

01

versão

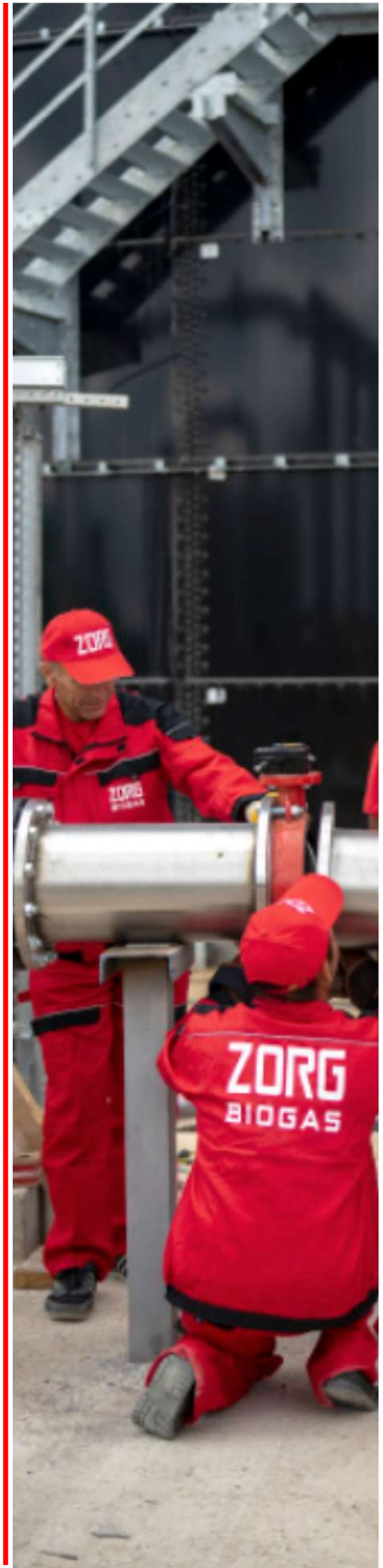
Proposta

Usina de biogás com 780 t de polpa prensada e ensilada de beterraba sacarina por dia. Potência elétrica - 12,6 MW



Data: 02/10/2026

Validade: 12 meses



SUMÁRIO

Visão geral	3
Potencial do substrato	4
Características da usina de biogás	5
Número de funcionários	6
Princípio de funcionamento	7
Processo de produção de biogás	8
Equipamentos principais	9
Alimentador central de sólidos	10
Alimentadores de sólidos dos digestores	11
Tanque de recepção e tanque de filtrado	12
Agitadores laterais	13
Reatores	14
Agitadores centrais	15
Pós-digestor	16
Visores	17
Bombas	18
Gasômetro	19
Lavadores biológicos	20
Resfriamento do biogás	21
Sopradores de biogás	22
Filtro de carvão ativado	23
Analisador de gás	24
Tocha de biogás	25
Unidades de cogeração 2020 V20	26
Contêiner de cogeração e compartimento do motor	27
Abastecimento de água e esgoto	28
Sistema de aquecimento	29
Trocador de calor a placas	30
Resfriador a ar	31
Automação e equipamentos elétricos	32
Sensores	33
Laboratório	34
Especificação dos equipamentos	35
ANEXOS	39
Diagrama de fluxo de materiais	40
Diagrama de processo	41
Planta de implantação	42
Consumo de energia elétrica	43
Preços dos equipamentos	44
Cronograma de implantação	45
Exclusões	46
Contatos	47



Visão geral

A Zorg Biogas propõe uma usina integrada para processar 780 toneladas de polpa prensada e ensilada de beterraba açucareira por dia. Três digestores CSTR verticais de aço com agitadores centrais proporcionam mistura controlada e regulação da temperatura. Um pós-digestor prolonga a conversão biológica e coleta o gás sob uma cobertura de dupla membrana.

O balanço de substrato resulta em 138 575 m³ de biogás por dia. Sete unidades de cogeração em contêineres, cada uma com potência de 2 000 kW, fornecem 14 000 kW de capacidade elétrica instalada. Com a alimentação indicada, a produção bruta do projeto permanece em 12 645 kW elétricos e 11 902 kW térmicos. A capacidade instalada adicional oferece margem operacional; não aumenta a produção de gás.

O tratamento biológico do gás utiliza três lavadores com capacidade de 2 200 m³/h cada. O ar é fornecido aos lavadores em volume equivalente a 10% do biogás bruto. Resfriamento, compressão e filtração com carvão ativado preparam o gás para os motores. A dosagem de hidróxido de ferro foi eliminada, enquanto a dosagem de micronutrientes no processo de digestão é de 15 litros por dia.

A separação do digestato produz frações sólida e líquida para a recuperação controlada de nutrientes. O monitoramento do processo, o laboratório e os controles automáticos favorecem a operação estável e disponibilizam dados operacionais e alarmes.

A Zorg fornece engenharia detalhada, equipamentos de processo, supervisão da construção, comissionamento e treinamento dos operadores. O cliente executa as obras civis e a instalação sob supervisão técnica da Zorg.

O uso da polpa na produção de biogás pode reduzir o consumo de combustíveis fósseis e a pegada de carbono da produção de açúcar. Qualquer declaração de reduções verificadas de emissões depende de uma avaliação específica do projeto.

Potencial do substrato

Substrato	Quantidade (t/dia)	Quantidade (t/ano)	Teor de MS: (%)	MSO Teor (%)	Quantidade de MS (t/dia)	Quantidade de MSO (t/dia)	Rendimento de biogás (m³/t MSO)	Biogás (m³/dia)	Metano Teor (%)	Elétrica potência (kW)
Polpa prensada e ensilada de beterraba açucareira	780	284 700	27	94	210,6	197,96	700	138 575	58	12645

*-MS- matéria seca
**-MSO- matéria seca orgânica

Características da usina de biogás

Parâmetro	Unidade	Valor
Número de reatores (vCTR)	un.	3
Volume:		
Útil	m ³	7092
Total		7422
Temperatura	°C	48
Dimensões gerais do digestor:		
Diâmetro	m	22,9
Altura		18,0
Carga orgânica	kg MSO/m ³	8,4
Tempo de retenção hidráulica (bruto/líquido)	dias	28/27
Número de gasômetros	un.	0
Pós-digestor	un.	1
Volume:		
Útil	m ³	4620
Total		5082
Temperatura	°C	46
Dimensões gerais do digestor:		
Diâmetro	m	31,3
Altura		6,6
Carga orgânica	kg MSO/m ³	4,3
Tempo de retenção hidráulica (bruto/líquido)	dias	8/6
Número de gasômetros	un.	1
Volume:	m ³	2047
Dimensões do gasômetro:		
Diâmetro	m	32,0
Altura		6,4

Número de funcionários

	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Engenheiro-chefe	1	-	-
Gerente	1	-	-
Operador	1	1	1
Motorista	1	1	-
Eletricista	1	-	-
Mecânico	1	-	-
Total	9		



Princípio de funcionamento da usina

A tecnologia se baseia na conversão bioquímica de materiais orgânicos de compostos de alta massa molecular em compostos de baixa massa molecular. A primeira etapa é a hidrólise, que produz ácidos orgânicos e álcoois. $\text{Compostos orgânicos} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + \text{HC}_3\text{O}_3$. Em seguida, compostos dissolvidos como ácidos orgânicos e álcoois ($\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2, \text{HC}_3\text{O}_3$) são convertidos em gases: CH_4, CO_2 . $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + \text{HC}_3\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{NH}_4$.

A conversão biológica sequencial dos compostos orgânicos ocorre em ambiente anaeróbio, em um tanque sem oxigênio (reator biológico). Na primeira etapa da digestão, bactérias acidogênicas promovem a hidrólise do substrato. Na segunda, compostos orgânicos simples sofrem oxidação por bactérias heteroacidogênicas, produzindo acetato, dióxido de carbono e hidrogênio livre.

