



**Bernardo Scheunemann**

**Leonardo Sackser**

**PROJETO DE PRODUTO DE UM *FLARE* PARA A COMBUSTÃO DE BIOGÁS**

Horizontina - RS

2019

**Bernardo Scheunemann**

**Leonardo Sackser**

**PROJETO DE PRODUTO DE UM *FLARE* PARA A COMBUSTÃO DE BIOGÁS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Me. Adalberto Lovato.

Horizontina - RS

2019

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

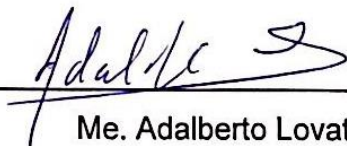
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso**

**“PROJETO DE PRODUTO DE UM FLARE PARA A COMBUSTÃO DE BIOGÁS”**

**Elaborado por:**  
**Bernardo Scheunemann**  
**Leonardo Sackser**

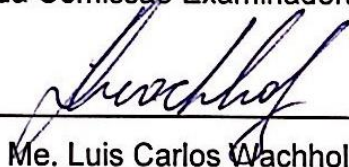
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Mecânica

Aprovado em: 05/12/2019  
Pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_

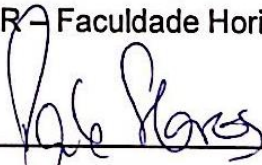
Me. Adalberto Lovato

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

  
\_\_\_\_\_

Me. Luis Carlos Wachholz

FAHOR – Faculdade Horizontina

  
\_\_\_\_\_

Me. Paulo Marcos Flores

FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS**

**2019**

Aos nossos pais, famílias e namoradas que nos deram toda a base e aporte necessário para concluirmos esta etapa.

Dedicamos também aos amigos e colegas que acompanharam e vivenciaram conosco o trabalho realizado.



Primeiramente, agradecemos a Deus pelo dom da vida e por iluminar nossos caminhos.

Aos professores que nos instruíram durante a jornada da graduação.

Em especial, ao nosso orientador, Me. Adalberto Lovato, pela ajuda, dedicação e conhecimento compartilhado.

“Você não pode simplesmente perguntar aos consumidores o que eles querem e daí tentar dar isso a eles. Assim que você conseguir construir isso, eles já vão querer algo novo”.

(Steve Jobs)

## RESUMO

Políticas governamentais estão sendo adotadas para estimular o uso de energias renováveis, visando a sustentabilidade energética. Na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul situa-se um grande número de suinocultores, o que possibilita a exploração da biomassa a partir de dejetos suínos, utilizando-se biodigestores. Este, em seu processo final, produz biogás, o qual vem a ser combustível para geradores de energia elétrica. Seguindo as diretrizes das normas internacionais, o biogás não consumido deve ser queimado em um *flare*. Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo a elaboração do projeto de produto de um *flare* para a combustão de biogás, de acordo com a norma ISO/DIS 22580, considerando suas exigências estruturais, de instrumentação e controle do sistema. Com base na metodologia proposta por Amaral et al. (2015) em seu livro “Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo”, o projeto possui quatro entregas: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado. Os procedimentos foram adaptados para atender às necessidades da pesquisa. Ao final desta, o protótipo foi modelado em 3D, seu funcionamento e mecanismos de segurança foram simulados em *software* baseado em linguagem *ladder* e, por fim, as atividades foram documentadas bem como criou-se um manual de operação. A partir dos indicadores de desempenho, foi constatado que o desenvolvimento de um *flare* é funcionalmente e tecnicamente viável seguindo a norma ISO/DIS 22580, entretanto, com uma ressalva: julgou-se necessário a existência de um documento formal que atribua em detalhes como a eficiência de queima deve ser medida.

**Palavras-chave:** Biogás. *Flare*. Projeto.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico ilustrando o efeito do cromo na resistência dos aços à oxidação a altas temperaturas.....	19
Figura 2 – Controlador lógico programável estruturado em blocos .....	21
Figura 3 – Padrão IEC 61131 de linguagens associadas com a programação de CLP .....	22
Figura 4 – Esquema <i>Ladder</i> .....	23
Figura 5 – Metodologia macro do projeto de produto.....	25
Figura 6 – Modelo do ciclo de vida do produto e suas atividades .....	31
Figura 7 – Função global: representação gráfica .....	35
Figura 8 – Modelo de Matriz de Decisão .....	37
Figura 9 – EDT – Estrutura de Decomposição do Trabalho.....	44
Figura 10 – Diagrama de Mudge - classificação por relevância dos requisitos dos clientes .....	51
Figura 11 – QFD - Hierarquização dos requisitos do projeto .....	53
Figura 12 – Função global do produto.....	55
Figura 13 – Estrutura de funções do produto .....	56
Figura 14 – Matriz dos princípios de solução para as funcionalidades do produto	58
Figura 15 – Matriz de concepções viáveis do produto .....	59
Figura 16 – Matriz de decisão da concepção final do produto .....	60
Figura 17 – Esboço da concepção final do produto .....	61
Figura 18 – Concepção final do produto em modelagem 3D .....	62
Figura 19 – Diagrama representativo da lógica executada pelo sistema .....	64
Figura 20 – Malha de controle do sistema (simulado).....	64
Figura 21 – Declaração das entradas do sistema .....	65
Figura 22 – Declaração das saídas do sistema.....	65
Figura 23 – Declaração das variáveis da programação .....	66
Figura 24 – Interface gráfica com o <i>flare</i> em operação .....	69
Figura 25 – Interface gráfica sendo controlada através do kit CLP .....	69
Figura 26 – Interface gráfica com os estados possíveis do <i>flare</i> .....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Interessados no projeto .....	42
Quadro 2 – Escopo do produto .....	42
Quadro 3 – Escopo do projeto.....	43
Quadro 4 – Cronograma .....	45
Quadro 5 – Análise de riscos do projeto .....	46
Quadro 6 – Orçamento do projeto.....	47
Quadro 7 – Indicadores de desempenho .....	48
Quadro 8 – Ciclo de vida do produto .....	49
Quadro 9 – Requisitos dos clientes do produto .....	50
Quadro 10 – Classificação dos requisitos dos clientes do produto .....	52
Quadro 11 – Requisitos do projeto.....	52
Quadro 12 – Terço superior das especificações do produto .....	54
Quadro 13 – Terço médio das especificações do produto .....	54
Quadro 14 – Terço inferior das especificações do produto .....	55
Quadro 15 – Análise de atendimento dos requisitos do produto .....	71

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	TEMA .....	12
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	12
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA .....	12
1.4	HIPÓTESES .....	13
1.5	JUSTIFICATIVA .....	13
1.6	OBJETIVOS .....	14
1.6.1	Objetivo Geral .....	14
1.6.2	Objetivos Específicos .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1	PROJETO DE PRODUTO .....	16
2.2	BIODIGESTORES E BIOGÁS .....	17
2.3	NORMA ISO/DIS 22580 .....	18
2.4	AÇO INOXIDÁVEL .....	19
2.5	AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS .....	20
2.5.1	Controlador Lógico Programável – CLP .....	20
2.5.2	Diagrama <i>Ladder</i> - LD .....	21
2.5.3	Instrumentação .....	23
<b>3</b>	<b>MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1	PLANEJAMENTO DO PROJETO .....	25
3.1.1	Definir interessados do projeto .....	26
3.1.2	Definir escopo do produto .....	26
3.1.3	Definir escopo do projeto .....	27
3.1.4	Detalhar o escopo do projeto .....	27
3.1.5	Preparar cronograma .....	28
3.1.6	Avaliar riscos .....	28
3.1.7	Preparar orçamento do projeto .....	29
3.1.8	Definir indicadores de desempenho .....	29
3.1.9	Avaliar e aprovar fase .....	29
3.2	PROJETO INFORMACIONAL .....	30
3.2.1	Detalhar o ciclo de vida do produto .....	30
3.2.2	Definir clientes do produto .....	31
3.2.3	Identificar os requisitos dos clientes .....	31
3.2.4	Definir os requisitos do produto .....	32
3.2.5	Definir especificações-meta do produto .....	32
3.2.6	Avaliar e aprovar fase .....	33
3.3	PROJETO CONCEITUAL .....	33
3.3.1	Modelar funcionalmente o produto .....	34
3.3.2	Desenvolver princípios de solução para as funções .....	35
3.3.3	Desenvolver alternativas de solução para o produto .....	36
3.3.4	Definir arquitetura .....	36
3.3.5	Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) .....	36
3.3.6	Selecionar a concepção do produto .....	37
3.3.7	Avaliar e aprovar fase .....	38
3.4	PROJETO DETALHADO .....	38
3.4.1	Criar e detalhar SSCs, documentação e configurações .....	38
3.4.2	Criar material de suporte do produto .....	39
3.4.3	Testar e homologar o produto .....	39

3.4.4	Avaliar e aprovar fase .....	39
3.5	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	40
4	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
4.1	PLANEJAMENTO DO PROJETO .....	41
4.2	PROJETO INFORMACIONAL .....	48
4.3	PROJETO CONCEITUAL .....	55
4.4	PROJETO DETALHADO .....	61
4.4.1	Desenhos detalhados dos SSCs .....	63
4.4.2	Programação do sistema de controle .....	64
4.4.3	Simulação funcional via software .....	68
4.4.4	Material de suporte do produto .....	70
4.4.5	Análise de desempenho do projeto .....	70
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
	REFERÊNCIAS .....	75
	APÊNDICE A - DESENHOS DETALHADOS DO PRODUTO .....	77
	APÊNDICE B - ESTRUTURA DO PRODUTO OU BOM - <i>BILL OF</i>	
	<i>MATERIALS</i> .....	120
	APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM <i>LADDER</i> .....	122
	APÊNDICE D - MANUAL DE OPERAÇÃO .....	123
	ANEXO A – COTAÇÕES DE POSSÍVEIS FORNECEDORES .....	139
	ANEXO B - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES MECÂNICAS	
	DOS AÇOS INOXIDÁVEIS .....	144
	ANEXO C - PERFIS DE TUBOS EM AÇO INOXIDÁVEL PADRÃO	
	SCHEDULE .....	145

## 1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade da atual demanda energética global, que vem tornando-se maior a cada ano, bem como a sustentabilidade energética, desenvolveu-se diversas fontes renováveis de energia. Dentre elas, é possível destacar a energia eólica, solar e biomassa. Cada fonte de energia possui suas limitações bem como suas vantagens.

Em diversos países do mundo, políticas governamentais estão sendo adotadas para estimular o uso de energias renováveis, visando trabalhar questões de segurança junto ao abastecimento energético e conflitos ambientais gerados pelas emissões de gases do efeito estufa. Sendo assim, as fontes de energias renováveis utilizadas na geração de energia elétrica possuem um considerável índice de crescimento, representando um aumento de 2,8% ao ano entre os anos de 2010 e 2040 (SIMÕES MOREIRA, 2019).

Na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul situa-se um grande número de suinocultores, o que possibilita a exploração da biomassa a partir de dejetos suínos, utilizando-se biodigestores.

Dentre os benefícios do biodigestor pode citar-se o fato de permitir a produção de biogás incessantemente, durante o ano inteiro. Assim, é possível produzir energia elétrica constantemente sem depender de fatores climáticos externos, o que não se aplica às energias solar e eólica.

Os biodigestores em questão consistem em um sistema de armazenamento de dejetos suínos, em reservatórios especiais, onde ocorre a decomposição anaeróbica através de bactérias, dando origem ao biogás. Este, por sua vez, alimenta um motor de combustão interna - adaptado para operar com biogás - interligado a um gerador elétrico, produzindo assim energia elétrica. Entretanto, se o motor não for capaz de consumir todo o biogás, este não pode ser liberado na atmosfera, necessitando ser queimado em um *flare*.

Nesse contexto, o trabalho tem por objetivo desenvolver o projeto de produto de um *flare* voltado para um biodigestor de dejetos suínos, localizado numa propriedade rural no interior do município de Santo Cristo - Rio Grande do Sul, analisando-se as características chave de requisitos do cliente e do produto, a fim de determinar o sucesso do projeto.



## 1.1 TEMA

Elaboração do projeto de produto de um *flare* para a combustão de biogás, com base na norma ISO/DIS 22580.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O projeto de produto delimita-se nas exigências estabelecidas pela norma ISO/DIS 22580 referentes aos materiais e estrutura física do *flare*, instrumentação para a leitura de dados, atuação e controle do sistema. Os itens citados acima são avaliados via *software* CAD e de simulação de controladores lógico programáveis. A capacidade do produto desenvolvido foi baseada em uma propriedade parceira.

A concepção do projeto de produto é baseada na metodologia sugerida por Amaral et al. (2015) em seu livro “Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo”, a qual foi adaptada de acordo com as necessidades do projeto.

O presente trabalho não aborda a construção do protótipo, o sistema de alimentação elétrica, proteção contra descargas elétricas e procedimentos de teste, itens que também compõem a norma ISO/DIS 22580.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O comitê técnico de biogás, estabelecido pela ISO/TC 255, tem o objetivo de possibilitar a troca de conhecimentos tecnológicos e acelerar a aplicação do biogás internacionalmente, propondo que os equipamentos utilizados sejam desenvolvidos e mantidos de forma padronizada.

Nesse contexto, constituiu-se a normativa ISO 20675, a qual é responsável pela classificação, definição e termos da produção de biogás. Seguindo suas proposições de segurança e preservação ambiental, o biogás em excesso produzido num determinado sistema deve ser queimado em um *flare*, não podendo ser armazenado em instalações alternativas.

Havendo a necessidade de combustão do biogás, conforme descrito no parágrafo anterior, introduziu-se a norma ISO/DIS 22580 com a finalidade estabelecer parâmetros técnicos e garantir maior segurança para os *flares*, reduzir a emissão do gás metano (CH<sub>4</sub>) - potente agente causador do efeito estufa - na atmosfera e prevenir riscos à saúde causados por gases perigosos.

Com base no exposto, o problema de pesquisa é estabelecido pela seguinte pergunta: é funcionalmente e tecnicamente viável o desenvolvimento de um *flare* para a combustão de biogás seguindo as diretrizes da norma internacional ISO/DIS 22580?

#### 1.4 HIPÓTESES

Após exposto o problema, levantam-se os seguintes pressupostos:

- As especificações da norma ISO/DIS 22580 apresentam os requisitos funcionais para a construção de *flares* para biodigestores.
- A normativa dos *flares* prevê possíveis problemas no processo de queima do biogás.

Baseando-se nestes pressupostos, levantou-se as seguintes hipóteses:

- Atendendo a norma ISO/DIS 22580 é possível construir um *flare* 99% eficiente.
- Os requisitos da norma ISO/DIS 22580 exigem a construção de um *flare* adicional para operar durante a necessidade de manutenção do principal.

