esta publicação também está disponível em inglês,
espanhol, francês e indonésio.



www.biogas-safety.com

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Fachverband
BIOGAS

German Biogas Association
www.biogas.org