Os demais compostos orgânicos, incluindo o acetato, formam compostos C_1 (ácidos orgânicos simples). As substâncias produzidas alimentam as bactérias metanogênicas do terceiro tipo. Essa etapa ocorre em dois processos, A e B, conforme o tipo de bactéria. Elas convertem os compostos das duas primeiras etapas em metano CH_4 , água H_2O e dióxido de carbono CO_2 . As bactérias metanogênicas são mais sensíveis às condições do meio do que as acidogênicas. Exigem ambiente totalmente anaeróbio e maior tempo de reprodução. A velocidade e a escala da digestão dependem da atividade metabólica das bactérias. Assim, o processo da usina inclui hidrólise, oxidação e metanogênese. Para esse substrato, as etapas ocorrem no mesmo reator.

Processo de produção de biogás

A polpa prensada e ensilada de beterraba açucareira é direcionada a um alimentador central e distribuída pela linha transportadora aos alimentadores de sólidos dos reatores. Instalado ao lado de cada reator, o alimentador dosa o substrato em porções por conjuntos de roscas. Nos reatores, o substrato é aquecido a +48°C. A temperatura permanece constante durante toda a digestão. Para evitar seu aumento, a usina possui resfriadores a seco. Os reatores operam em regime termofílico. O substrato aquecido é misturado periodicamente por um agitador vertical central. O tempo médio de retenção no reator é de 28 dias. Em seguida, o substrato segue para um pós-digestor, que recupera a energia restante da matéria orgânica e armazena o material com segurança antes do uso. Sua cobertura funciona como gasômetro para coletar o biogás produzido. Após o pós-digestor, o substrato segue para a separação em biofertilizante sólido e líquido. A fração sólida é descarregada e transportada para armazenamento; o filtrado líquido é utilizado no processo para diluição.

O biogás se acumula sob as coberturas dos reatores e segue por tubulação até o gasômetro. O sistema possui duas membranas. A membrana externa protege contra precipitações e danos causados por objetos externos.

Dispositivos de segurança específicos protegem o gasômetro contra sobrepressão e vácuo.

O biogás coletado passa pelo primeiro soprador, que alimenta os lavadores biológicos a 50 mbar. Três lavadores operam em paralelo, cada um com capacidade de 2 200 m³/h.

O ar de processo é fornecido em volume equivalente a 10% do biogás bruto. A dosagem total de micronutrientes dos lavadores é de 30 kg/dia. A água ácida do circuito dos lavadores retorna aos digestores. Não se adiciona hidróxido de ferro. Os micronutrientes dos digestores são dosados separadamente a 15 litros/dia.

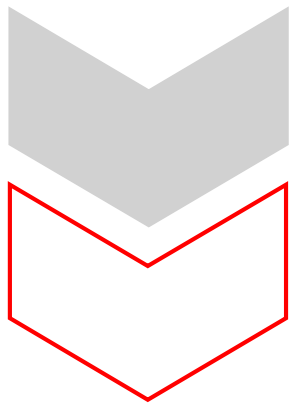
A pressão na saída do lavador é de 45 mbar e a concentração especificada de H₂S é de 100 ppm. O gás é resfriado e o condensado removido antes de o segundo soprador elevar a pressão a 200 mbar.

Dois filtros de carvão ativado realizam o polimento até a concentração especificada de H₂S de 0 ppm na saída. A perda de pressão é de 5 mbar, restando 195 mbar na entrada de gás das unidades de cogeração.

Sete unidades de cogeração, cada uma com potência de 2 000 kW, produzem eletricidade e calor recuperável. A produção energética do projeto depende da disponibilidade de biogás.

A automação monitora medições do processo, estado dos equipamentos e alarmes. O sistema central de controle permite operação automática e manual.

Equipamentos principais





Alimentador central de sólidos (SF-04)

Os alimentadores de sólidos são comprovados em diversas aplicações. A construção robusta oferece alta funcionalidade, pouca manutenção e baixo consumo de energia. As paredes verticais evitam o travamento do material e a formação de pontes. As correntes transportadoras e a unidade de moagem permitem dosagem contínua de diferentes materiais, que também são desagregados durante o processo. O usuário pode controlar a vazão de material até 20 m³/h ou mais, considerando o consumo de energia da máquina. A proteção contra corrosão, a resistência ao desgaste e a qualidade proporcionam longa vida útil.

Especificações

Altura:	3,2 m
Comprimento:	18,0 m
Largura:	3,6 m
Volume:	200 m ³
Quantidade:	1 un.



Alimentador de sólidos dos reatores (SF-01 ... SF-03)

Os alimentadores de sólidos foram comprovados em diversas aplicações. Sua construção robusta oferece alta funcionalidade, pouca manutenção e baixo consumo de energia. As paredes verticais evitam o aprisionamento do material e a formação de pontes. As correntes transportadoras e a unidade fresadora permitem dosagem contínua de diferentes materiais. O processo de dosagem também desagrega o material.

Especificações

Altura:	2,6 m
Comprimento:	7,0 m
Largura:	2,8 m
Volume:	30 m ³
Quantidade:	3 un.



Tanque de recepção e tanque de filtrado

O tanque recebe as matérias-primas líquidas e é equipado com sensores de nível e agitadores laterais. Funciona como reservatório pulmão para acumular os substratos antes de encaminhá-los aos pontos da usina previstos no processo tecnológico.

Especificações

Tanque de recebimento

Diâmetro:	8,4 m
Altura:	3,0 m
Volume:	166 m³
Quantidade:	1 un.

Tanque de filtrado

Diâmetro:	8,4 m
Altura:	3,0 m
Volume:	166 m³
Quantidade:	1 un.

Painéis (parede esmaltada do tanque, teto)

Flanges, bocais e flanges soltos externos

Visor de controle

Iluminação Ex

Boca de visita

Escada vertical, escada e passarela

Suportes e abraçadeiras de tubulação na borda do tanque (internos/externos)



Agitador lateral (AG-04...AG-09)

Os agitadores laterais misturam substratos de baixa e média viscosidade em reatores de biogás e tanques de recepção. Em tanques metálicos, o agitador é fixado a uma coluna de suporte. O acionamento fica no exterior, e o eixo com hélice atravessa uma flange na parede do reator. Essa montagem impede a transmissão de esforços do agitador às paredes do tanque. São adequados a meios agressivos, com teor de matéria seca de até 11%. O formato especial das pás permite misturar diferentes substratos e romper camadas flutuantes e crostas.

Especificações

Tanque de recepção:

Potência do motor:	7,5 kW
Quantidade por tanque:	1 un.
Quantidade total:	1 un.

Tanque de filtrado:

Potência do motor:	5,5 kW
Quantidade por tanque:	1 un.
Quantidade total:	1 un.

Tanque de pós-digestão:

Potência do motor:	15 kW
Quantidade por tanque:	4 un.
Quantidade total:	4 un.



Reator (RT-01...RT-03)

O biodigestor, elemento essencial da usina de biogás, é construído com painéis de aço esmaltado sobre uma base de concreto. A camada vítrea de esmalte protege toda a estrutura contra pH agressivo e danos mecânicos. A montagem com segmentos de aço é rápida e segura. Os painéis são unidos por parafusos e um selante especial. O revestimento é aplicado pelo método PUESTA: camadas de pó são depositadas por atração eletrostática, produzindo uma superfície uniforme, densa e lisa.

Especificações

Altura:	18,0 m
Diâmetro:	22,92 m
Volume total:	7422 m ³
Volume de substrato	7092 m ³
Quantidade:	3 un.

Painéis (parede esmaltada do tanque, teto)
Flanges, bocais e flanges soltos externos
2 visores 2 × DN 250 com lavagem por água
Iluminação Ex
Boca de visita
Escada vertical, escada e passarela
Suportes e abraçadeiras de tubulação na borda do tanque
(internos/externos)



Agitador central vertical do reator (AG-01...AG-03)

O agitador é fixado no centro da cobertura rígida do biodigestor. As pás têm orientações diferentes: as inferiores elevam o substrato do fundo, enquanto as superiores o distribuem pelo tanque e direcionam o fluxo para baixo. O agitador opera continuamente, mantendo o substrato em mistura constante.