#### 1.5 JUSTIFICATIVA

Proteger o meio ambiente tem sido desafiante para os mais variados setores industriais e energéticos, nacionais e internacionais. Biodigestores apresentam um considerável potencial de danos ao meio ambiente, visto que o metano é cerca de vinte vezes mais poluente em relação ao gás carbônico. Diante disso, para minimizar os riscos provenientes dos biodigestores, nos deparamos com ações a serem tomadas e que englobam questões: ambientais, de segurança, desenvolvimento econômico e inovação tecnológica.

A primeira está diretamente ligada aos cuidados com um dos fenômenos naturais que mais agride o meio ambiente: o efeito estufa. Através da queima do biogás excedente proveniente da planta do biodigestor, é possível transformar o gás metano ( $\text{CH}_4$ ), presente em maior quantidade em sua composição, em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), diminuindo o potencial de impacto do efeito estufa em aproximadamente vinte vezes.

As funções de segurança devem garantir que o sistema opere de forma confiável e inteligente através da escolha de equipamentos e componentes

técnicos assertivos. O sistema de controle da planta e as válvulas de segurança são responsáveis em assegurar o bem do meio ambiente, dos seres vivos ao redor e também do próprio sistema.

A implantação do sistema de combustão promoverá o desenvolvimento regional, onde as instalações em funcionamento servirão de modelo para atrair novos adeptos à energia renovável proveniente dos biodigestores, buscando estar de acordo com as regulamentações internacionais e aderir aos programas de incentivo para regular a emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>).

Além disso, a construção de um *flare* irá permitir o aprimoramento tecnológico ou de técnicas alternativas, proporcionando soluções eficazes, de menor custo possível e maior rentabilidade para pequenas propriedades rurais onde objetiva-se reutilizar os recursos provenientes de atividades já desempenhadas pelos proprietários.

A segurança dos biodigestores está diretamente ligada à existência de um *flare* cuja operação é regulamentada pela normativa ISO/DIS 22580. Para a implantação de um produto que segue as normas internacionais, é de importância que os requerimentos estejam claros por parte dos envolvidos, promovendo um estudo consolidado que permita atender com eficiência às demandas do setor de energias renováveis.

Este projeto de TFC (Trabalho Final de Curso), visando a viabilidade da aplicação da norma ISO/DIS 22580, justifica-se pela necessidade de desenvolver *flares* normatizados para utilização em plantas de biogás e estar de acordo com as exigências internacionais.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo Geral

O trabalho em questão tem por objetivo desenvolver o projeto de produto de um *flare* a partir de parâmetros técnicos estabelecidos pela norma internacional ISO/DIS 22580, resultando em um sistema seguro e que opere com uma eficiência de 99% na queima do biogás, visando minimizar os impactos ambientais produzidos pelas plantas de biogás.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

- Definir os requisitos de projeto e de clientes à elaboração do projeto.
- Modelar as estruturas mecânicas e componentes em *software* CAD (*Computer-Aided Design*).
- Realizar simulação via *software* do sistema do *flare* e mecanismos de segurança.
- Documentar e mapear o sistema.
- Recomendação sobre a instrumentação do projeto, confrontando os requisitos da norma e valores no mercado brasileiro.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PROJETO DE PRODUTO

O PMI (2017, p.4) afirma que “projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único”. Ainda, para o PMI (2017), os projetos envolvem todos os níveis de uma organização, podendo estender-se a mais de uma organização simultaneamente. E mesmo sendo uma atividade temporária, continua gerando resultados e benefícios após o seu término, sendo estes benefícios de caráter social, econômico, material ou ambiental.

Segundo Amaral et al. (2015), com a internacionalização dos mercados, o desenvolvimento de produtos vem tornando-se um procedimento crítico dentro dos negócios, permitindo a criação de novos produtos em tempo otimizado, deixando-os mais competitivos para atender às constantes mudanças ambientais, tecnológicas e de mercado.

Barbosa Filho (2009) destaca que o surgimento de novos produtos está relacionado às necessidades que ainda não foram satisfeitas. Essa afirmação se dá tanto por produtos já existentes e que ainda não atenderam às expectativas quanto por produtos ainda não desenvolvidos com tal capacidade de atender às demandas.

O desenvolvimento de produto consiste em um conjunto de atividades que visam, através das exigências de mercado, disponibilidade tecnológica e estratégias de negócios, atender às especificações do projeto de um determinado produto e permitir a manufatura num determinado processo produtivo (AMARAL et al., 2015).

Back et al. (2010) destacam a importância do planejamento dos produtos visto a competitividade do mercado, proveniente da demanda por soluções inovadoras de forma rápida e contínua. Desta maneira o planejamento de produto busca entender o que deve ser desenvolvido em função da estratégia da empresa.

Além disso, o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) possui:

“[...] importância estratégica, buscando: identificar as necessidades do mercado e dos clientes em todas as fases do ciclo de vida do produto; identificar as possibilidades tecnológicas; desenvolver um produto que atenda às expectativas do mercado, em termos da qualidade total do produto; desenvolver o produto no tempo adequado - ou seja, mais rápido que os concorrentes - e a um custo competitivo” (AMARAL et al., 2015, p. 4).

Em contribuição, Pahl et al. (2005) abordam a importância de o desenvolvimento de produto ser executado no momento certo, estimulando o interesse do mercado. Para isso, o processo de desenvolvimento deve ser voltado à criação de boas soluções e que permita ser planejável, flexível, otimizável e verificável.

## 2.2 BIODIGESTORES E BIOGÁS

A utilização do biogás gera, de modo geral, benefícios econômicos e ambientais para a sociedade. “A China e a Índia foram os primeiros países a produzir biogás e a utilizá-lo como fonte de energia. A matéria-prima era oriunda de restos de comidas e dejetos em geral, sendo o biogás produzido utilizado para iluminação e cocção” (KARLSSON et al., 2014, p.8)

No Brasil, a tecnologia da digestão anaeróbica, ou dos biodigestores, começou a ser implantada na década de 1970, com a chegada da crise do petróleo. Apesar de vários incentivos oferecidos na época, os resultados obtidos não foram satisfatórios. No decorrer dos anos, diversos fatores foram responsáveis pela não difusão dos biodigestores: técnicos, humanos e econômicos. Além disso, como os sistemas foram trazidos de fora do país, houve grandes dificuldades em relação às adaptações dos modelos implantados, o que acarretou no aumento do custo bem como a exigência de manutenções recorrentes (WINROCK, 2008).

Segundo Bley Jr. (2015), a introdução da suinocultura na década de 1970 potencializou o uso dos biodigestores. A atividade era e é, ainda hoje, a que gera maior volume de dejetos orgânicos. As dificuldades encontradas na época para difundir a tecnologia estavam relacionadas aos cuidados com a biomassa e aos materiais que constituíam os biodigestores.

Winrock (2008) afirma que o biodigestor compreende o local onde ocorre a fermentação da biomassa (matéria orgânica animal ou vegetal), caracterizado por um reservatório totalmente vedado e sem a presença de oxigênio, o que permite um ambiente propício aos microrganismos atuarem na degradação da matéria. O resultado obtido nesse processo é o biogás e ao biofertilizante.

De forma geral, o biogás é composto por uma mistura de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono. Diversos fatores, como a temperatura, o pH e o tipo de substrato, possuem influência na composição do biogás resultante. A produção de

metano ocorre de forma incessante desde que a processo seja anaeróbico, ou seja, sem a presença de oxigênio. Quando purificado, o biogás pode servir como fonte de energia, através de motores geradores, ou como combustível veicular (KARLSSON et al., 2014, p.8).

Para Al Seadi et al. (2008), um dos maiores problemas ambientais da sociedade moderna é a produção e acúmulo de resíduos orgânicos gerados durante a produção de alimento. Esse acúmulo pode tornar-se energia renovável através da produção de biogás, bem como desenvolver tecnologias e beneficiar economicamente a sociedade.

Atualmente, a instalação de biodigestores é uma das soluções mais importantes quando se trata de digestão anaeróbica. A nível mundial, a Ásia contém milhões de famílias que utilizam biodigestores em pequena escala. Já em países como a Índia, China, Vietnã e Nepal, utilizam o biogás para cozinhar e produzir energia elétrica. Enquanto na Europa e América do Norte há milhares de biodigestores, onde a maioria utiliza novas tecnologias para fazer seu controle. (AL SEADI et al. 2008).

Karlsson et al. (2014) destacam que com a extensiva produção agropecuária e industrial do Brasil e a sua população concentrando-se em grandes centros urbanos, o atual aproveitamento do biogás no país está abaixo de seu potencial. Contudo com os resultados já alcançados mostra-se que asseguram um bom domínio da tecnologia, tornando assim o país apto a investir no segmento para o futuro, seja no setor agrícola ou industrial.

### 2.3 NORMA ISO/DIS 22580

A norma ISO/DIS 22580 estabelece padrões para a construção de *flares* destinados à queima de biogás, proveniente de biodigestores. A proposta do documento é garantir que os *flares* operem de forma segura, reduzindo as emissões do gás metano na atmosfera e prevenindo riscos humanos e ambientais causados pelo biogás.

Os pontos abordados pela norma ISO/DIS 22580 são referentes à manufatura, instalação, operação e manutenção do sistema de combustão. Além disso, a implementação de *flares* contribui com o desenvolvimento regional e nacional, permitindo também a redução da emissão de carbono. No ano de 2019,

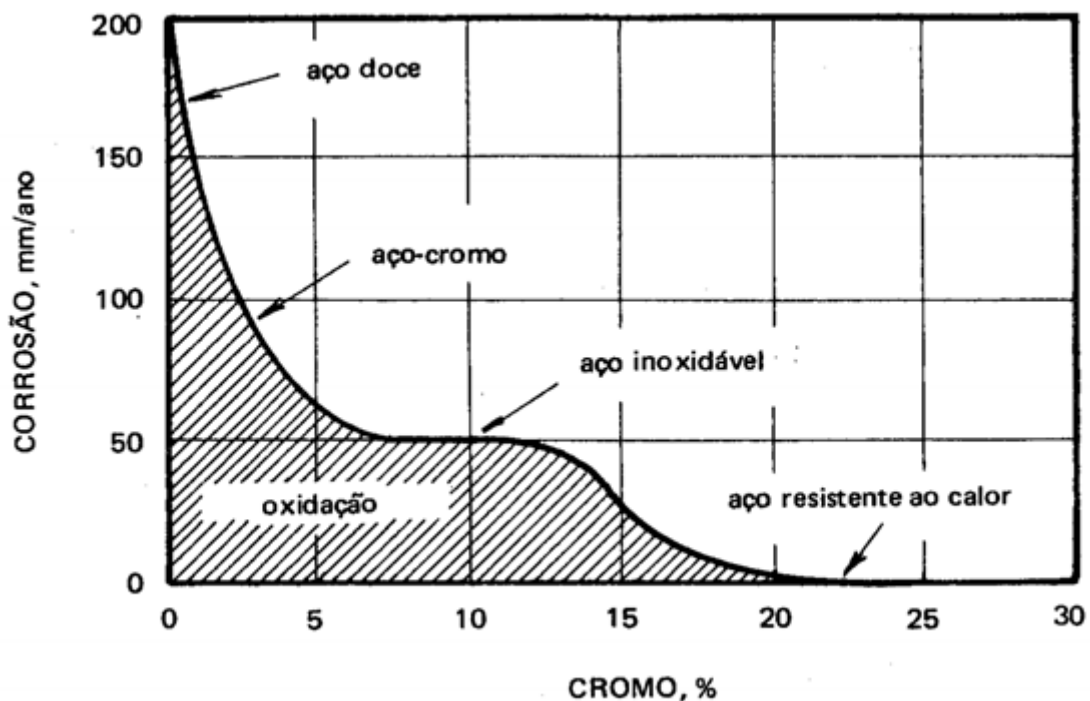
a norma em questão entrou em votação no comitê técnico. A sua publicação não foi efetuada até o fim desta pesquisa.

## 2.4 AÇO INOXIDÁVEL

Segundo Callister Jr. e Rethwisch (2018) os aços inoxidáveis caracterizam-se por ter alta resistência a ferrugem em ambientes expostos a atmosfera, onde o elemento liga predominante é o cromo, tendo de atingir pelo menos um teor de 11% para ser classificado como tal. A fim de melhorar a sua resistência a corrosão, pode ser adicionado Molibdênio e Níquel na composição do aço.

“[...] no caso da resistência à corrosão, o cromo já atua efetivamente a partir de 10%, na resistência a calor, é necessário que sua quantidade ultrapasse 20%” (CHIAVERINI, 1986, p. 252). Na Figura 1, pode ser visto o fenômeno citado acima, onde a curva mostra a penetração em cubos de meia polegada aquecidos durante 48 horas a 1.000°C no ar.

Figura 1 – Gráfico ilustrando o efeito do cromo na resistência dos aços à oxidação a altas temperaturas



Fonte: Chiaverini, 1986, p. 252



## 2.5 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

O termo “automação” refere-se à ação de adotar controles automáticos em um determinado processo ou equipamento. “O próprio dispositivo é capaz de perceber mudanças que afetam o sistema, decidir sobre a necessidade de realizar alguma ação corretiva e atuar sobre o sistema, sem intervenção humana” (CAMARGO, 2014, p. 15).

Para que um sistema opere ou execute uma determinada tarefa, faz-se necessário o controle. Este determina o modo de agir sobre o sistema, podendo ser classificado, de modo geral, como manual ou automático. O controle manual necessita de um operador, o qual é responsável pelo processamento, de modo manual, de um sinal para o elemento de controle. Por outro lado, o sistema automático trabalha para manter estável um determinado estado ou variável, podendo executar determinadas ações ou correções sem a intervenção humana (RODRIGUES, 2016).

Segundo Camargo (2014), os sistemas de automação podem ser classificados de acordo com a sua flexibilidade e seu nível de associação de tarefas. Um dos tipos mais utilizados atualmente é a automação programável, cujo sistema é formado por elementos que armazenam a lógica de operação e que acionam e desligam dispositivos automaticamente de acordo com a sequência estabelecida.

### 2.5.1 Controlador Lógico Programável – CLP

Segundo Prudente (2007), o controlador lógico programável (CLP) consiste em um dispositivo formado por componentes eletrônicos e uma memória, programável ou não. Tem por finalidade ler e executar instruções que estão armazenadas na memória, comunicando-se mutuamente com portas de entrada (*input*) e saída (*output*), analógicas ou digitais, de acordo com o programa estabelecido.