Especificações

Potência do motor:	37 kW
Quantidade por reator:	1 un.
Quantidade total:	3 un.



Pós-digestor (D-01)

O pós-digestor de aço é instalado sobre uma base de concreto. Uma camada de esmalte vítreo protege toda a estrutura metálica, com alta resistência a pH agressivo e danos mecânicos. O tanque é montado com segmentos de aço, permitindo instalação rápida e segura. Os painéis são unidos por parafusos e um selante especial. O esmalte é aplicado em camadas pelo método PUESTA: um pó especial é depositado por atração eletrostática, garantindo uniformidade, densidade e lisura. Os parafusos são de aço inoxidável. Os elementos, incluindo flanges, são conectados através de uma membrana EPDM para proteger o esmalte. O isolamento reduz o consumo de calor e mantém a temperatura constante. O exterior recebe um revestimento decorativo.

Especificações

Altura:	6,0 m
Diâmetro:	31,32 m
Volume total:	5082 m³
Volume de substrato	4620 m³
Quantidade:	1 un.

Painéis (parede esmaltada do tanque, teto)

Flanges, bocais e flanges soltos externos

2 visores 2 × DN 250 com lavagem por água

Iluminação Ex

Boca de visita

Escada vertical, escada e passarela

**Suportes e abraçadeiras de tubulação na borda do tanque
(internos/externos)**



Visor com refletor (SG-01)

Os visores permitem acompanhar visualmente os processos no biodigestor e no pós-digestor. Os refletores são à prova de explosão, com desligamento automático. Os visores possuem sistema de lavagem para limpeza.

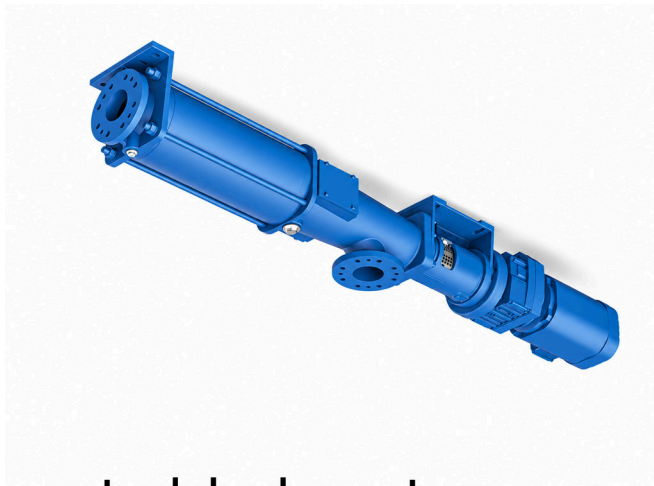
Especificações

Visores de inspeção:

Ø300

Refletor:
VISULUX UL50 -G -H

230V, 50W, IP65



Equipamentos de bombeamento

As bombas transportam o substrato entre os equipamentos da usina e para fora da instalação. O projeto permite acesso fácil a todas as bombas. O acionamento é feito por motorreductor de engrenagens helicoidais. O estator possui entrada em funil para o enchimento ideal da câmara de bombeamento. A junta universal robusta, protegida contra desgaste e equipada com rosca de alimentação, e o pedestal de mancais com acionamento integrado proporcionam autocentragem do eixo. A construção modular oferece flexibilidade e baixos custos ao longo da vida útil.

Especificações

Bomba de alimentação de substrato

Potência do motor:	11 kW
Vazão:	50 m ³ /h
Pressão:	4 bar
Quantidade:	1 un.

Bomba de circulação de substrato

Potência do motor:	11 kW
Vazão:	40 m ³ /h
Pressão:	4 bar
Quantidade:	3 un.

Bomba de substrato

Potência do motor:	11 kW
Vazão:	40 m ³ /h
Pressão:	4 bar
Quantidade:	3 un.

Bomba de descarga

Potência do motor:	11 kW
Vazão:	60 m ³ /h
Pressão:	4 bar
Quantidade:	3 un.

Bomba de filtrado

Potência do motor:	18 kW
Vazão:	60 m ³ /h
Pressão:	4 bar
Quantidade:	2 un.



Gasômetro (GH-01)

O gasômetro armazena biogás e uniformiza sua pressão e composição. Possui duas membranas. A externa é de tecido de poliéster revestido de PVC, resistente às intempéries e protegido contra UV; a interna de armazenamento é de PELD. A permeação máxima de metano é de 260 cm³/m² a 1 bar. A membrana resiste ao biogás e permite operação de -30°C a +60°C. O biogás expande a membrana interna. O ar insuflado entre as membranas pressuriza a interna e mantém o formato da externa.

A pressão do biogás no gasômetro é de 2-5 mbar. As membranas são projetadas e cortadas em máquinas NC e soldadas por alta frequência. Isso melhora a qualidade e a vida útil em comparação com membranas feitas manualmente e soldadas por equipamentos convencionais. Uma válvula de segurança protege o gasômetro contra sobrepressão. Um visor na membrana externa permite observar a membrana interna.

Especificações

Altura:	13,2m
Diâmetro:	32,0 m
Volume total:	2047 m³
Quantidade:	1 un.



Lavadores biológicos de biogás (SC-01...SC-03)

Três lavadores biológicos removem sulfeto de hidrogênio do biogás antes do resfriamento e do polimento com carvão ativado. Os vasos em paralelo oferecem capacidade total de tratamento de 6 600 m³/h.

O biogás entra em contato com o líquido recirculante e um biofilme ativo. A adição controlada de ar favorece a conversão biológica dos compostos de enxofre. O ar é fornecido aos lavadores, não aos digestores. A circulação de líquido, a distribuição de gás e as medições operacionais estão integradas ao sistema de controle da usina.

Especificações

Capacidade de gás, cada	2 200 m ³ /h
Quantidade	3 unidades
Capacidade total	6 600 m ³ /h
Fornecimento de ar	10% da vazão de biogás bruto
H ₂ S especificado na saída	100 ppm
Perda de carga	5 mbar
Micronutrientes dos lavadores	30 kg/dia no total

A água ácida do circuito dos lavadores retorna aos digestores.



Secagem e resfriamento do biogás (CHL-01, CHL-02)

A secagem e o resfriamento do biogás utilizam um resfriador de gás e um chiller de líquido condensado a ar. O sistema reúne soluções específicas para biogás: trocadores de baixa pressão, chillers de água e resfriadores a ar RWD. No trocador casco e tubos de passagem única, o gás circula dentro dos tubos e a água de resfriamento no casco. Todas as peças em contato com o gás são de aço inoxidável 316Ti ou 316L; o casco também é de aço inoxidável. A câmara de saída possui conexão radial de gás e abertura axial de inspeção. A avaliação segue a PED 2014/68/UE e as folhas AD-Merkblätter, com ensaio de pressão na fábrica.

Especificações

Vazão volumétrica de gás:	3200 m ³ /h
Temperatura do gás na entrada:	+55°C
Temperatura do gás na saída:	+20°C
Potência elétrica:	61.6 kW
Quantidade:	2 un.



Compressor de biogás (BC-01, BC-02)

Sopradores de biogás (BC-01, BC-02)

Dois sopradores de biogás estão dispostos em série. O primeiro fornece gás aos lavadores biológicos a 50 mbar. Após a lavagem e o resfriamento, o segundo eleva a pressão a 200 mbar para a filtração com carvão ativado e o fornecimento às unidades de cogeração.

Cada soprador é especificado para 6 600 m³/h. O controle de velocidade ajusta a vazão à demanda operacional.

Especificações

Capacidade de gás, cada	6 600 m ³ /h
Pressão de descarga do BC-01	50 mbar
Carga elétrica do BC-01	18.5 kW
Pressão de descarga do BC-02	200 mbar
Carga elétrica do BC-02	66 kW
Quantidade	2 unidades em série



Filtro de carvão ativado (CF-01, CF-02)

Os filtros de carvão ativado fazem o polimento final após lavagem biológica, resfriamento e compressão. O meio poroso adsorve o sulfeto de hidrogênio residual antes de o gás chegar às unidades de cogeração.

A concentração especificada de H₂S é de 100 ppm antes dos filtros e 0 ppm depois. A perda de pressão de 5 mbar reduz a pressão do gás de 200 para 195 mbar. A análise do gás monitora o desempenho dos filtros e indica quando substituir a carga de carvão.

Dois vasos de filtração em paralelo fornecem a capacidade de vazão necessária.

Especificações

Vazão de gás, cada	3 200 m ³ /h
Carvão ativado, cada	1 000 kg
Perda de carga	5 mbar
Pressão do gás na saída	195 mbar
H ₂ S especificado na saída	0 ppm
Quantidade	2 un.



Analizador de gás (CH₄, CO₂, H₂S) (GA-01)

O analisador determina a composição qualitativa e quantitativa da mistura gasosa. Nos analisadores por absorção, os componentes do biogás são absorvidos sequencialmente por diferentes reagentes. Os analisadores automáticos medem continuamente propriedades físicas ou físico-químicas da mistura ou de seus componentes. A operação utiliza métodos físicos de análise, incluindo reações químicas auxiliares.

Especificações

O conjunto inclui suporte de parede, tela LCD com menu, medidor de vazão / válvula de controle e sensores.

Quantidade:

1 un.

Gases medidos: metano % (CH₄), dióxido de carbono % (CO₂), sulfeto de hidrogênio ppm (H₂S)



Tocha (BF-01)

A tocha realiza a combustão completa, temporária ou periódica, do biogás que não pode ser aproveitado como fonte de energia. O sistema inclui queimador e equipamentos auxiliares. O queimador por injeção reúne bocal com injetor, controle de admissão de ar, tubo de proteção da chama, conexões e comando. O conjunto de combustão é de aço inoxidável. A estrutura sustenta o queimador e a conexão montada verticalmente. O painel fixado à estrutura contém os elementos de monitoramento e controle da ignição e da chama.

Especificações

Vazão:

6600 m³/h

Pressão:

**min 10 mbar-
max 60 mbar**

Quantidade:

2 un.



Cogeração - 7 x 2 000 kW

Sete unidades de cogeração 2020 V20 em contêineres convertem o biogás tratado em eletricidade e calor recuperável. Cada conjunto inclui motor a gás, gerador, controles, ventilação e equipamentos de resfriamento. A recuperação de calor é conectada aos circuitos de aquecimento da usina.

A capacidade elétrica instalada é de 14 MW. O balanço energético do projeto depende do biogás disponível: 12 645 kW de potência elétrica bruta e 11 902 kW de potência térmica bruta.

Especificações

Modelo do motor	2020 V20
Potência elétrica, cada	2 000 kW
Número de unidades	7
Capacidade elétrica instalada total	14 000 kW
Rotação nominal / frequência	1 500 rpm / 50 Hz
Cilindros / cilindrada	V20 / 88,5 litros
Pressão do gás na entrada da cogeração	195 mbar
Combustível	Biogás tratado

Contêiner de cogeração e compartimento do motor



Exterior do contêiner, equipamentos de resfriamento e ventilação



Compartimento do motor e acesso para manutenção

O contêiner protege os equipamentos e oferece ventilação e acesso para inspeção e manutenção. O motor e o gerador são montados em uma base comum, com conexões de serviço organizadas dentro da estrutura.

Os controles automáticos gerenciam a operação, a proteção elétrica, os alarmes e a comunicação com o sistema de controle da usina. As fotografias mostram configurações típicas de contêineres.

Sistema de água e esgoto



O sistema fornece água de processo, água para os circuitos da instalação, água de uso sanitário e água para combate a incêndio. Os principais elementos são bombas centrífugas de um estágio, destinadas ao bombeamento de efluentes e água de uso doméstico. Os conjuntos de pressurização elevam a pressão de água limpa em instalações industriais. Cada conjunto possui 2-3 bombas em paralelo, instaladas em uma base comum e equipadas com as conexões e válvulas necessárias.

Especificações

Bomba de drenagem

Altura manométrica 4 m

Vazão 2-3 m³/h

Motor 0,24 kW

Equipamentos

Painel de controle da bomba

Placa de base

Manômetros

Válvulas de retenção

Chaves de nível tipo boia

Suportes

Válvulas



Sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento mantém a usina aquecida e a temperatura constante no fermentador. Inclui bombas de circulação, trocador de calor, coletor e tubulações. O calor da caldeira é transferido à usina pelo trocador de calor, e as bombas distribuem o fluido térmico pela instalação. O fluido é água tratada com adição de etilenoglicol. A temperatura de entrada no fermentador é de 60°C e a de saída, 40°C.

Especificações

Bomba de circulação do fluido térmico

Potência do motor:	2,0 kW
Vazão:	20 m ³ /h
Pressão:	1 bar

Bomba de circulação do fluido térmico

Potência do motor:	0,8 kW
Vazão:	3 m ³ /h
Pressão:	1 bar

Estação de bombeamento de propilenoglicol

Potência do motor:	0,8 kW
Vazão:	1 m ³ /h
Pressão:	4 bar



Trocador de calor a placas (HE-01...HE-03)

Os trocadores de calor a placas desmontáveis estão entre as soluções mais avançadas para troca térmica. Com capacidades de 5 kW a 30 MW, podem ser utilizados em diversos processos industriais. O equipamento é composto por uma estrutura e um conjunto de placas de transferência de calor. A estrutura inclui placas fixa e móvel, guias superior e inferior e suporte traseiro. Todas as placas do conjunto têm as mesmas dimensões, mas são giradas 180 graus entre si, formando canais alternados para os fluidos quente e frio. Os fluidos escoam em contracorrente, e o calor atravessa a parede das placas. Há dezenas de tamanhos de placas, cada um com diferentes corrugações. A combinação de placas com relevos distintos amplia as configurações possíveis dos canais, permitindo dimensionar o trocador de acordo com a potência requerida e as perdas de carga admissíveis.

Especificações

Vazão volumétrica
Temperatura
Pressão de trabalho

5 a 100 m³/h
até 90°C
a 4 bar

Capacidade do trocador de calor do substrato
Quantidade:

600 kW
3 un.



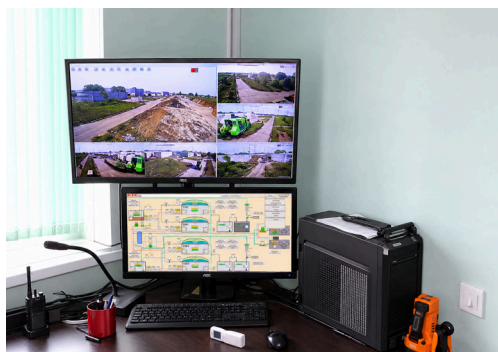
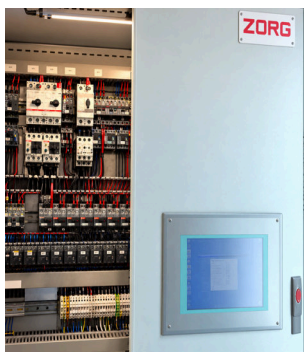
Resfriador a seco (sistema de resfriamento do substrato)

O equipamento resfria o substrato até a temperatura de operação exigida pelo processo. Substratos alimentados em alta temperatura podem provocar aquecimento descontrolado. O resfriador é conectado às tubulações de aquecimento e aos trocadores de calor, sendo acionado quando necessário.

Especificações

Substrato nos reatores

Potência térmica:	100 kW
Potência elétrica:	4 kW
Quantidade:	3 un.



Automação e equipamentos elétricos

A automação supervisiona e regula a operação da usina e limita danos. Em emergências, como falha de energia, a instrumentação leva automaticamente a instalação a uma condição segura. Equipamentos elétricos críticos recebem alimentação de emergência. O sistema permite monitoramento em tempo real, identificação e correção imediata de desvios, operação otimizada com economia de recursos e registro dos parâmetros em banco de dados. Inclui painel de controle, sensores de processo e atuadores. O painel utiliza controlador Siemens CPU315-DP2, periferia distribuída Simatic ET200S e painel OP277 Touch com tela sensível ao toque. A comunicação é feita por PROFIBUS e MPI, com interface física RS-485. O programa é desenvolvido no Simatic Step7. O painel é modular: na parte superior ficam a alimentação e os processadores; o sistema Simatic ET200S inclui módulos de entradas e saídas. A parte inferior contém relés de interface e bornes para conexão dos atuadores. Um único operador controla toda a instalação.