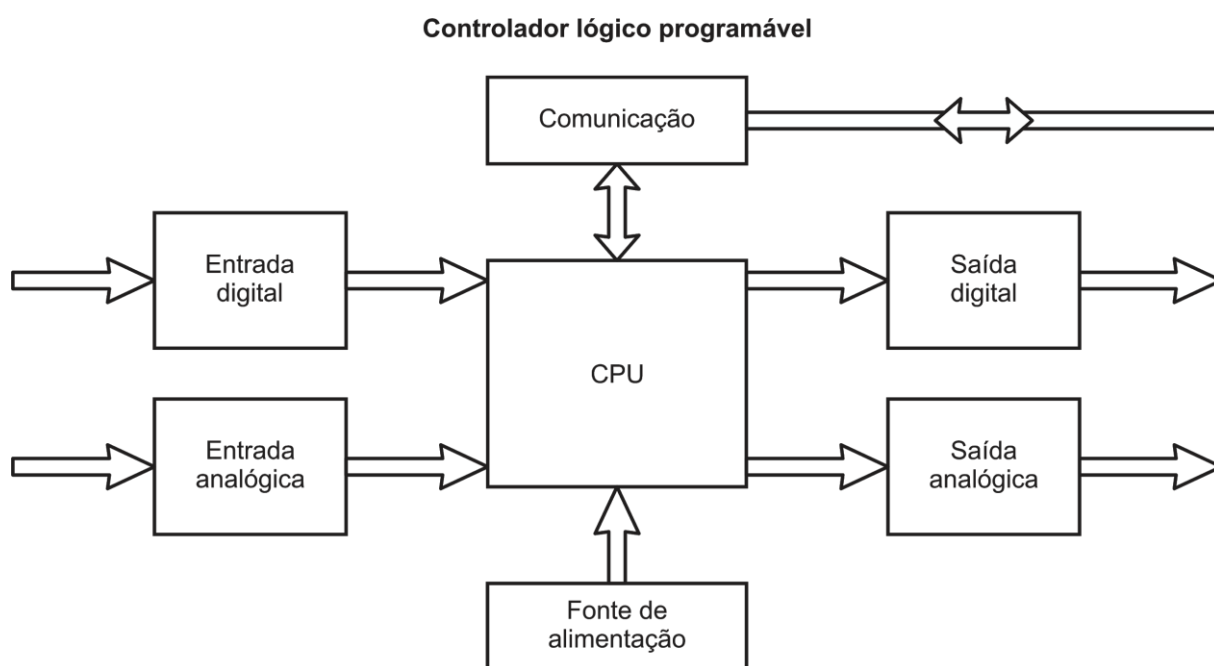
De forma sucinta, Roque (2014) caracteriza o CLP como um computador destinado à execução de controles de processos de diferentes níveis de complexidade, possuindo interface de fácil interpretação ou manipulação por parte do usuário. Além disso, “o CLP é adequado ao ambiente industrial, por ser

resistente a ruídos, poeira, umidade e perturbações eletromagnéticas, além de apresentar pequenas dimensões” (ROQUE, 2014, p. 29).

Os controladores lógicos programáveis podem possuir arquitetura - equipamento e programa - aberta ou fechada. A fechada, comumente, constitui projeto patentado, limitando a conexão com dispositivos de diferentes fabricantes. Já a aberta permite facilmente a conexão de componentes e programas de outros fabricantes, encontrados facilmente no mercado (PETRUZELLA, 2014).

Roque (2014) afirma que um CLP possui cinco principais blocos, os quais são compreendidos por: fonte de alimentação (contínua ou alternada), entradas (analógicas ou digitais), saídas (analógicas ou digitais), Unidade Central de Processamento (CPU, que corresponde ao processador e memórias) e Unidade de Comunicação. A Figura 2 dispõe visualmente essa divisão em blocos.

Figura 2 – Controlador lógico programável estruturado em blocos



Fonte: Adaptado de Roque (2014, p. 30)

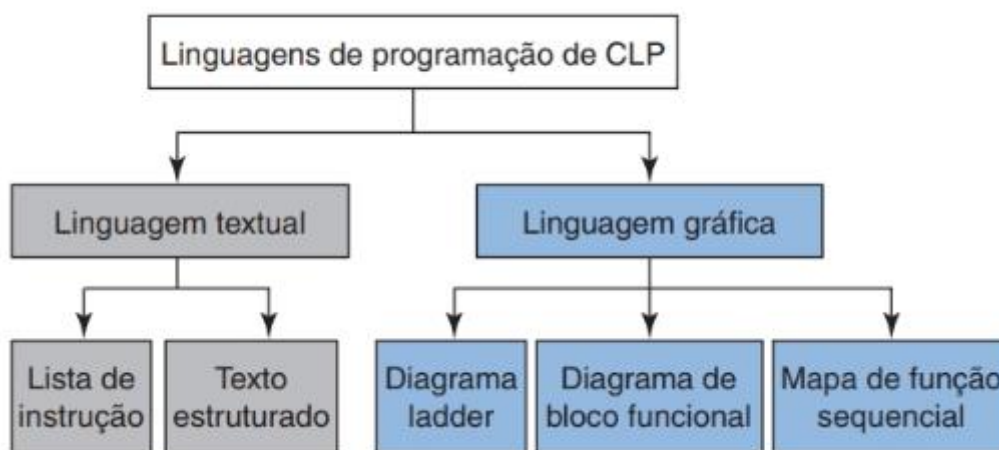
### 2.5.2 Diagrama *Ladder* - LD

O CLP executa determinadas funções a partir da lógica escrita em uma determinada linguagem de programação. As linguagens utilizadas podem ser do gênero gráfico ou textual. O gênero textual caracteriza-se por ser mais difícil e menos intuitivo, exigindo um nível e conhecimento maior na área. Já o gênero

gráfico é mais intuitivo e corresponde a um esquema de blocos (PRUDENTE, 2007).

A norma IEC 61131, estabelecida pela *International Electrotechnical Commission*, padroniza as diferentes modalidades de programação associadas ao CLP (PETRUZELLA, 2014). A Figura 3 compreende a divisão das linguagens de programação de acordo com o padrão estabelecido.

Figura 3 – Padrão IEC 61131 de linguagens associadas com a programação de CLP



Fonte: Petruzella (2014, p. 77)

O diagrama *Ladder* - LD (*Ladder Diagram*) é a linguagem mais utilizada para CLP. Além disso, “é popular para aqueles que preferem definir as ações de controle em termos de contatos dos relés e de bobinas, além de outras funções, como bloco de instruções (PETRUZELLA, 2014, p. 77).

Em contribuição, Roque (2014) afirma que a linguagem *Ladder* “é baseada na lógica de relés e esquema de contatos”, apresentando sinais gráficos. A tradução literária do termo *Ladder* é “escada”, pois o esquema visual estabelecido pela linguagem se assemelha a uma escada. (PRUDENTE, 2007).

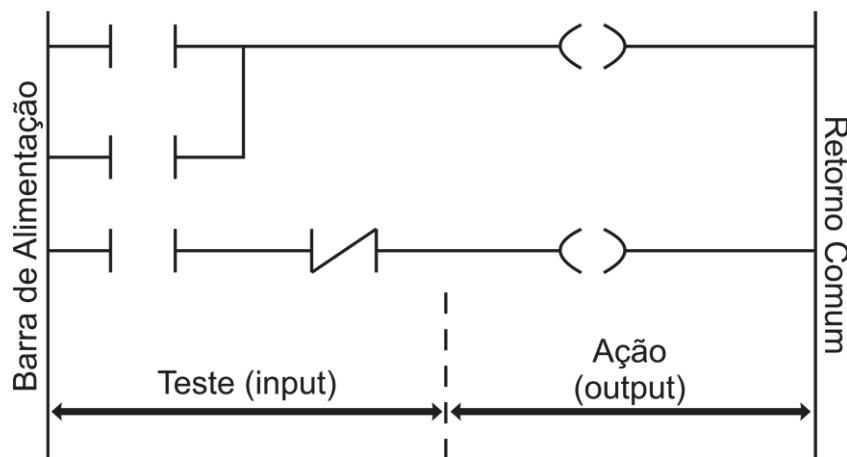
De acordo com Prudente (2007, p. 40), o diagrama *Ladder* é composto “estruturalmente de duas linhas verticais e linhas horizontais (escada), sob as quais estão desenhados os elementos constituintes do sistema a controlar”. Mais especificamente, possui:

- Barra de alimentação - linha vertical esquerda, responsável pelos elementos de *input* ou entrada do sistema;

- Retorno comum - linha vertical direita, responsável por interligar os elementos de saída (*output*);
- Zona de *input* ou de teste - correspondente às entradas do sistema, tanto para abertura ou fechamento de contato, seguindo a lógica do sistema;
- Zona de *output* ou de ação - correspondente às variáveis de saída.

A Figura 4 permite visualizar a estrutura correspondente a partir de um esquema *Ladder* demonstrativo.

Figura 4 – Esquema *Ladder*



Fonte: Adaptado de Prudente (2007, p. 40)

### 2.5.3 Instrumentação

Um sistema de controle é formado por instrumentos capazes de realizar a medição, monitorar e coordenar etapas de processos produtivos. Em outras palavras, a instrumentação está diretamente relacionada ao desempenho efetivo de um processo (malha de controle), podendo trabalhar em funções específicas. “A medição dos processos é que determina os padrões e permite que sejam referenciadas unidades às diversas grandezas” (BALBINOT e BRUSAMARELLO, 2011, p. 6).

Os instrumentos podem ser localizados no campo ou dentro de um painel (ou sala) de controle, de acordo com a sua função no sistema. Além disso são nomeados de acordo com a variável do processo, podendo corresponder, por exemplo, a “um transmissor de nível, um indicador e controlador de temperatura, uma chave de pressão (também chamada de pressostato), entre outras combinações de funções e variáveis de processo” (ALVES, 2017, p. 11).

Além disso, Alves (2017) estabelece uma divisão dos elementos que compõem um sistema de controle de acordo com a função desempenhada, os quais são compreendidos como:

- Sensor (elemento primário): dispositivo sensível a uma variável de processo;
- Indicador: possui a função de informar o valor de uma variável de processo e não interfere no sistema;
- Transmissor: a partir da leitura de um sensor, converte a variável de processo em uma saída padronizada de sinal analógico ou digital;
- Controlador: responsável por executar as tarefas do sistema, buscando manter um valor predeterminado de uma variável de processo;
- Registrador: efetua o armazenamento dos dados coletados do processo;
- Transdutor: responsável por transformar um sinal de entrada (de qualquer natureza) em um sinal de saída padronizado;
- Válvula de controle: responsável pela intervenção de vazão dos fluidos contidos no sistema;
- Chave: transfere um sinal após atingir um valor predeterminado.

### 3 MÉTODOS

Esta pesquisa, quanto a sua finalidade, é definida como pesquisa aplicada, que segundo Gil (2018, p. 24) “[...] abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem”. Quanto ao delineamento ou classificação com base nos procedimentos técnicos caracteriza-se como um estudo de caso, que corresponde a uma pesquisa profunda de um determinado assunto, obtendo um maior detalhamento do tema (GIL, 2018).

O estudo de caso se deu através da metodologia do projeto de produto proposta por Amaral et al. (2015) em seu livro “Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo”, seguindo seus procedimentos e etapas estabelecidas: planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Metodologia macro do projeto de produto



**Fonte:** Autores

“Para desenvolver um produto com eficiência e eficácia, é necessário saber o que fazer, para quem fazer, quando fazer, com que fazer e como fazer. A esta organização [...] chamar-se-á metodologia do projeto” (BACK et al., 2010, p.7).

Para Pahl et al. (2005, p. 6), a metodologia de projeto é definida como uma etapa planejada, com condutas estabelecidas para serem levadas em consideração no projeto de sistemas técnicos. Além disso, possibilita despertar habilidades individuais dos envolvidos e a racionalização do processo de projeto e produção.

#### 3.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

O planejamento do projeto é o documento que contém informações iniciais e determinantes para a execução do projeto. As principais atividades e recursos são identificados e devem ser integrados de forma adequada a fim de otimizar o tempo disponível de projeto (AMARAL et al., 2015). “Planejar um projeto requer a

identificação das atividades a serem desenvolvidas, [...] tempo e recursos necessários, [...] início e conclusão do projeto” (BACK et al., 2010, p. 32).

Para Amaral et al. (2015), as principais etapas que compõe o planejamento do projeto são:

- Definição dos interessados no projeto;
- Criação do escopo do projeto e do produto;
- Definir a estrutura de decomposição do trabalho - EDT;
- Elaboração do cronograma e orçamentos;
- Análise de riscos do projeto;
- Elaborar os Indicadores de desempenho.

Em seguida são explicadas as atividades utilizadas para a etapa do planejamento do projeto elaborado neste trabalho

### **3.1.1 Definir interessados do projeto**

De acordo com Amaral et al. (2015, p. 155), os interessados do projeto “são os indivíduos e as organizações envolvidos diretamente e também aqueles que, de alguma forma, serão afetados por sua existência”. Além disso, o autor afirma que esta atividade é responsável por identificar os envolvidos, juntamente com suas necessidades, limitações e a forma que estão interligados com o projeto.

Os envolvidos podem ser identificados como: gerente do projeto, membros da equipe, os diversos clientes, a organização executora e financiadora e os fornecedores (AMARAL et al., 2015).

### **3.1.2 Definir escopo do produto**

A presente atividade contempla o documento que, de forma sucinta, estabelece as características e funções do produto. No futuro, os pontos estabelecidos são relacionados com os aspectos do projeto (AMARAL et al., 2015).

Em contribuição, Back et al. (2010, p. 123) define como “um resumo das partes capitais do projeto e de suas esperadas consequências, de forma a permitir uma compreensão do que se pretende fazer e com que finalidade”. Através de

reuniões entre o gerente e a equipe de projeto, define-se “qual o produto que se espera criar com o projeto” (AMARAL et al., 2015, p. 159).

### **3.1.3 Definir escopo do projeto**

Segundo Amaral et al. (2015), o escopo do projeto corresponde às características que retratam “como” o produto será obtido, premissas assumidas, partes envolvidas, entre outros, servido como fundamento toda a etapa de planejamento do projeto.

Para Back et al. (2010), o escopo do projeto serve como base para a tomada de futuras decisões, compreendendo uma documentação formal com elementos como: a justificativa do projeto, o produto a ser desenvolvido, os resultados esperados e os objetivos a serem alcançados. Ainda, o escopo pode conter informações complementares, incluindo restrições e premissas que auxiliam no gerenciamento das entregas.

Amaral et al. (2015) estabelecem alguns itens que fazem o escopo do projeto tornar-se completo, abordando características do produto e do projeto:

- Justificativa do projeto e requisitos do negócio aos quais deve atender;
- Breve descrição sobre o produto a ser desenvolvido;
- Objetivos do projeto, em termos quantificáveis;
- Premissas e restrições identificadas;
- Plano de gerenciamento do escopo.