Especificações

Quadro de entrada com automação ASE-1, 2, 3
Controlador principal Siemens CPU315-DP2
Periféricos Simatic ET200S Painel de operação
OP277 com tela sensível ao toque Comunicação
PROFIBUS e MPI Interface RS-485 Sistema de
controle Simatic Step7



Conjunto de sensores

Os sensores medem grandezas físicas, como temperatura, pressão e umidade, fornecendo dados ao sistema de controle.

Especificações

Sensor de condutividade

Sensor de pressão / nível

Sensor ultrassônico

Sensor de pressão do gás

Transmissores de temperatura com poços de proteção

Sensor de umidade e temperatura do gás



Laboratório

O monitoramento dos substratos e da digestão é essencial para a eficiência da usina. O laboratório determina a matéria seca na alimentação e no digestato, a relação entre ácidos orgânicos voláteis e carbono inorgânico total (FOS/TAC), o grau de digestão do substrato e a produção de biogás. Também permite avaliar a eficiência do separador.

Equipamentos

Balança analítica
Analisador de umidade
Titulador automático
Medidor de pH de laboratório
Centrífuga
Conjunto de frascos

Lista de especificações



Nº	Equipamentos	Características	Quantidade
1	Agitador lateral	N=7,5 kW	1
1.1	Motoredutor estanque		1
1.2	Hélice (aço resistente ao desgaste)		1
1.3	Mecanismo de controle do agitador		1
1.4	Suporte do motor elétrico		1
1.5	Conjunto de fixadores		1
2	Agitador lateral	N=5,5 kW	1
3	Agitador central vertical do reator	N=37 kW	3
3.1	Motoredutor estanque		3
3.2	Hélice (aço resistente ao desgaste)		3
3.3	Eixo (adaptado à altura do fermentador)		3
3.4	Pá		3
3.5	Inversor de frequência		3
3.6	Suporte de fixação da parte inferior do agitador		3
4	Agitador lateral do pós-digestor	N=15 kW	4
5	Válvula de segurança dos digestores		4
6	Visor com refletor	conj.	4
6.1	Visor de inspeção RD300 (fixações e vedante incluídos)	Ø300	6
6.2	Refletor VISULUX (sistema de fixação incluído) UL50 -G -H	230V, 50W, IP65	3
7	Bomba de alimentação de substrato	40 m3/h N=11kW	1
8	Bomba de digestato	40 m3/h N=11kW	3
7	Bomba de circulação de substrato	40 m3/h N=11kW	3
9	Bomba de descarga	40 m3/h N=11kW	3
10	Bomba de filtrado	60 m3/h N=18kW	2
11	Gasômetro de PVC	2047 m3	1

Nº	Equipamentos	Características	Quantidade
11.1	Membrana de proteção climática	Ø32 m	1
11.2	Membrana de gás, PELD	Resistente a CH ₄	1
11.3	Soprador de ar de sustentação da membrana	0.5 kW	1
11.4	Proteção contra sobrepressão e vácuo		1
11.5	Sensor de nível da cúpula		1
11.6	Sistema de montagem		1
11.7	Acessórios do gasômetro	conj.	1
11.8	Válvula de segurança		1
12	Sistemas de resfriamento de biogás	3 200 m³/h cada	2
12.1	Chiller	61.6 kW cada	2
12.2	Trocador de calor do gás		2
12.3	Tanque de propilenoglicol		2
12.4	Lavadores biológicos	2 200 m³/h cada	3
13	Filtro de carvão ativado	3 200 m³/h; 1 000 kg	2
14.1	Soprador pressurizador de biogás BC-01	6 600 m³/h; 50 mbar 18.5 kW	1
14.2	Compressor de biogás BC-02	6 600 m³/h; 200 mbar 66 kW	1
15	Medidor eletromagnético de vazão de gás		1
16	Tocha de biogás	6 600 m³/h cada	2
17	Analisador de gás	conj.	1
18	Tubulação de gás e acessórios	conj.	1
18.1	Bomba de drenagem com boia	DN50; 1 m³/h; 13 m	2
19	CHP 2020 V20	2 000 kW cada	7
20	Sistema de fornecimento de calor	conj.	1
20.1	Vaso de expansão de membrana	1 000 l; 6 bar; 120°C	1
20.2	Bomba de circulação do aquecimento	30 m³/h; 1 bar	2
20.3	Bomba de alimentação de propilenoglicol	1 m³/h; 4 bar	1
20.4	Bomba de circulação do aquecimento do digestor	18 m³/h; 1.1 bar	4
20.5	Trocador de calor a placas	600 kW	3

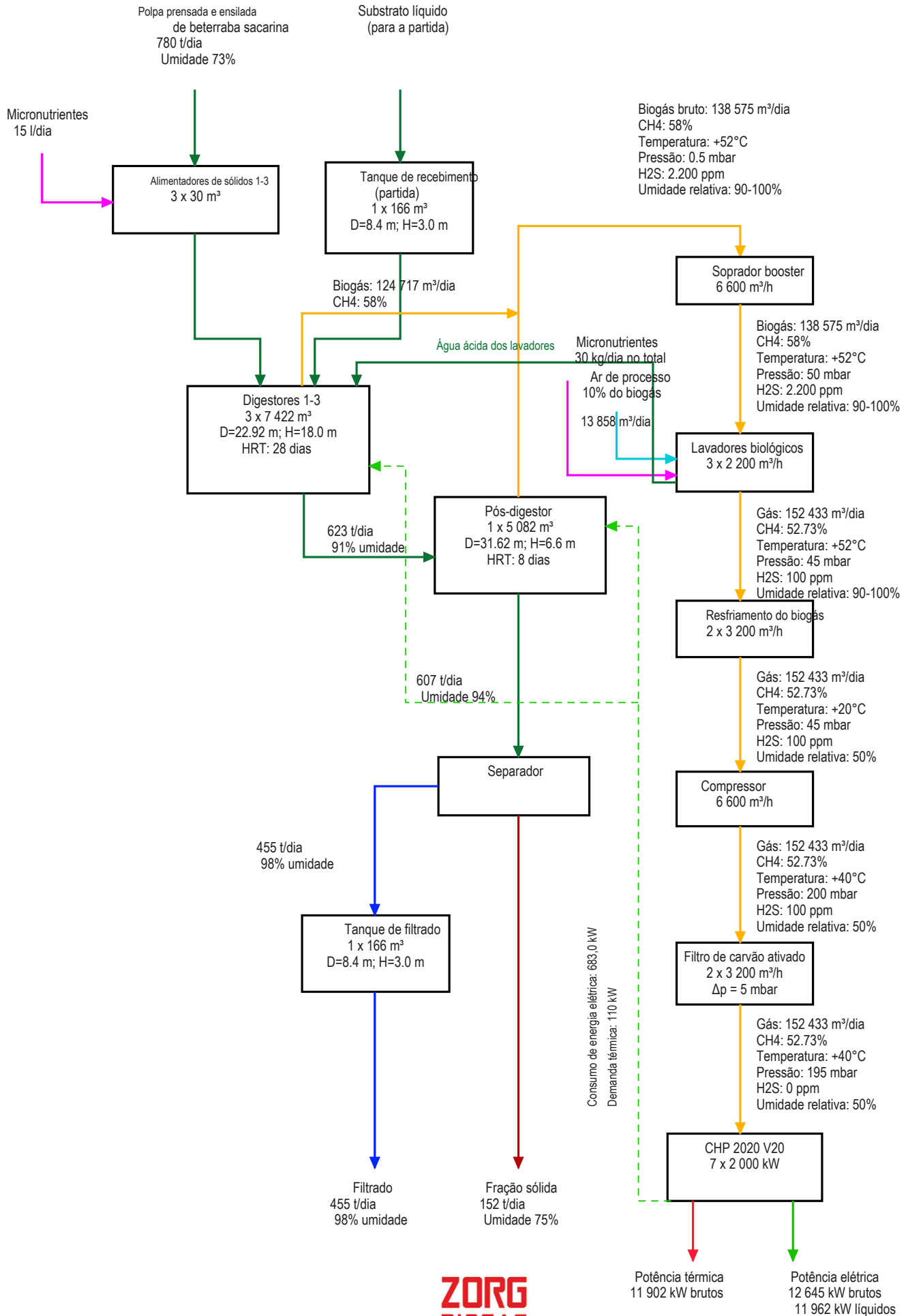
Nº	Equipamentos	Características	Quantidade
21	Sistema completo de água e esgoto, desmontado	conj.	1
22	Automação e equipamentos elétricos	conj.	1
22.1	Quadro de distribuição de entrada com automação DB-1		1
22.2	Quadro de distribuição de entrada com automação DB-2		1
23	Sensores, conjunto		1
23.1	Sensor de pressão do gás 0.025 bar		3
23.2	Sensor de pressão do gás 0,4 bar		2
23.3	Sensor de pressão (nível do substrato) 1,0 bar		7
23.4	Sensor de pressão (pressão do substrato) 2,5bar		7
23.5	Termômetro de resistência (temperatura do térmico)		4
23.6	Termômetro de resistência com poço termométrico (temperatura do substrato no fermentador)		4.
23.7	Termômetro de resistência com poço termométrico (temperatura do substrato no térmico)		4
23.8	Termômetro de resistência (temperatura do fluido térmico)		4
23.9	Sensor condutométrico de nível máximo		5
23.10	Sensor condutométrico de nível de água		5
23.11	Sensor de posição da cúpula		1
23.12	Sensor de pressão do fluido refrigerante	SEN 3276 B065 G1/2 6Bar	6
24	Resfriador a seco, potência térmica de 100 kW		3
25	Laboratório	conj.	1
26	Tanque de aço esmaltado	166 m3	2
27	Tanque de aço esmaltado	7422 m3	3
27	Tanque de aço esmaltado	5028 m3	1

ANEXOS



Diagrama de fluxo de materiais

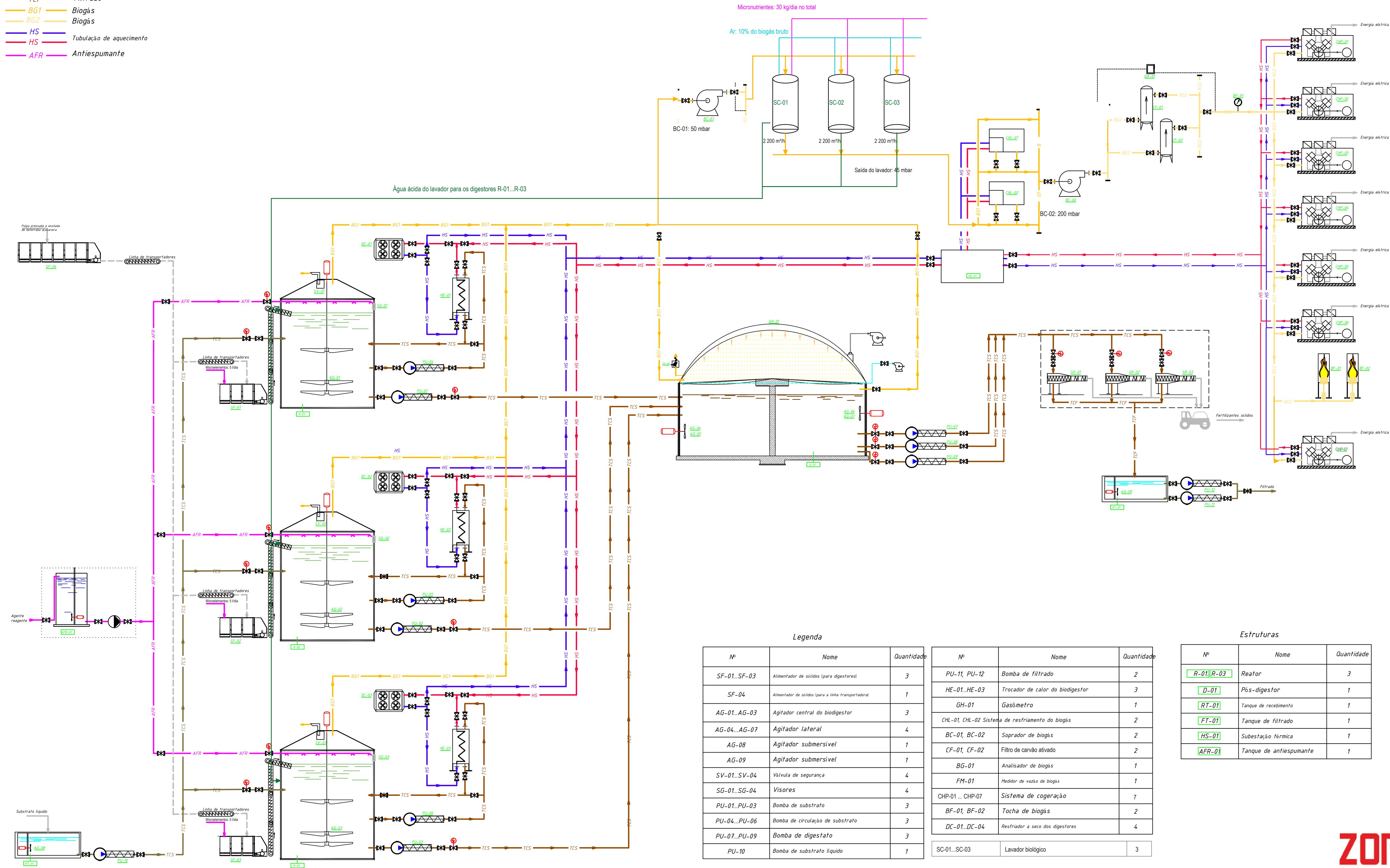
Anexo 1



Legenda das tubulações

- TCS Substrato
- TCF Filtrado
- BG1 Biogás
- BG2 Biogás
- HS
- HS Tubulação de aquecimento
- AFR Antiespumante