### **3.1.4 Detalhar o escopo do projeto**

O detalhamento do escopo tem a finalidade de facilitar as estimativas de custos, tempos e recursos, definir padrões para controlar o desempenho do projeto e também auxiliar na atribuição das responsabilidades. Para isso, deve ser utilizado um recurso intitulado Estrutura de Decomposição do Trabalho (EDT), que desmembra o projeto em suas partes componentes e elementos (AMARAL et al., 2015).

Através da EDT procura-se dividir o projeto em pacotes de trabalho, e com isso facilitar o gerenciamento do tempo das atividades, os recursos, as responsabilidades, os riscos e entre outros pontos que compõem o projeto (BACK et al., 2010).



Amaral et al. (2015) destacam que não há uma regra ou método específico para estabelecer a EDT, porém esta deve ser definida com atenção e cuidado. É uma maneira esquemática, didática e rigorosa que apresenta o esforço necessário para cumprir as entregas.

### **3.1.5 Preparar cronograma**

O cronograma apresenta a definição da “programação de datas de início e fim das atividades. Essa estimativa depende do esforço necessário para a realização da atividade e da quantidade de recursos disponíveis” (AMARAL et al., 2015, p. 178).

Amaral et al. (2015) ainda estabelecem que as quantidades de recursos disponíveis juntamente com os esforços estimados determinam o prazo a ser considerado para a realização das atividades, determinadas pela EDT. As etapas devem ser niveladas, de forma a permitir o trabalho constante e em um nível adequado. O cronograma pode ser disposto de diferentes formas, como diagrama de rede de atividades, diagrama de Gantt, na forma de calendário ou até mesmo em forma de planilhas.

### **3.1.6 Avaliar riscos**

O planejamento e gestão dos riscos do projeto giram em torno da redução da incerteza, eliminação de eventos não oportunos e nas melhorias de alternativas de soluções para a resolução dos problemas. As avaliações dos riscos são feitas com base em duas dimensões: a probabilidade da ocorrência e o efeito potencial - impacto no projeto (AMARAL et al., 2015).

Da mesma forma, Amaral et al. (2015) afirmam que a partir das informações levantadas na análise qualitativa de probabilidade e impacto do risco, é possível verificar as possibilidades efetivas de um problema ocorrer. Para tanto, devem ser criadas ações para a prevenção desses riscos, podendo ser compreendidas como:

- Ações que eliminem totalmente a fonte do risco;
- Ações que diminuam a probabilidade de ocorrência dos riscos;
- Ações que diminuam o impacto.

### **3.1.7 Preparar orçamento do projeto**

“A estimativa de custos dos recursos empregados em cada atividade de desenvolvimento serve para compor uma estimativa de custo do produto final resultante” (AMARAL et al., 2015, p. 189).

A estimativa é baseada nas informações obtidas nas outras atividades do planejamento do projeto, principalmente no cronograma e a declaração do escopo. A preparação do orçamento pode ser dividida em duas etapas: a definição de custos dos recursos e componentes empregados nas atividades e em seguida uma análise dos dados obtidos, partindo de técnicas de estimativa de custos (AMARAL et al., 2015).

### **3.1.8 Definir indicadores de desempenho**

Planejar indicadores de desempenho “significa escolher aqueles mais propícios para avaliar a execução de um projeto, dadas as suas características e o seu tipo (AMARAL et al., 2015, p. 197). Além disso, os autores enfatizam que os indicadores não somente verificam se as fases anteriores foram cumpridas e os resultados obtidos, mas avalia se o valor de contribuição do projeto está se mantendo de acordo com o esperado.

Amaral et al. (2015) destacam que os indicadores medem aspectos relacionados com o tempo, custo e escopo do projeto, exemplificados principalmente como:

- Tempo de execução do projeto;
- Custo total do projeto;
- Custo real sobre orçamentos;
- Qualidade dos resultados de acordo com as especificações.

### **3.1.9 Avaliar e aprovar fase**

Esta compreende a fase de transição entre o fim planejamento do projeto e o início do projeto informacional. Para tanto, é necessário avaliar as informações resultantes das etapas anteriores, seguindo critérios em formas de perguntas. A avaliação deve permitir que as respostas da avaliação sejam conformes e garantam a consistência do projeto (AMARAL et al., 2015).

## 3.2 PROJETO INFORMACIONAL

Levando em consideração a fase do planejamento, o projeto informacional objetiva o desenvolvimento de informações importantes que refletem nas características do produto e que devem atender às exigências estabelecidas pelos clientes. As informações são chamadas de especificações-meta do produto (AMARAL et al., 2015).

Back et al. (2010, p. 201) destacam que a atividade em questão propicia o “entendimento e a descrição do problema na forma funcional, quantitativa e qualitativa, formalizando a tarefa de projeto”.

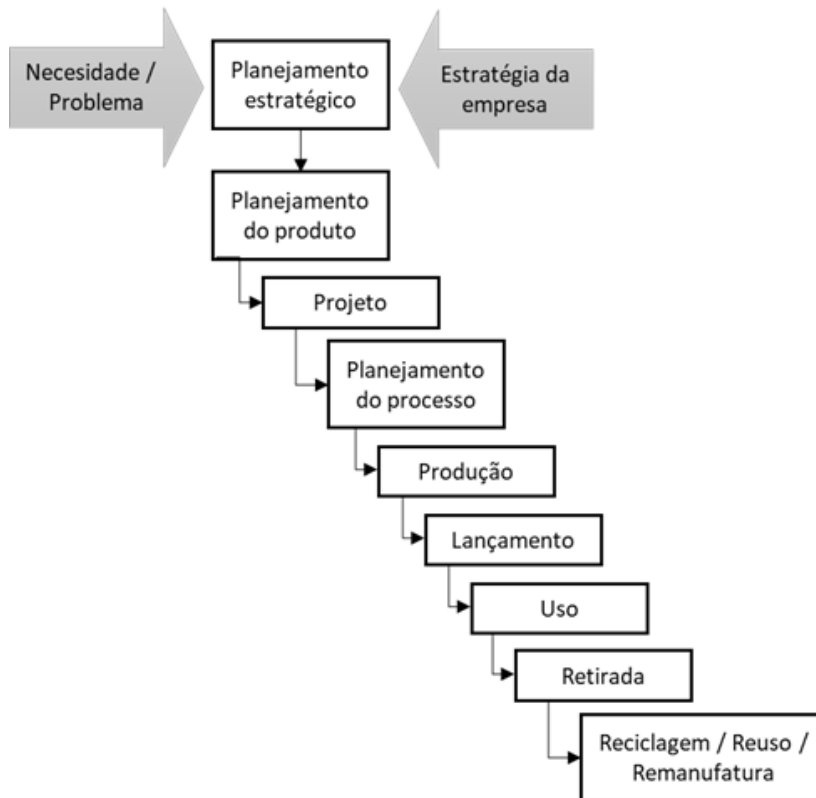
Para estabelecer as especificações-meta, Amaral et al. (2015) sugere as etapas: detalhar o ciclo de vida do produto, definir os clientes e seus requisitos, definir os requisitos do produto e suas especificações, e, por fim, avaliar e aprovar a fase. Essas etapas são explicadas na sequência.

### 3.2.1 Detalhar o ciclo de vida do produto

“Os modelos do ciclo de vida fornecem uma descrição gráfica da história do produto, descrevendo os estágios pelos quais o produto passa” (AMARAL et al., 2015, p. 215). O autor define que o início se dá pelos primeiros esforços organizados e planejados para criar o produto e o fim é determinado, geralmente, quando acaba o suporte de pós-venda.

Os modelos para a criação do ciclo são diversos, e caracterizam-se por estágios sequenciais e hierárquicos. O escolhido para esta pesquisa é representado pela Figura 6.

Figura 6 – Modelo do ciclo de vida do produto e suas atividades



**Fonte:** Adaptado de Amaral et al. (2015, p. 217)

### 3.2.2 Definir clientes do produto

Segundo Amaral et al. (2015), os clientes são associados às fases do ciclo de vida e podem ser classificados em três tipos:

- Clientes externos - pessoas ou organizações que irão usar, manter, desativar e/ou retirar o produto.
- Clientes intermediários - responsáveis pela distribuição, compras, vendas e marketing do produto.
- Clientes internos - envolvidos no desenvolvimento do projeto, envolvidos na produção do produto e os fabricantes.

### 3.2.3 Identificar os requisitos dos clientes

Após a identificação dos clientes em cada fase do ciclo de vida, procura-se identificar suas necessidades. Estas, podem ser estabelecidas de várias formas, através de listas de verificação, observação direta, entrevistas ou outros métodos que façam a interação da equipe com os clientes (AMARAL et al., 2015).

Amaral et al. (2015) recomendam que as necessidades sejam organizadas e classificadas, e por fim, agrupadas de acordo com as fases do ciclo de vida ou por afinidade. Tendo agrupadas as necessidades, verifica-se a similaridade entre elas com o intuito de eliminar repetições.

Posterior ao agrupamento e classificação, as necessidades são reescritas de forma adequada ao projeto, e são chamadas de “requisitos dos clientes”. Estes “podem ser relacionados a aspectos, tais como: desempenho funcional, fatores humanos, propriedades, espaço, confiabilidade, ciclo de vida, recursos e manufatura” (AMARAL et al., 2015, p. 219). Além disso, os autores sugerem que os requisitos sejam registrados na matriz da Casa da Qualidade, desenvolvida posteriormente.

Embora os valores dos requisitos dos clientes possam ser definidos diretamente pela equipe de projeto, pode-se utilizar um procedimento mais sistematizado, que dependa menos da opinião pessoal de cada membro da equipe, tal como o Diagrama de Mudge. Nesse, a valoração é feita pela comparação dos requisitos aos pares, ou seja, cada requisito é comparado com cada um dos outros requisitos. Em cada comparação são feitas duas perguntas: Qual requisito é mais importante para o sucesso do produto? Quanto mais importante é esse requisito? (AMARAL et al., 2015, p. 222).

### **3.2.4 Definir os requisitos do produto**

Geralmente os requisitos de clientes apresentados anteriormente ainda estão em forma de necessidades, não compreendendo características mensuráveis do produto. Portanto, é fundamental que as informações características do produto estejam de acordo com a linguagem técnica da engenharia, em outras palavras, possíveis de serem mensuradas por algum tipo de sensor (AMARAL et al., 2015).

“Assim, os parâmetros mensuráveis associados à descrição do desempenho esperado são os chamados requisitos do produto ou requisitos de engenharia” (AMARAL et al., 2015, p. 223). Ainda, os autores destacam que os requisitos do produto obtidos a partir dos requisitos dos clientes concebem a primeira ideia física de como o produto será constituído.

### **3.2.5 Definir especificações-meta do produto**

As especificações-meta constituem parâmetros quantitativos e mensuráveis que um produto deverá conter. Além de unidades, elas possuem valores-meta, os

quais correspondem à números que determinam o desempenho desejado (AMARAL et al., 2015).

De acordo com Amaral et al. (2015), as especificações são a base onde serão montados os critérios de avaliação e tomada de decisão, utilizados nas etapas posteriores da metodologia. Várias técnicas são utilizadas para auxiliar a equipe de projeto na definição das especificações-meta, porém uma das mais conhecidas é o QFD (*Quality Function Deployment*), também chamada de Matriz da Casa da Qualidade.

O QFD surgiu no Japão nos anos 1970 e difundiu-se nos anos 1990. O método auxilia o trabalho em equipe dos projetistas através da busca pelo consenso de diversas definições sobre o produto. Além disso, estabelece a relação entre os requisitos dos clientes com os requisitos do projeto, permite estabelecer especificações por meio da definição de valores-meta relacionados aos requisitos do projeto e verificar os possíveis conflitos técnicos associados aos requisitos (AMARAL et al., 2015).

Amaral et al. (2015) expõem os principais benefícios do método, destacando: a redução do número de alterações de projeto, do ciclo de projeto, dos custos de início de operação e de futuras reclamações de clientes; a tradução das necessidades dos clientes em características mensuráveis; e a percepção para as características que devem receber maior atenção e que contribuem com a qualidade do produto.

### **3.2.6 Avaliar e aprovar fase**

Seguindo o mesmo padrão da avaliação do planejamento do projeto, as especificações-meta obtidas são avaliadas a partir de perguntas chave, que tratam: questões de concisão, ausência de redundâncias, estrutura adequada, clareza, praticabilidade e viabilidade econômica. Os critérios devem permitir a avaliação do sucesso e retorno esperado (AMARAL et al., 2015).

## **3.3 PROJETO CONCEITUAL**

Esta fase compreende atividades da equipe relacionadas à busca, criação representação e seleções de soluções para o problema abordado no projeto. Amaral et al. (2015) sugerem que a busca por soluções já existentes pode ser feita

em livros, artigos, catálogos, produtos patenteados, *benchmarking* ou até mesmo produtos concorrentes. Para a criação de soluções não existem restrições, desde que atendam aos requisitos e especificações constadas no projeto. Já a representação pode ser feita através de esquemas, croquis ou desenhos, e desenrola-se juntamente com o processo de criação. E por fim, a seleção de soluções é realizada a partir de métodos apropriados às necessidades ou requisitos já definidos.

Inicialmente, o produto é modelado funcionamento e apresentado de forma abstrata, a fim de manter o foco na essência do problema e não na solução imediata, o que poderia formar uma barreira para novas soluções. Seguindo as recomendações dadas por Amaral et al. (2015), as atividades desta fase são: modelar funcionalmente o produto, desenvolver princípios de solução, desenvolver alternativas de solução, definir arquitetura, analisar SSCs (sistemas, subsistemas e componentes), selecionar a concepção do produto e avaliar e aprovar fase.

### **3.3.1 Modelar funcionalmente o produto**

A fim de auxiliar a equipe envolvida no projeto, a modelagem funcional descreve o produto de forma abstrata, permitindo o entendimento da estrutura do produto sem delimitar a pesquisa das soluções. O modelo funcional representa o produto por meio de suas funções, incluindo tanto as internas (desempenhadas pelo próprio produto) quanto as externas - relacionadas à interação com o ambiente (AMARAL et al., 2015).

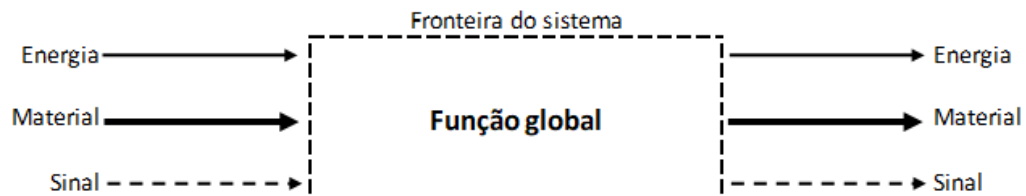
“De uma maneira geral, funções descrevem as capacidades desejadas ou necessárias que tornarão um produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações” (AMARAL et al., 2015, p. 237). Sendo assim, o primeiro passo sugerido pela metodologia é definir a função total ou função global, a qual apresenta os estados do sistema, relacionando entradas e saídas, conforme observado na Figura 7.

Para Amaral et al. (2015), as entradas e saídas fazem a interação do produto com o meio ambiente, usuário e outros sistemas envolvidos. Elas correspondem a um sinal, um material e a uma energia:

- Sinal: forma física de transporte da informação, podendo ser preparados, recebidos, comparados, transmitidos, mostrados ou gravados;

- Material: compreende propriedades de forma, cor, massa etc, podendo ser misturado separados ou alterados quimicamente;
- Energia: responsável pelo transporte ou transformação da matéria e do sinal, podendo ser elétrica, cinética, magnética, calor e óptica.

Figura 7 – Função global: representação gráfica



**Fonte:** Adaptado de Amaral et al. (2015, p. 240).

Uma vez estabelecida a função total do sistema, sugere-se a sua decomposição em funções com nível de menor complexidade, facilitando a busca por soluções e proporcionando melhor entendimento do funcionamento do produto. Essa decomposição dá origem à chamada estrutura funcional, a qual permite visualizar os fluxos das entradas e saídas, bem como as funções adjacentes são interligadas (AMARAL et al., 2015).

### 3.3.2 Desenvolver princípios de solução para as funções

É nesta etapa onde o produto começa a ser concretizado e ganha forma. Para cada uma das funções que compõem a estrutura funcional pode ser atribuído um ou mais princípios de solução, determinados a partir de um efeito físico e de um portador de efeito físico que realizem o objetivo da função correspondente (AMARAL et al., 2015).

“O portador do efeito deve representar qualitativamente o sistema ou o meio que desempenhará a função desejada. Ele deve conter informações a respeito dos elementos que compõem o sistema, bem como das relações entre esses elementos”, afirmam Amaral et al. (2015, p. 246).

As informações dos itens que compõem o princípio de solução são relacionadas ao tipo do elemento, quantidade, forma, posição, movimentos e atributos de material. Um dos métodos para avaliação dos princípios de solução é a matriz morfológica. Nela os problemas são divididos em parâmetros, podendo compreender o que foi definido na etapa anterior. Em seguida, alternativas para a



solução dos parâmetros são buscadas - por meio de catálogos, experiência, pesquisa ou criação - e atribuídas. No final, os parâmetros são combinados em possíveis soluções e a melhor destas é escolhida como solução (AMARAL et al., 2015).

Além disso, é afirmado por Amaral et al. (2015) que os parâmetros determinados descrevem as características ou funções que o produto ou processo deve ter, permitindo a definição inicial da arquitetura do produto. Para a montagem da matriz morfológica, são necessários alguns procedimentos:

- Listar as funções essenciais para o produto;
- Listar os possíveis princípios de solução que atenda cada função;
- Representar as funções e os princípios de solução e combiná-los de forma a conter todos os possíveis princípios de solução.

### **3.3.3 Desenvolver alternativas de solução para o produto**

Com a geração dos múltiplos princípios de solução possíveis, analisa-se a relação entre eles. Entretanto, podem haver restrições de compatibilidade física e geométrica entre os princípios relacionados, bem como de compartilhamento de suas funções (AMARAL et al., 2015).

### **3.3.4 Definir arquitetura**

A arquitetura é definida por um esquema onde os elementos funcionais são dispostos em partes físicas e que mostra como elas interagem entre si. As decisões sobre a arquitetura influenciam nos esforços das atividades do projeto, pois irão determinar como as atividades serão destinadas aos envolvidos do projeto, incluindo fornecedores. Cada alternativa princípio de solução compreenderá uma arquitetura específica (AMARAL et al., 2015).

### **3.3.5 Analisar sistemas, subsistemas e componentes (SSCs)**

Seguindo a proposta da metodologia, esta atividade é um refinamento da definição da arquitetura, “no qual são identificados e analisados aspectos críticos do produto observados no ciclo de vida do produto, como questões de funcionamento, fabricação, montagem, desempenho, qualidade, custos, uso, descarte e outros” (AMARAL et al., 2015, p. 264).

Aspectos críticos relacionados ao ciclo do projeto são identificados através das formas, materiais e dimensionamento inicial dos SSCs. Os dados levantados serão relevantes para definição dos processos de fabricação e montagem do produto, além da definição de parcerias. As informações também permitirão a construção da estrutura dos materiais, denominada BOM (*Bill of Materials*) (AMARAL et al., 2015).

### 3.3.6 Selecionar a concepção do produto

A seleção da concepção do produto objetiva a escolha do melhor conceito gerado pelas diferentes concepções, definindo-o como produto final. Para tanto, se faz necessário o uso de métodos que auxiliem na comparação entre concepções e na tomada de decisão. (AMARAL et al., 2015).

Para Amaral et al. (2015), existem dois tipos de comparação: a absoluta e a relativa. Nesta, a comparação é realizada entre os conceitos. Já na absoluta, a comparação é feita a partir de alguma informação, conhecimento, experiência ou até mesmo alguns requisitos. Usualmente, utiliza-se o método da Matriz de Decisão para definir a concepção do produto, conforme a sugestão disposta na Figura 8.

Figura 8 – Modelo de Matriz de Decisão

		Concepções					
		Concepção 1	Concepção 2 (referência)	Concepção 3	...	...	Concepção m
Critérios	Critério 1		0				
	Critério 2		0				
	Critério 3		0				
	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...
	Critério n		0				
	Total +		0				
	Total -		0				
	Total Global		0				

**Fonte:** Amaral et al. (2015, p. 282)

Para esta pesquisa, a Matriz de Decisão foi adaptada para realizar a comparação entre os critérios e as concepções, com base nos pesos obtidos no QFD.

### **3.3.7 Avaliar e aprovar fase**

Após a escolha da concepção final do produto, o projeto conceitual pode ser finalizado. Seguindo o padrão mencionado anteriormente, a fase deve ser revisada através de algumas perguntas chave, referentes à viabilidade técnica e maturidade tecnológica dos elementos que compõem o produto (AMARAL et al., 2015).

## **3.4 PROJETO DETALHADO**

No projeto detalhado é desenvolvido e finalizado todas as especificações do produto, para então poderem ser encaminhado à manufatura e outros processos de desenvolvimento. “As atividades dessa fase não são realizadas de forma sequencial e, sim, por meio de vários tipos de ciclos, que garantem o paralelismo entre as atividades” (AMARAL et al., 2015, p. 295).

A principal atividade, segundo Amaral et al. (2015), é a criação e o detalhamento dos SSCs, pois assim é possível dar andamento nas atividades que acontecem simultaneamente: ciclo de aquisição (decidir manufaturar ou comprar SSCs) e ciclo de otimização (avaliar SSCs, configurar e documentar o produto e processo). Em paralelo, ocorre também ciclo de planejamento do processo de fabricação e montagem do produto.

### **3.4.1 Criar e detalhar SSCs, documentação e configurações**

Esta é a atividade responsável por detalhar a concepção. Tem por objetivo criar todos os SSCs do produto, produzir as documentações detalhadas (desenhos dos SSCs com cotas e tolerâncias informadas) e a configuração final do produto, através da BOM - Estrutura de Produto (AMARAL et al., 2015).

Partindo-se da definição de Amaral et al. (2015, p. 335), a “estrutura de produto (BOM) contém a identificação dos itens (SSCs) e dos relacionamentos entre eles, assim como a conexão desses itens com todos os documentos relacionados”. Por conter informações de produtos, setores e processos envolvidos, a BOM é fundamental para a fase de manufatura.

### **3.4.2 Criar material de suporte do produto**

Amaral et al. (2015) afirmam que o material de suporte consiste em um manual de operação, manual de treinamento e manual de descontinuidade do produto. Devido à necessidade desta pesquisa, considera-se apenas o manual de operação.

### **3.4.3 Testar e homologar o produto**

Com a finalidade de garantir a qualidade do produto antes de sua produção, “esta atividade de teste e homologação do produto fornece um aspecto formal ao processo, tornando-se um ponto de convergência e integração de todas as atividades relacionadas com averiguações do produto (AMARAL et al., 2015).

Amaral et al. (2015) declaram que as especificações finais do produto são analisadas levando em consideração as saídas e documentos. Com isso, é possível garantir que os requisitos do produto foram atingidos. Os testes e homologação complementam a avaliação, a qual se insere no ciclo de otimização dos SSCs buscando garantir a qualidade do produto. Ainda, para melhor compreensão, a atividade é dividida nas seguintes tarefas:

- Verificar a documentação;
- Verificar a funcionalidade do produto;
- Verificar o atendimento aos requisitos;
- Verificar o atendimento a normas;
- Obter certificado de homologação.

### **3.4.4 Avaliar e aprovar fase**

Ao final da fase em questão, deve ser realizado uma autoavaliação das etapas a fim de permitir a aprovação dos resultados. As etapas do projeto detalhado devem ser revisadas constantemente, buscando certificar-se que os requisitos propostos pelas outras fases estão sendo atendidos. Seguindo o padrão, há algumas questões devem ser respondidas para garantir que documentos técnicos sejam aprovados, requisitos sejam atendidos, recursos sejam aprovados, retornos econômicos sejam garantidos e que o desempenho do produto seja de acordo com o objetivo do projeto (AMARAL et al., 2015).

### 3.5 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Nesta seção são designados os suprimentos e equipamentos necessários à realização do projeto. Entre os recursos, estão:

- a) *Software* para a gestão de projetos;
- b) *Softwares* CAD;
- c) *Software* para programação em linguagem *Ladder*;
- d) Catálogos de fornecedores;
- e) Armazenamento de arquivos em nuvem.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são mostrados os resultados obtidos através da aplicação da metodologia desenvolvida na seção anterior, seguindo as etapas de planejamento e dos projetos informacional, conceitual e detalhado. Além disso, são apresentados o modelamento do produto, desenvolvido em *software* CAD, simulação do sistema em *software* de programação em linguagem *Ladder*, manual de operação e a análise de desempenho.

### 4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

Seguindo os procedimentos elencados por Amaral et al. (2015) para a etapa de planejamento do projeto, a primeira fase aplicada foi a exposição dos interessados no projeto, a qual resultou no Quadro 1.

Para a classificação das partes interessadas, foram multiplicadas as notas obtidas pelas colunas “Poder” e “Interesse” - dadas pelas notas de 1 a 5, e seguiu-se os seguintes critérios para determinar o nível de importância:

- Valores entre 1 e 7: importância baixa;
- Valores entre 8 e 15: importância média;
- Valores entre 16 e 25: importância alta.

Quadro 1 – Interessados no projeto

Importância	Partes Interessadas	Função	Poder	Interesse
25	Bernardo Scheunemann	Gerente de Projeto	5 (Muito alto)	5 (Muito alto)
25	Leonardo Sackser	Gerente de Projeto	5 (Muito alto)	5 (Muito alto)
20	Adalberto Lovato	Equipe de Projeto	4 (Muito alto)	5 (Muito alto)
15	Propriedade Parceira	Cliente	3 (Muito alto)	5 (Muito alto)
15	Empresa parceira	Cliente / Patrocinador	3 (Médio)	5 (Muito alto)
6	Professor da FAHOR	Colaborador	3 (Médio)	2 (Baixo)
5	FAHOR - Faculdade Horizontina	Organização Executora	1 (Muito baixo)	5 (Muito alto)
3	Fornecedores de componentes e serviços	Fornecedor	1 (Muito baixo)	3 (Médio)
1	Acadêmicos da FAHOR	Cliente	1 (Muito baixo)	1 (Muito baixo)

**Fonte:** Os autores

Com base nos resultados gerados no Quadro 1, identificou-se três partes interessadas de importância alta, que correspondem aos gerentes do projeto e ao professor orientador, duas partes de importância média (a empresa interessada em manufaturar o produto e o cliente interessado em ceder o local para implantar o projeto) e quatro partes com importância baixa - colaboradores da instituição, a própria instituição de ensino, fornecedores que o projeto virá a ter e os demais acadêmicos.

Tendo estabelecido os principais interessados e envolvidos no projeto, determinou-se o escopo do produto, conforme o visualizado no Quadro 2.

Quadro 2 – Escopo do produto

Escopo do produto
Dispositivo de segurança, intitulado <i>flare</i> , capaz de realizar a queima do biogás não utilizado pela planta de um biodigestor e que atende os parâmetros técnicos exigidos pela norma ISO/DIS 22580. O sistema irá trabalhar de forma automática, operando com uma eficiência de 99% de queima do biogás e garantindo a segurança do meio. O queimador ficará no mínimo a 4 metros de altura. O material será resistente ao calor e à corrosão. Além disso, contemplará os dispositivos de segurança exigidos pela norma em questão.

**Fonte:** Os autores

A descrição presente no Quadro 2 engloba as principais características que se espera do produto após o término do projeto, sendo o ponto de partida para a formação do escopo do projeto. Este, sendo mais específico, define os limites da pesquisa, levando em consideração o que é feito no projeto, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Escopo do projeto

<b>Título do projeto</b>	Dispositivo de segurança, intitulado <i>flare</i> , capaz de realizar a queima do biogás não utilizado pela planta de um biodigestor
<b>Justificativa</b>	Para minimizar os riscos provenientes dos biodigestores, nos deparamos com ações a serem tomadas que englobam questões: ambientais, de segurança, desenvolvimento econômico e inovação tecnológica. Visando a viabilidade da aplicação da norma ISO/DIS 22580, justifica-se pela necessidade de desenvolver <i>flares</i> que atendam à norma ISO/DIS 22580 para utilização em plantas de biogás e que atendam às exigências internacionais.
<b>Partes envolvidas</b>	Bernardo Scheunemann, Leonardo Sackser e Adalberto Lovato (equipe de projeto); Propriedade parceira (cliente); Empresa parceira (cliente / patrocinador). FAHOR (organização executora); Professores e acadêmicos da FAHOR (colaborador / cliente); Fornecedores de componentes e serviços;
<b>Critérios de aceitação</b>	Projeto validado utilizando <i>software</i> CAD; Simulação via <i>software</i> do funcionamento do sistema de controle e segurança;
<b>Premissas</b>	O projeto desenvolvido visando a aplicabilidade na propriedade parceira; O projeto considera os pontos referente aos materiais/estrutura física, instrumentação e controle, presentes na norma dirigente.
<b>Restrições</b>	O <i>flare</i> deve estar totalmente dentro da norma ISO/DIS 22580. O prazo para a entrega do projeto é de 5 meses.
<b>Exclusões do projeto</b>	Parâmetros fora da norma ISO/DIS 22580.

Fonte: Os autores

O escopo do projeto, apresentado no Quadro 3, mostra, além de pontos já estabelecidos anteriormente, os critérios de avaliação do projeto, os quais estão definidos através de validações via *software* da estrutura física e de funcionamento do sistema. Além disso, estão presentes também as premissas e restrições, que delimitam o contexto no qual o produto será concebido.