Diagrama de processo



Legenda

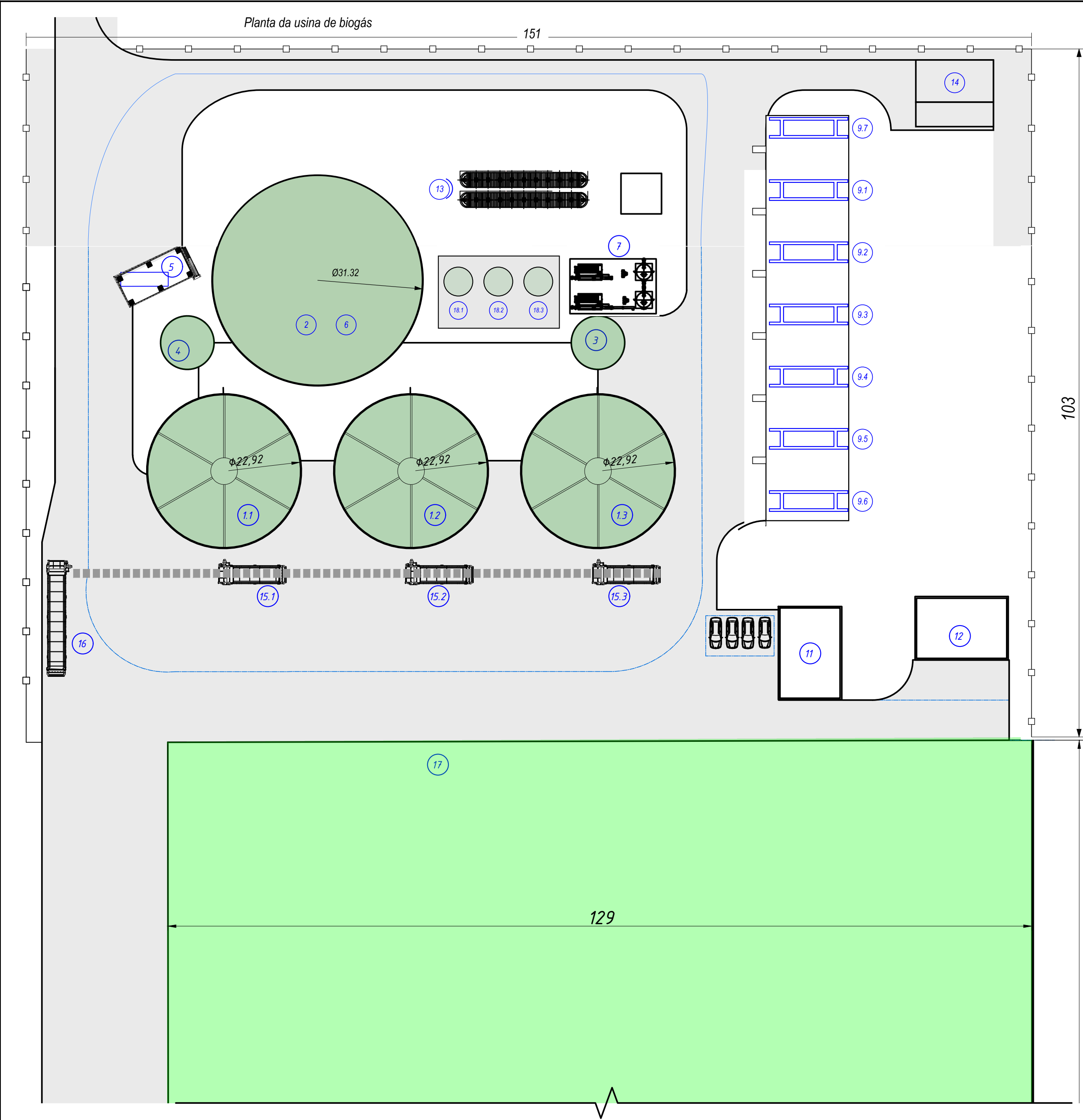
Nº	Nome	Quantidade
SF-01..SF-03	Alimentador de sólidos (para digestores)	3
SF-04	Alimentador de sólidos (para linha transportadora)	1
AG-01..AG-03	Agitador central do biodigestor	3
AG-04..AG-07	Agitador lateral	4
AG-08	Agitador submersível	1
AG-09	Agitador submersível	1
SV-01..SV-04	Válvula de segurança	4
SG-01..SG-04	Visores	4
PU-01..PU-03	Bomba de substrato	3
PU-04..PU-06	Bomba de circulação de substrato	3
PU-07..PU-09	Bomba de digestato	3
PU-10	Bomba de substrato líquido	1

Nº	Nome	Quantidade
PU-11, PU-12	Bomba de filtrado	2
HE-01..HE-03	Trocador de calor do biodigestor	3
GH-01	Gasômetro	1
CHL-01, CHL-02	Sistema de resfriamento do biogás	2
BC-01, BC-02	Soprador de biogás	2
CF-01, CF-02	Filtro de carvão ativado	2
BG-01	Analizador de biogás	1
FM-01	Medidor de vazão de biogás	1
CHP-01 ... CHP-07	Sistema de cogeração	7
BF-01, BF-02	Tocha de biogás	2
DC-01..DC-04	Resfriador a seco dos digestores	4

SC-01..SC-03	Lavador biológico	3
--------------	-------------------	---

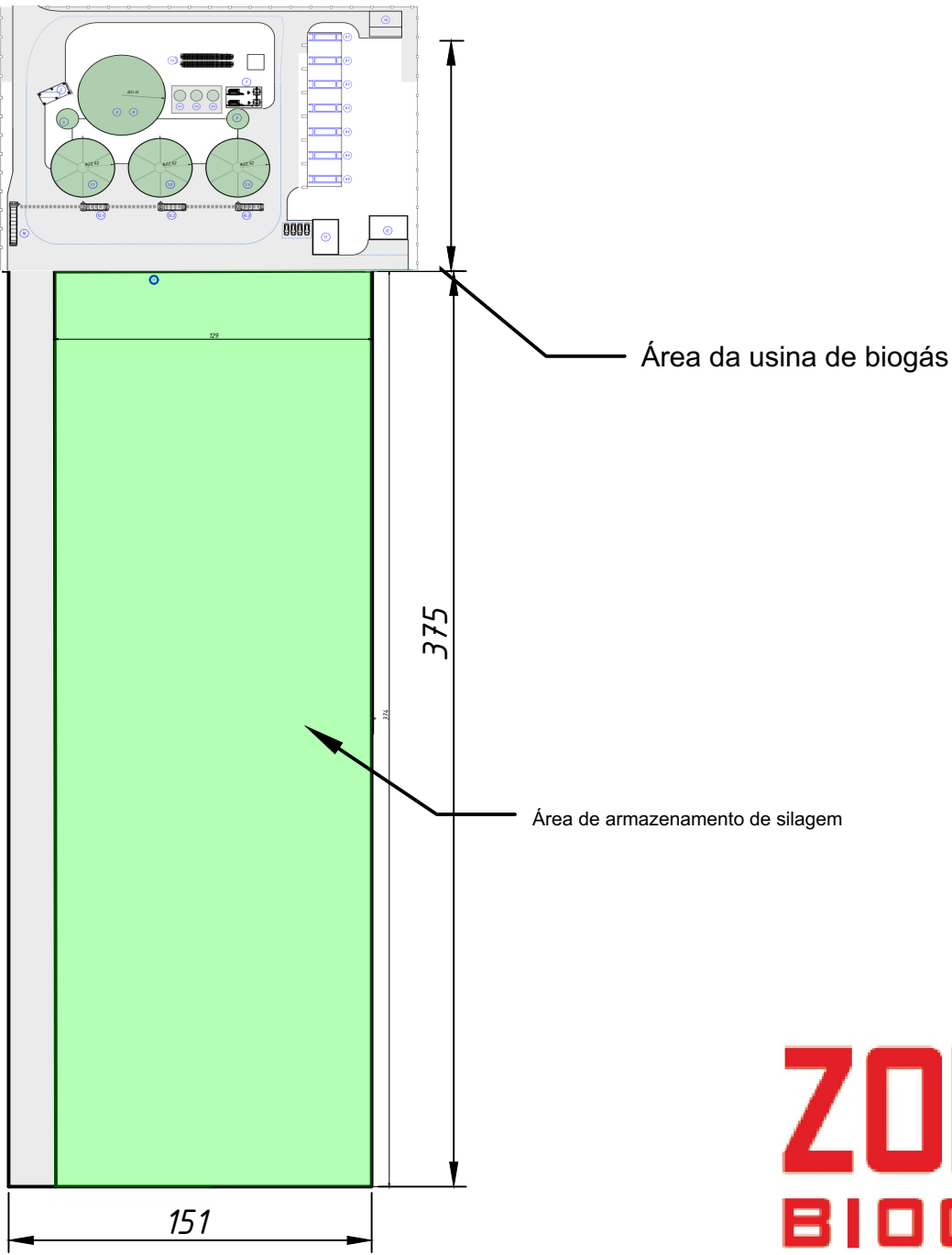
Estruturas

Nº	Nome	Quantidade
R-01, R-03	Reator	3
D-01	Pós-digestor	1
RT-01	Tanque de recebimento	1
FT-01	Tanque de filtrado	1
HS-01	Subestação térmica	1
AFR-01	Tanque de antiespumante	1



Identificação das estruturas

Nº	Nome	Observações
1.1, 1.2, 1.3	Reator	
2	Pós-digestor	
3	Tanque de recebimento	
4	Tanque de filtrado	
5	Área de separação	
6	Gasômetro	
7	Área de tratamento do biogás	
8	Queimador de biogás	
9.1...9.7	CHP	
10	Sala de equipamentos	
11	Sala técnica	
12	Depósito	
13	Reservatório de água de combate a incêndio	
14	Subestação transformadora	
15.1...15.3	Alimentador de sólidos	
16	Alimentador de sólidos para a linha transportadora	
17	Armazenamento de silagem	
18.1...18.3	Lavadores biológicos	