Entre as premissas, estão que o projeto é desenvolvido com base nas necessidades da propriedade rural parceira, bem como considera os aspectos estruturais, de instrumentação e controle presentes na norma ISO/DIS 22580.

Após à concepção escrita, o escopo do projeto foi detalhado e estabelecido graficamente, dando origem à estrutura de decomposição do trabalho - EDT, presente na Figura 9.

Figura 9 – EDT – Estrutura de Decomposição do Trabalho



**Fonte:** Os autores

A estrutura de decomposição do trabalho estabelece os passos a serem seguidos até o fim do projeto, os quais foram divididos em vinte e uma atividades dentro das quatro principais etapas destacadas na metodologia.

A divisão dos trabalhos a partir do EDT foi essencial para determinar a construção do cronograma, o qual disponibiliza, através do Quadro 4, os prazos de execução das atividades estabelecidas. Os itens foram distribuídos de acordo com o prazo firmado no escopo do projeto, correspondente a cinco meses.

Quadro 4 – Cronograma

ENTREGA	ATIVIDADES	Período				
		JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Planejamento do projeto	Definir interessados do projeto					
	Definir escopo do produto					
	Definir escopo do projeto					
	Detalhar escopo do projeto (EDT)					
	Preparar cronograma					
	Avaliar riscos					
	Preparar orçamento					
	Definir indicadores de desempenho					
	Avaliar fase					
	Aprovar fase					
Projeto informacional	Detalhar o ciclo de vida do produto e definir clientes					
	Diagrama de Mudge					
	Identificar os requisitos dos clientes do produto					
	Definir os requisitos do produto					
	QFD					
	Definir especificações-meta do produto					
	Avaliar fase					
	Aprovar fase					
Projeto conceitual	Modelar funcionalmente o produto					
	Desenvolver princípios de solução para as funções					
	Desenvolver as alternativas de solução para o produto					
	Definir arquitetura					
	Selecionar a concepção do produto					
	Avaliar Fase					
	Aprovar Fase					
Projeto detalhado	Criar e detalhar SSC's, documentação e configuração (BOM)					
	Programação do sistema de controle					
	Simular funcionamento do produto					
	Criar material de suporte do produto					
	Avaliar fase					
	Aprovar fase					
	Revisão dos documentos					

Fonte: Os autores

Em seguida, elencou-se os riscos que poderiam afetar o sucesso ou o andamento do projeto, os quais estão dispostos no Quadro 4, de acordo com a severidade correspondente.

Quadro 5 – Análise de riscos do projeto

Severidade	Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Descrição do Impacto	Ação	Descrição da ação
20	Caso o cronograma não for seguido à risca, a entrega dos documentos poderá não ser realizada no prazo determinado	4 Muito alta	5 Muito alto	O trabalho ficará incompleto e avaliação será afetada	Mitigar	Manter o cronograma atualizado semanalmente
15	Se a norma em questão sofrer alterações, o projeto poderá ficar fora das exigências	3 Média	5 Muito alto	O projeto ficará fora das exigências normativas	Mitigar	Revisar o andamento da norma semanalmente
15	Os componentes exigidos pela norma podem não ser encontrados ou não ser acessíveis no mercado	3 Média	5 Muito alto	O projeto ficará fora das exigências normativas	Pesquisar	Consultar fornecedores
9	Fornecedores não terem à disposição os desenhos dos componentes em CAD 3D	3 Média	3 Média	A modelagem 3D pode sair imprecisa	Desenvolver	Desenhar a interface de conexão da peça com o produto
5	A simulação do sistema pode não funcionar de acordo com o esperado	1 Muito baixa	5 Muito alto	O projeto ficará fora das exigências normativas	Mitigar	Retrabalhar a lógica do sistema desenvolvido na simulação

**Fonte:** Os autores

De acordo com o Quadro 5, foram listados cinco riscos que poderão impactar o projeto de forma negativa. Seguindo a mesma regra utilizada anteriormente para a classificação das partes interessadas, determinou-se o valor da severidade a partir da multiplicação dos pesos estabelecidos nas colunas “Probabilidade” e “Impacto”. Como resultado, obteve-se um risco com severidade alta, três com severidade média e um risco com severidade baixa. O grau de severidade é de grande valia para determinar quais riscos são mais críticos ao projeto, permitindo que os integrantes da equipe verifiquem os itens relacionados com maior atenção.

Da mesma forma, o Quadro 5 mostra o plano de ação a ser executado caso algum dos itens abordados venha interferir no projeto. Os significados dos termos utilizados para determinar as ações são:

- a) Mitigar: estabelecer ações para reduzir as chances de ocorrência;
- b) Pesquisar: tomar conhecimento junto à diversas fontes de informação;
- c) Desenvolver: usar o conhecimento próprio para a ocorrência.

Tendo finalizada a análise dos riscos, realizou-se o contato com possíveis fornecedores com o intuito de constituir um orçamento estimado, apresentado no Quadro 6, e visando a futura fabricação do protótipo do projeto.

Quadro 6 – Orçamento do projeto

Componente	Quantidade	Valor unitário	Total
Tubos e chapas em aço-inoxidável	n/a	R\$ 2.900,00	R\$ 2.900,00
Pressostato	2	R\$ 1.950,00	R\$ 3.900,00
Válvula manual de esfera	1	R\$ 444,73	R\$ 444,73
Válvula acionada eletricamente	3	R\$ 1.997,21	R\$ 5.991,63
Transmissor de temperatura	1	R\$ 487,80	R\$ 487,80
Corta-chamas	1	R\$ 5.900,96	R\$ 5.900,96
Medidor de vazão ultrassônico e medidor de biogás / concentração de metano	1	R\$ 41.701,15	R\$ 41.701,15
Purgador do tipo boia	1	R\$ 2.900,00	R\$ 2.900,00
Controlador de segurança para chamas	1	R\$ 793,86	R\$ 793,86
Controlador lógico programável	1	R\$ 1.148,91	R\$ 1.148,91
Eletrodo de ionização	1	R\$ 114,44	R\$ 114,44
Transformador com eletrodo de ignição	1	R\$ 490,00	R\$ 490,00
LED's	5	R\$ 15,00	R\$ 75,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 66.848,48</b>

Fonte: Os autores

O orçamento disposto no Quadro 6 apresenta uma estimativa de valores que seriam necessários para a construção do protótipo utilizando-se, principalmente, componentes *standard*, ou seja, componentes de prateleira disponíveis no mercado brasileiro. Fez-se uma análise preliminar dos itens que são necessários adquirir para a fabricação, considerando os aspectos técnicos estabelecidos pela norma ISO/DIS 22580.

Conforme observado, o orçamento total do projeto, considerando apenas materiais para a estrutura física e dispositivos para o controle do sistema, apresenta um custo estimado de R\$ 66.848,48, muito mais elevado (cerca de 3 vezes) do que o considerado pelos responsáveis do projeto, correspondente à R\$ 20.000,00. Porém, como o intuito do projeto não visa dar ênfase às questões orçamentárias, esses valores servem apenas como base para futuras considerações e estudos.

Por fim, se deu o último passo para a realização do planejamento do projeto: estabelecer os indicadores de desempenho e critérios de aceitação, destacados a seguir no Quadro 7.

Quadro 7 – Indicadores de desempenho

Indicador	Método de medição	Crítérios de aceitação
Cumprimento dos aspectos técnicos da norma	Acompanhamento mensal do andamento da norma	1. Deve atender 100% dos requisitos da norma;
Funcionamento dos sistemas	Simulação via <i>software</i> do funcionamento do sistema do <i>flare</i>	1. Visualização dos estados do <i>flare</i> de forma visual e intuitiva; 2. Deve apresentar todos os possíveis estados de sistema;

**Fonte:** Os autores

O Quadro 7 exhibe dois indicadores que servem como base para a avaliação de desempenho do projeto, a qual será apontada no final da Seção 4. Conforme expostos, os indicadores estão relacionados ao cumprimento das exigências normativas e à forma que o sistema irá operar. Após definidos os indicadores de desempenho, a etapa de planejamento do projeto foi concluída, e se deu início à próxima: projeto informacional.

#### 4.2 PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional corresponde à segunda etapa da metodologia sugerida por Amaral et al. (2015), a qual estará dividida em quatro atividades, conforme apresentado na EDT - Figura 9: estabelecer o ciclo de vida e seus clientes, examinar os requisitos dos clientes, estruturar requisitos do projeto e determinar as especificações do produto.

No Quadro 8 estão presentes os itens que compõem o ciclo de vida do produto, bem como os clientes e suas classificações - estabelecidos para cada ponto do ciclo.

Quadro 8 – Ciclo de vida do produto

Etapas do ciclo de vida	Clientes		
	Internos	Intermediários	Externos
Planejamento	Equipe de projeto	-	-
Projeto	Equipe de projeto	-	-
Fabricação dos SSCs		Empresas parceiras	Fornecedores
Montagem do protótipo	Equipe de projeto	Empresas parceiras	-
Teste do protótipo	Equipe de projeto e Norma ISO/DIS 22580 (requisito normativo)	-	-
Utilização	Norma ISO/DIS 22580 (requisitos normativos)	-	Propriedade e empresa parceira
Apoio Técnico / Manutenção	Equipe de projeto e Norma ISO/DIS 22580	FAHOR	-
Reciclagem / Descarte	Equipe de projeto (reaproveitamento da matéria prima)	-	-

**Fonte:** Os autores

A partir das informações presentes no Quadro 8 é possível afirmar que o projeto possui 6 principais clientes, sendo eles: a equipe de projeto e Norma ISO/DIS 22580 (clientes internos, responsáveis pelas diretrizes do projeto), FAHOR (cliente intermediário), propriedade e empresas parceiras (classificadas entre clientes intermediários e externos) e fornecedores (clientes externos).

Através de diálogos realizados entre a equipe de projeto e empresas parceiras, juntamente com o acompanhamento da norma em questão, identificou-se os requisitos dos clientes. Estes foram associados seguindo suas relações com os itens do ciclo de vida, dando origem ao Quadro 9.

Quadro 9 – Requisitos dos clientes do produto

Ciclo de vida	nº	Requisito dos clientes
Planejamento	1	Ter a documentação de todas as etapas do projeto
Projeto	2	Ter projeto simplificado
	3	Utilizar componentes <i>standard</i>
Fabricação dos SSCs	4	Utilizar recursos disponíveis na FAHOR, empresa e/ou propriedade parceira
	5	Componentes <i>standard</i> devem atender aos requisitos da norma ISO/DIS 22580
Montagem do protótipo	6	Ter montagem simplificada
Teste do protótipo	7	Ter procedimento de teste para primeira utilização
Utilização	8	Operar de forma automática
	9	A chama não pode ser visível
	10	Ter uma alta eficiência
	11	Ser de fácil interpretação
	12	Ser seguro
Apoio Técnico / Manutenção	13	Possuir manual de operação
	14	Ter manutenção reduzida
	15	Ter manutenção simplificada
Reciclagem / Descarte	16	Ter uma vida útil que atenda aos requisitos normativos

**Fonte:** Os autores

Para que os requisitos destacados no quadro acima fossem classificados de acordo com a sua relevância para o projeto, utilizou-se uma técnica de comparação entre itens conhecida como “Diagrama de Mudge”, disposta na Figura 10.

Figura 10 – Diagrama de Mudge - classificação por relevância dos requisitos dos clientes

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Soma	%	VC	VC Normalizado
1	1C	3B	1C	5A	1C	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13B	14C	15C	16A	3	0,82%	0,82	0
	2	2B	2A	5A	2C	7C	8A	9C	10A	11B	12A	13B	2A	2A	16C	19	5,22%	5,22	3
		3	3B	5A	3C	7B	8A	9C	10A	11B	12A	13C	14C	3C	16A	8	2,20%	2,20	1
			4	5A	6C	7A	8A	9B	10A	11A	12A	13A	4C	4C	16A	2	0,55%	0,55	0
				5	5A	5B	8C	5B	10B	5B	12A	5C	5B	5B	16C	41	11,26%	11,26	6
					6	7B	8A	9C	10A	11B	12A	13C	14C	6C	16A	2	0,55%	0,55	0
						7	7C	7C	10C	7C	12A	13C	7C	7C	7C	23	6,32%	6,32	3
							8	8B	10C	8B	12A	13C	8B	8B	8C	39	10,71%	10,71	6
								9	10A	11C	12A	13C	9A	9A	16C	21	5,77%	5,77	3
									10	10A	12C	10C	10C	10B	10C	46	12,64%	12,64	7
										11	12A	13B	14B	15B	16A	20	5,49%	5,49	3
											12	12A	12A	12A	12B	69	18,96%	18,96	10
												13	13C	13B	13C	24	6,59%	6,59	4
													14	14A	14B	14	3,85%	3,85	2
														15	15C	5	1,37%	1,37	1
															16	28	7,69%	7,69	4
																364	100%	-	-
																TOTAL			

Legenda		
Letra	Peso	Significado
A	5	Muito mais importante
B	3	Medianamente mais importante
C	1	Pouco mais importante

**Fonte:** Os autores

Conforme observado na Figura 10, a numeração de identificação de cada requisito do cliente (linha superior e início de cada linha em decorrência) é correspondente à ordenação estabelecida no Quadro 9. As células de cruzamento entre os requisitos são constituídas por um número, que indica qual o requisito possui maior relevância, seguido de uma letra (A, B ou C), que aponta o quão mais importante o requisito é em relação ao comparado. Os pesos das letras A, B e C correspondem à 5 (muito mais importante), 3 (medianamente mais importante) e 1 (pouco mais importante), respectivamente.

Subsequente às células de comparação, fez-se o somatório dos pesos atribuídos para cada requisito, permitindo o desenvolvimento de um cálculo percentual em relação ao somatório total dos pesos obtidos, a fim de estabelecer a hierarquização dos requisitos. Para melhor entendimento da ordenação obtida, o somatório individual de cada requisito foi normalizado, numa escala de 0 (zero) a 10, estipulados, respectivamente, para o menor e maior valor. A regra estabelecida para atribuir o valor normalizado foi efetuar uma divisão do maior valor de importância em 10 intervalos, os quais definem os limites para considerar o valor normalizado correspondente. Por fim, elaborou-se o Quadro 10, dispondo os requisitos por ordem decrescente de importância.



Quadro 10 – Classificação dos requisitos dos clientes do produto

#	Requisito	Importância	VC Normalizado
1	Ser seguro	69	10
2	Ter uma alta eficiência	46	7
3	Componentes <i>standard</i> devem atender aos requisitos da norma ISO/DIS 22580	41	6
4	Operar de forma automática	39	6
5	Ter uma vida útil que atenda aos requisitos normativos	28	4
6	Possuir manual de operação	24	4
7	Ter procedimento de teste para primeira utilização	23	3
8	A chama não pode ser visível	21	3
9	Ser de fácil interpretação	20	3
10	Ter projeto simplificado	19	3
11	Ter manutenção reduzida	14	2
12	Utilizar componentes <i>standard</i>	8	1
13	Ter manutenção simplificada	5	1
14	Ter a documentação de todas as etapas do projeto	3	0
15	Utilizar recursos disponíveis na FAHOR, empresa e/ou propriedade parceira	2	0
16	Ter montagem simplificada	2	0

Fonte: Os autores

Posterior aos requisitos por parte dos clientes, a próxima tarefa executada foi firmar os requisitos do projeto, visando as características técnicas do produto, conforme o Quadro 11.

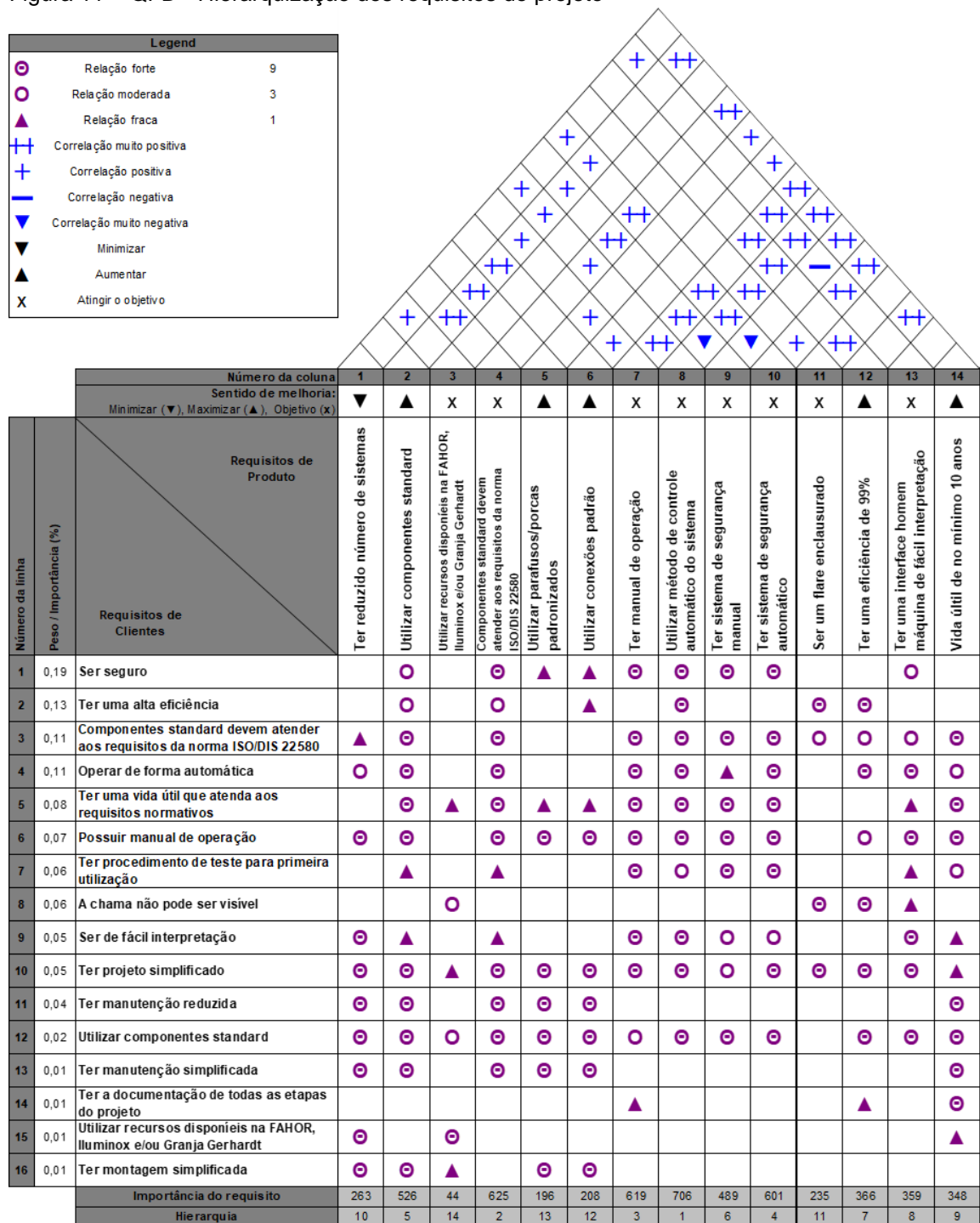
Quadro 11 – Requisitos do projeto

#	Requisitos do produto
1	Ter reduzido número de sistemas
2	Utilizar componentes <i>standard</i>
3	Utilizar recursos disponíveis na FAHOR, empresa e/ou propriedade parceira
4	Componentes <i>standard</i> devem atender aos requisitos da norma ISO/DIS 22580
5	Utilizar parafusos/porcas padronizados
6	Utilizar conexões padrão
7	Ter manual de operação
8	Utilizar método de controle automático do sistema
9	Ter sistema de segurança manual
10	Ter sistema de segurança automático
11	Ser um <i>flare</i> enclausurado
12	Ter uma eficiência de 99%
13	Ter uma interface homem máquina de fácil interpretação
14	Vida útil de no mínimo 10 anos

Fonte: Os autores

Da mesma forma que os requisitos dos clientes foram hierarquizados de acordo com a sua importância, os requisitos do projeto também devem ser classificados, com a finalidade de garantir que o produto atenda às características necessárias. Para determinar a hierarquização dos requisitos de projeto, utilizou-se a ferramenta denominada QFD - *Quality Function Deployment*, visualizada na Figura 11. A partir do QFD foi possível fundamentar as especificações do produto.

Figura 11 – QFD - Hierarquização dos requisitos do projeto



Fonte: Os autores

Ainda considerando as informações presentes na imagem anterior, firmou-se valores-meta para os requisitos, visando determinar as especificações do produto. Estas foram divididas em “terços”, ou seja, separadas em três grupos com a intenção facilitar a visualização e interpretação dos resultados. O terço superior é constituído pelos valores de maior importância e está disposto no Quadro 12.

Quadro 12 – Terço superior das especificações do produto

#	Requisito	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1	Utilizar método de controle automático do sistema	Atender ao requisito	Análise do projeto	O sistema ser acionado apenas manualmente
2	Componentes <i>standard</i> devem atender aos requisitos da norma ISO/DIS 22580	Atender ao requisito	Análise do projeto / normas	Itens <i>standard</i> não atenderem os requisitos normativos da ISO/DIS 22580
3	Ter manual de operação	Atender ao requisito	Análise do projeto	Dificuldade de operação do produto
4	Ter sistema de segurança automático	Atender ao requisito	Análise do projeto	Possuir apenas sistemas de segurança de acionamento manual
5	Utilizar componentes <i>standard</i>	$\geq 60\%$	Análise do projeto	Dificuldade para reposição de peças

Fonte: Os autores

De acordo com os valores obtidos a partir do QFD, as especificações que obtiveram uma classificação intermediária foram designadas para o terço médio, mostrado no Quadro 13.

Quadro 13 – Terço médio das especificações do produto

#	Requisito	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
6	Ter sistema de segurança manual	Atender ao requisito	Análise do projeto	Não ter sistema de segurança
7	Ter uma eficiência de 99%	Atender ao requisito	Análise do projeto	Não atingir a eficiência especificada
8	Ter uma interface homem máquina de fácil interpretação	Atender ao requisito	Análise do projeto	Dificuldade de entendimento do <i>status</i> de operação do produto
9	Vida útil de no mínimo 10 anos	$\geq 10$ anos	Monitoramento	Vida útil reduzida
10	Ter reduzido número de sistemas	$\leq 4$ sistemas	Análise do projeto	Dificuldade para projetar, montar / desmontar e manter o produto

Fonte: Os autores

Por fim, o terceiro grupo foi concebido pelos requisitos de produto com menor peso no QFD, dando origem ao terço inferior, exibido no Quadro 14. Entretanto, vale ressaltar que mesmo apresentando menor relação com os

requisitos de clientes, os itens do terço inferior são relevantes e impactam no sucesso do projeto.

Quadro 14 – Terço inferior das especificações do produto

#	Requisito	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
11	Ser um <i>flare</i> enclausurado	Atender ao requisito	Análise do projeto	A chama ser visível
12	Utilizar conexões padrão	$\geq 60\%$	Análise do projeto	Dificuldade para montar/desmontar o produto e reposição de componentes
13	Utilizar parafusos/porcas padronizados	$\geq 60\%$	Análise do projeto	Dificuldade para montar/desmontar o produto e reposição de componentes
14	Utilizar recursos disponíveis na FAHOR, empresa e/ou propriedade parceira	$\geq 50\%$	Análise do projeto	Utilizar ferramentas/processos especiais

**Fonte:** Os autores

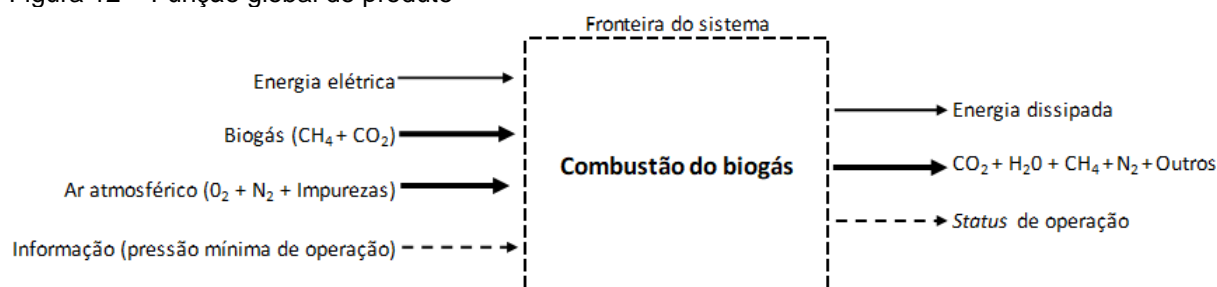
Com as especificações do produto definidas, cumpriu-se a última atividade do projeto informacional. As etapas realizadas anteriormente foram revisadas e em seguida deu-se início ao projeto conceitual, seguindo a metodologia sugerida por Amaral et al. (2015).

#### 4.3 PROJETO CONCEITUAL

A etapa em questão compreende as seguintes atividades: modelamento funcional, princípios de solução para as funções, alternativas de solução para o produto, definição da arquitetura e concepção final do produto.

O projeto conceitual se deu a partir da definição da estrutura de funções do produto ou do modelamento funcional. Este se deu origem pela definição da função global do produto, o qual pode ser visualizado na Figura 12.

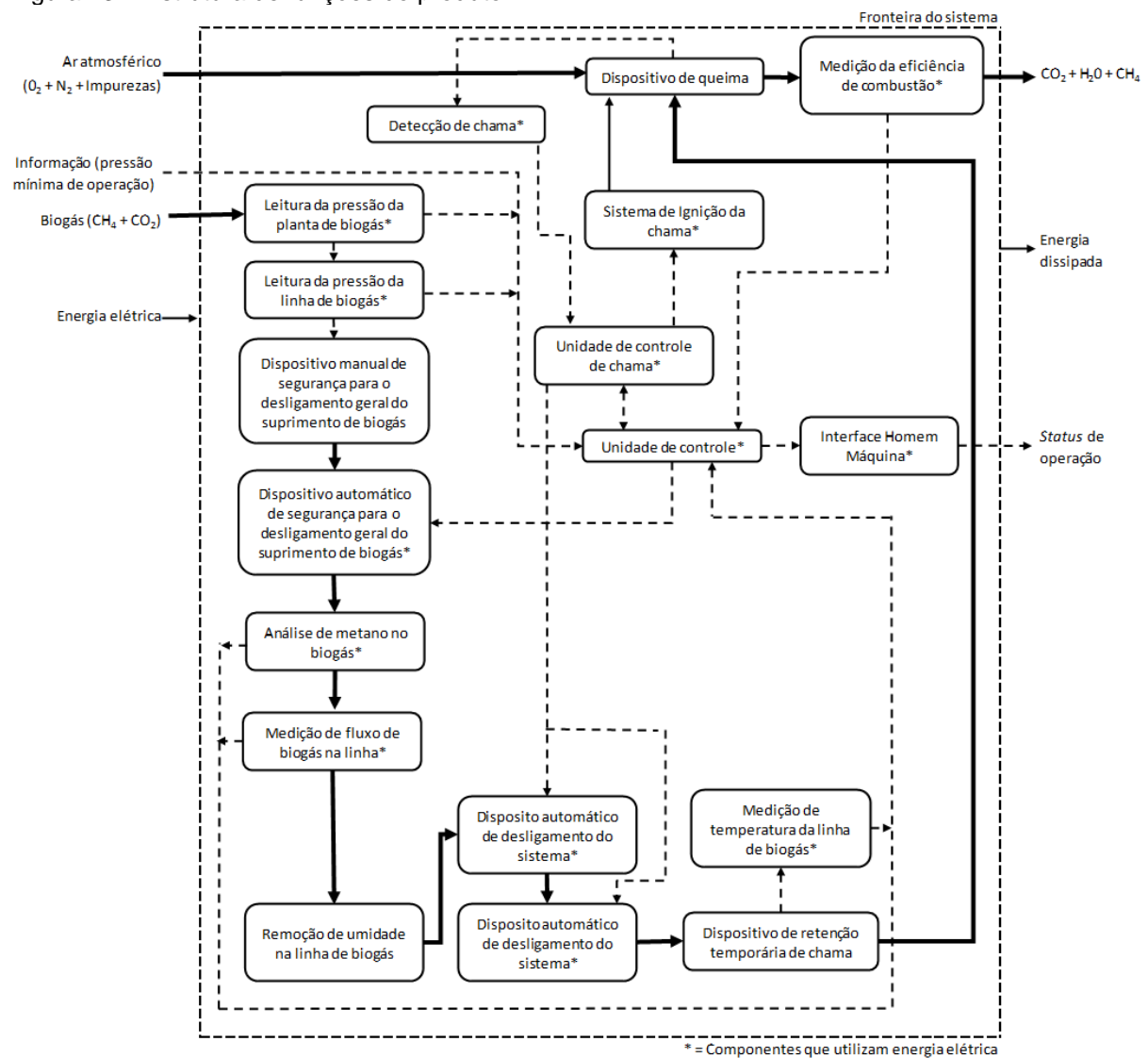
Figura 12 – Função global do produto



**Fonte:** Os autores

A função global do sistema, conforme a Figura 12, é realizar a combustão do biogás, tendo como entradas fundamentais um fluxo de energia elétrica (para a energização do sistema), um fluxo biogás ( $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ ) e ar atmosférico, necessários à combustão, e um fluxo de informação referente às pressões de operação do sistema. Dentre as saídas, pode-se destacar um fluxo energia geral dissipada, um fluxo dos gases resultantes da queima ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 + \text{N}_2$  + outros) e um fluxo de informação sobre o estado de operação do sistema. Em seguida, a função global do sistema foi estendida e dividida em funções específicas, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Estrutura de funções do produto












































Fonte: Os autores

A Figura 13 corresponde ao modelamento funcional do produto, conforme estabelecida anteriormente pela EDT. Com as funções definidas, criou-se a matriz dos princípios de solução para cada uma das funções, conforme disposto na Figura 14.