Área da usina de biogás - 1,56 ha
Área dos silos - 4,8 ha

Anexo 4

Usina de biogás - consumo de energia elétrica

Equipamentos	Potência por unidade kW	Quantidade	Potência instalada kW	Horas por dia	Energia por dia kWh
Alimentador central de sólidos, 200 m³	26	1	26	8	208.00
Linha de transportadores	45	1	45	8	360.00
Alimentador de sólidos do digestor, 30 m³	22	3	66	8	528.00
Transportadores helicoidais	46	3	138	8	1 104,00
Agitador central do biodigestor	37	3	111	18	1 998,00
Agitador lateral do pós-digestor	15	4	60	18	1 080,00
Agitador do tanque de recepção	7.5	1	7.5	12	90.00
Agitador do tanque de filtrado	3	1	3	12	36.00
Sistema de resfriamento do biogás	61.6	2	123.2	24	2 956,80
Soprador pressurizador de biogás, 50 mbar	18.5	1	18.5	24	444.00
Compressor de biogás, 200 mbar	66	1	66	24	1 584,00
Conjunto de lavadores biológicos	6	3	18	24	432.00
Separador	7.5	3	22.5	8	180.00
Bomba de alimentação de substrato	11	1	11	2	22.00
Bomba de circulação de substrato	11	3	33	12	396.00
Bomba de substrato para o digestor	11	3	33	3	99.00
Bomba de substrato para o separador	11	3	33	8	264.00
Bomba de filtrado	18.5	2	37	4	148.00
Compressor de ar da vedação do gasômetro	1.5	1	1.5	1	1.50
Soprador de ar de sustentação da membrana	1	1	1	24	24.00
Sistema de resfriamento do digestor	4	4	16	24	384.00
Bomba de circulação de aquecimento do digestor	0.8	3	2.4	24	57.60
Bomba de circulação de resfriamento do digestor	2	6	12	24	288.00
Bomba de aquecimento do edifício técnico	0.1	1	0.1	24	2.40
Bomba de propilenoglicol	0.8	1	0.8	0.5	0.40
Bomba de drenagem	1	1	1	0.5	0.50
Iluminação externa	1	1	1	8	8.00
Iluminação dos visores	0.1	1	0.1	0.5	0.05
Iluminação do quadro elétrico	0.1	1	0.1	0.5	0.05
Equipamentos auxiliares da cogeração	22	7	154	24	3 696,00

Potência elétrica instalada total, kW

1 041,7

Consumo elétrico diário total, kWh/dia

16 392,3

Consumo elétrico médio, kW

683.0

Preços - usina de biogás com 780 toneladas de polpa de beterraba sacarina por dia

No.	Equipamentos / serviços	Qtd.	Preço unitário, EUR	Subtotal, EUR
1	Projeto executivo	1	87 500	87 500
2	Supervisão	1	56 000	56 000
3	Partida e treinamento	1	56 000	56 000
4	Despesas de hospedagem e viagem	1	42 000	42 000
5	Entrega dos equipamentos	85	8 000	680 000
6	Laboratório	1	18 900	18 900
7	Alimentador central de sólidos 200 m3	1	215 000	215 000
8	Conjunto de roscas transportadoras	1	135 000	135 000
9	Linha de transportadores	1	245 000	245 000
10	Alimentador de sólidos 30 m3	3	125 000	375 000
11	Conjunto de roscas transportadoras	3	145 000	435 000
12	Agitador central 37 kW	3	117 600	352 800
13	Agitador lateral 7,5 kW	1	22 400	22 400
14	Agitador lateral 7,5 kW	1	22 400	22 400
15	Agitador lateral 15 kW (pós-digestor)	4	33 600	134 400
16	Bomba de alimentação de substrato 11 kW	1	20 300	20 300
17	Bomba de digestato 11 kW	3	20 300	60 900
18	Bomba de circulação de substrato 11 kW	3	20 300	60 900
19	Bomba de descarga de substrato 11 kW	3	20 300	60 900
20	Bomba de filtrado 18 kW	2	32 200	64 400
21	Válvula gaveta para substrato	20	4 900	98 000
22	Válvula de substrato com acionamento elétrico	20	5 600	112 000
23	Gasômetro 2047 m3	1	67 900	67 900
24	Resfriador de biogás 3200 m³/h	2	136 500	273 000
25	Soprador de biogás 6600 m³/h	2	43 400	86 800
26	Filtro de carvão ativado 3200 m³/h, 1000 kg	2	38 500	77 000
27	Queimador de biogás 6600 m³/h	2	129 500	259 000
28	Analizador de gás	1	18 900	18 900
29	Unidade de condicionamento de gás	1	98 000	98 000
30	Sistema de abastecimento de água e esgoto	1	52 500	52 500
31	Central de aquecimento	1	94 500	94 500
32	Resfriador a seco (sistema de resfriamento do substrato do fermentador)	4	25 900	103 600
33	Automação e painel elétrico	1	480 000	480 000
34	Sensores (conjunto)	6	27 000	162 000
35	Reator 7422 m3	3	757 600	2 272 800
36	Tanque de pós-digestão 5082 m3	1	249 000	249 000
37	Tanque de recebimento 166 m3	1	84 000	84 000
38	Tanque de filtrado 166 m3	1	84 000	84 000
39	Trocador de calor do substrato	3	15 400	46 200
40	Cogeração 2020 V20, 2000 kW, contêiner, resfriamento, bombas, trocadores de calor, silenciadores de escape, tanques de óleo e controles	7	650 000	4 550 000
41	Lavador biológico de biogás 2200 m³/h	3	250 000	750 000
42	Armazenamento de polpa ensilada 290 000 m3	1	0	1 500 000 Cliente
43	Construção e instalação	1	0	2 000 000 Cliente

Fornecimento e serviços ZORG

13 164 000

TOTAL incluindo obras civis do cliente

16 664 000

Prazos de execução e pagamentos

Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12
Documentação do projeto	50%		50%										
Aprovações e licenças													
Equipamentos				30%		25%	25%	20%					
Entrega						25%	25%	25%	25%				
Construção													
Supervisão				50%			50%						
Partida da usina de biogás											50%	50%	

Contratos

O projeto é executado simultaneamente sob vários contratos

- Contrato de engenharia
- Contrato de fornecimento de equipamentos
- Contrato de supervisão
- Contrato de partida e treinamento

Itens excluídos do fornecimento:

Itens excluídos

- 1) Levantamentos topográficos e geológicos: 3 000-7 000 EUR.
- 2) Transformador e conexões elétricas externas para construção, partida e operação normal.
- 3) Vias de acesso externas à usina de biogás.
- 4) Abastecimento temporário de água para construção e testes hidráulicos. São necessários pelo menos 7 422 m³ de água técnica não salina para testar um reator.
- 5) O inóculo bacteriano para a partida é fornecido pelo cliente. Fontes adequadas incluem digestato de uma usina em operação, esterco ou lodo de esgoto. O procedimento de enchimento inicial é definido para o inóculo selecionado.
- 6) Veículos para transportar matéria-prima até a instalação e entre o armazenamento e os alimentadores de sólidos.
- 7) Carvão ativado: 2 toneladas a cada dois anos x 1 800 EUR/tonelada.
- 8) Microelementos do digestor: 15 l/dia; 5 475 l/ano x 25 EUR/l = 136 875 EUR/ano.
- 9) Micronutrientes do lavador: 30 kg/dia; 10 950 kg/ano.
- 10) Água desmineralizada para o circuito de aquecimento: 10 toneladas.
- 11) Peças de reposição para dois anos: 530 000 EUR.



Centro empresarial "Twin Yards"
Walter-Gropius-Straße 23,
DE-80807, Munique, Alemanha

Mob. +49 1511 457 29 45 (WhatsApp, Viber, Telegram)

igor.reddikh@zorg-biogas.com
www.zorg-biogas.com