Através da busca e consultas junto à fornecedores montou-se a matriz de soluções presente na Figura 14, onde constam as possíveis soluções encontradas para cada função do produto, considerando os requisitos previamente estabelecidos. Todavia, nenhuma possível solução foi incluída para a medição de eficiência de queima. No decorrer do trabalho este ponto é abordado.



























































































Assim, tendo os possíveis princípios de solução para cada função proposta pelo produto, combinou-se as soluções, no maior número possível, a fim de obter-se a maior quantidade de concepções para o produto. Entretanto, algumas características dos componentes, ao passar por uma análise prévia, não resultaram em boas combinações e as suas concepções foram descartadas, não havendo a possibilidade de se tornarem a concepção final do produto. A Figura 15 apresenta seis das concepções consideradas viáveis para o produto final, que serão comparadas posteriormente na matriz de decisão.

Figura 14 – Matriz dos princípios de solução para as funcionalidades do produto

Funções	Princípios de Solução			
	1	2	3	4
Leitura da pressão	 Pressostato, diferencial fixo, com conexão rosca 1/2"	 Pressostato, diferencial ajustável, com conexão rosca 1/2"	 Pressostato à prova de explosão, diferencial ajustável, com conexão rosca 1/2"	 Pressostato à prova de explosão, diferencial fixo, com conexão rosca 1/2"
Dispositivo de manual de segurança	 Válvula manual de esfera, em aço-inox, conexão rosca 2"	 Válvula manual borboleta, em aço-inox, conexão rosca 2"		
Dispositivo automático de segurança	 Válvula acionada eletricamente, em aço-inox, conexão rosca 2", abertura lenta e rápido fechamento	 Válvula acionada pneumaticamente, em aço-inox, conexão rosca 2", abertura lenta e rápido fechamento	 Válvula acionada hidráulicamente, em aço-inox, conexão rosca 2", abertura lenta e rápido fechamento	
Dispositivo automático de desligamento	 Válvula acionada eletricamente, em aço-inox, conexão rosca 2", abertura lenta e rápido fechamento	 Válvula pneumática, em aço-inox, conexão rosca 2", abertura lenta e rápido fechamento	 Válvula hidráulica, em aço-inox, conexão rosca 2", abertura lenta e rápido fechamento	
Medição de temperatura	 Transmissor de temperatura, sinal analógico 4-20 mA, à prova de explosão, com conexão rosca	 Transmissor de temperatura, sinal analógico 4-20 mA, com conexão rosca	 Termostato, à prova de explosão, com conexão rosca	 Termostato, com conexão rosca
Dispositivo de retenção temporária de chama	 Corta-chamas			
Medição de fluxo de biogás	 Medidor de vazão ultrassônico	 Medidor de vazão térmico		
Analizador de metano no biogás	 Medidor de biogás / concentração de metano	 Analizador contínuo de biogás	 Analizador de biogás por amostras coletadas	 Analizador de biogás portátil
Remoção de umidade	 Purgador do tipo bóia	 Purgador de disco	 Drenador de condensado para gás	
Unidade de Controle de Queima	 Controlador de segurança para chamas, com 2 estágios	 Controlador de segurança para chamas, com 1 estágio		
Unidade de controle	 CLP - Controlador Lógico Programável	 Microcontrolador		
Deteção de chama	 Eletrodo de ionização	 Sensor ultravioleta	 Sensor infravermelho	
Sistema de ignição da chama	 Chama Piloto	 Transformador com eletrodo de ignição	 Transformador com vela de ignição	
Dispositivo de queima	 Terminal com rasgos	 Terminal com furos		
Medição da eficiência de combustão	N/A			
Painel de alimentação e visualização	 Sinalização por LED's	 Display LCD	 Display Touch Screen	

Fonte: Os autores

Figura 15 – Matriz de concepções viáveis do produto

Funções	Concepções					
	1	2	3	4	5	6
Leitura da pressão						
	Pressostato à prova de explosão, diferencial ajustável, com conexão roscada 1/2"	Pressostato à prova de explosão, diferencial ajustável, com conexão roscada 1/2"	Pressostato à prova de explosão, diferencial ajustável, com conexão roscada 1/2"	Pressostato à prova de explosão, diferencial fixo, com conexão roscada 1/2"	Pressostato à prova de explosão, diferencial fixo, com conexão roscada 1/2"	Pressostato à prova de explosão, diferencial fixo, com conexão roscada 1/2"
Dispositivo de manual de segurança						
	Válvula manual de esfera, em aço-inox, conexão roscada 2"	Válvula manual de esfera, em aço-inox, conexão roscada 2"	Válvula manual de esfera, em aço-inox, conexão roscada 2"	Válvula manual de esfera, em aço-inox, conexão roscada 2"	Válvula manual de esfera, em aço-inox, conexão roscada 2"	Válvula manual de esfera, em aço-inox, conexão roscada 2"
Dispositivo automático de segurança						
	Válvula acionada eletricamente, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula acionada pneumáticamente, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula acionada hidráulicamente, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula acionada eletricamente, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula acionada pneumáticamente, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula acionada hidráulicamente, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento
Dispositivo automático de desligamento						
	Válvula solenóide, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula hidráulica, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula pneumática, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula pneumática, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula solenóide, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento	Válvula hidráulica, em aço-inox, conexão roscada 2", abertura lenta e rápido fechamento
Medição de temperatura						
	Transmissor de temperatura, sinal analógico 4-20 mA, à prova de explosão, com conexão roscada	Termostato, à prova de explosão, com conexão roscada	Transmissor de temperatura, sinal analógico 4-20 mA, à prova de explosão, com conexão roscada	Termostato, à prova de explosão, com conexão roscada	Transmissor de temperatura, sinal analógico 4-20 mA, à prova de explosão, com conexão roscada	Termostato, à prova de explosão, com conexão roscada
Dispositivo de retenção temporária de chama						
	Corta-chamas	Corta-chamas	Corta-chamas	Corta-chamas	Corta-chamas	Corta-chamas
Medição de fluxo de biogás						
	Medidor de vazão ultrassônico	Medidor de vazão ultrassônico	Medidor de vazão térmico	Medidor de vazão térmico	Medidor de vazão térmico	Medidor de vazão ultrassônico
Analisador de metano no biogás						
	Medidor de biogás / concentração de metano	Analisador contínuo de biogás	Analisador contínuo de biogás	Analisador de biogás por amostras coletadas	Analisador de biogás por amostras coletadas	Medidor de biogás / concentração de metano
Remoção de umidade						
	Purgador de tipo bóia	Purgador de tipo bóia	Drenador de condensado para gás	Purgador de disco	Drenador de condensado para gás	Purgador de tipo bóia
Unidade de Controle de Queima						
	Controlador de segurança para chamas, com 2 estágios	Controlador de segurança para chamas, com 2 estágios	Controlador de segurança para chamas, com 2 estágios	Controlador de segurança para chamas, com 2 estágios	Controlador de segurança para chamas, com 2 estágios	Controlador de segurança para chamas, com 2 estágios
Unidade de controle						
	CLP - Controlador Lógico Programável	CLP - Controlador Lógico Programável	Microcontrolador	Microcontrolador	CLP - Controlador Lógico Programável	Microcontrolador
Detecção de chama						
	Eletrodo de ionização	Sensor ultravioleta	Eletrodo de ionização	Sensor infravermelho	Sensor ultravioleta	Sensor infravermelho
Sistema de ignição da chama						
	Transformador com eletrodo de ignição	Chama Piloto	Transformador com eletrodo de ignição	Transformador com vela de ignição	Chama Piloto	Transformador com eletrodo de ignição
Dispositivo de queima						
	Terminal com rasgos	Terminal com rasgos	Terminal com furos	Terminal com furos	Terminal com furos	Terminal com rasgos
Medição da eficiência de combustão	N/A					
	N/A					
Painel de alimentação e visualização						
	Sinalização por LED's	Display Touch Screen	Display LCD	Sinalização por LED's	Display Touch Screen	Sinalização por LED's

Fonte: Os autores



Com a definição das possíveis concepções para o produto final, deu-se início à última etapa do projeto conceitual: a escolha da concepção final do produto. Para isso, Amaral et al. (2015) sugere a utilização de uma matriz para auxiliar no processo de tomada de decisão, vista na Figura 16.

Figura 16 – Matriz de decisão da concepção final do produto

			Concepções								
#	Requisito	Importância	1	2	3	4	5	6			
1	Ter reduzido número de sistemas	263	0	0	-1	-263	-1	-263	-1	-263	
2	Utilizar componentes standard	526	1	526	-1	-526	1	526	-1	-526	
3	Utilizar recursos disponíveis na FAHOR, Iluminox e/ou Granja Gerhardt	44	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Componentes standard devem atender aos requisitos da norma ISO/DIS 22580	625	1	625	1	625	1	625	1	625	
5	Utilizar parafusos/porcas padronizados	196	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	Utilizar conexões padrão	208	-1	-208	0	0	-1	-208	0	0	
7	Ter manual de operação	619	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Utilizar método de controle automático do sistema	706	1	706	1	706	1	706	1	706	
9	Ter sistema de segurança manual	489	1	489	1	489	1	489	1	489	
10	Ter sistema de segurança automático	601	1	601	0	0	0	1	601	0	
11	Ser um flare enclausurado	235	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	Ter uma eficiência de 99%	366	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	Ter uma interface homem máquina de fácil interpretação	359	1	359	1	359	1	359	1	359	
14	Vida útil de no mínimo 10 anos	348	0	0	0	0	0	0	0	0	
Peso da concepção			3098	1390	2235	1991	1783	2442			

Fonte: Os autores

Para a construção da matriz, representada na Figura 16, tomou-se como base os requisitos do produto, analisados durante o projeto conceitual, e seus pesos relativos - resultados da análise feita pela ferramenta QFD. Sendo assim, buscou-se determinar o impacto de cada concepção em cima dos requisitos estabelecidos, multiplicando o impacto pelo valor do requisito pré-estabelecido. Para mensurar este impacto utilizou-se o seguinte sistema de avaliação:

- Valor “+1” para concepções com impacto positivo sobre o requisito;
- Valor “0” para concepções sem impacto sobre o requisito;
- Valor “-1” para concepções com impacto negativo sobre o requisito.

A linha inferior da matriz apresentada na Figura 16 mostra o resultado obtido pela soma da análise dos requisitos de cada concepção de produto. Portanto, a concepção com o maior somatório foi selecionada como produto final, ou seja, a primeira concepção, que obteve a soma de 3098, foi convertida na concepção final do produto.

No Anexo A – Cotações de possíveis fornecedores – estão alguns orçamentos dispostos por determinados fornecedores. As cotações anexadas não representam a decisão final dos produtos *standard* a serem adquiridos, porém

servem como base para futuros estudos e sugestão para possíveis negociações com empresas no ramo.

Para a representação da configuração escolhida (pretendida para o produto), desenvolveu-se um esboço em modelagem 3D, correspondente à Figura 17. Esta serve como modelo de orientação para o desenvolvimento do projeto detalhado referente à disposição física do *flare*.

Figura 17 – Esboço da concepção final do produto



**Fonte:** Os autores

#### 4.4 PROJETO DETALHADO

Por fim, o projeto detalhado corresponde à última etapa desta seção e dá-se em cinco atividades: desenhos detalhados dos SSCs, programação do sistema de controle, simulação funcional via *software*, material de suporte do produto e análise e desempenho do projeto.

Para melhor entendimento das atividades a serem desenvolvidas, é feita uma breve explicação sobre as funções dos elementos que compõem a concepção do produto. A Figura 18 dispõe o modelo final da concepção do produto. Vale ressaltar que as medidas dos dispositivos de controle e sensores são aproximadas, visto que alguns componentes foram redesenhados e não possuíam todos os desenhos detalhados. Além disso, os dispositivos *standards* incluídos no sistema são sugestivos, de acordo com a matriz de decisão explorada anteriormente. Como não há definição de compra junto aos fornecedores, podem haver mudanças de design desses dispositivos.

Figura 18 – Concepção final do produto em modelagem 3D



**Fonte:** Os autores

De modo geral, o sistema possui dois controladores: a unidade de controle do sistema (CLP) e o controlador de chama. Este é um componente específico para queimadores e possui programação fechada, ou seja, não permite alterações. Ao ser acionado, é responsável por abrir as duas válvulas de desligamento (também chamadas de válvulas *shut-off*), gerar e identificar a presença de chama. Caso as condições determinadas não forem atingidas, retorna uma resposta ou sinal de erro. Já o CLP é um equipamento programado de acordo com as características do sistema e é responsável pela segurança do *flare*, determinando os estados de operação.

O controlador de chama é subordinado ao controlador lógico programável, ou seja, o CLP manda o comando de acionamento para o controlador de chama estabelecer o início da chama. Da mesma forma, o CLP recebe a informação de erro do controlador de chama caso ocorra alguma falha.

O transformador de ignição, os eletrodos de ignição e ionização, e as duas válvulas de desligamento estão ligadas diretamente à unidade de controle de chama. Os pressostatos, a válvula de segurança do sistema, o transmissor de temperatura, o medidor de fluxo e analisador de metano e o painel de alimentação / visualização estão ligados à unidade de controle geral do sistema. Há também os

dispositivos passivos, como o corta-chamas e o purgador, e a válvula manual de segurança (utilizada em casos extremos ou de manutenção do sistema).

A condição para o início da combustão é atingir a pressão requerida no reservatório de biogás e na linha do *flare*. O projeto em questão considera uma pressão na faixa dos 6 KPa para fazer o acionamento da queima. Durante o funcionamento do sistema, o fluxo e informações do biogás são monitoradas. Estima-se que o consumo diário seja de 300 m<sup>3</sup> de biogás por dia. O sistema irá se desligar ao baixar consideravelmente as pressões medidas, ou poderá entrar em modo de emergência caso o controlador de chama detectar alguma condição adversa ou o sensor de temperatura detectar um contrafluxo de chama, a partir do aumento considerável da temperatura na linha próxima ao queimador (ponto extremo do *flare*).

#### **4.4.1 Desenhos detalhados dos SSCs**

Com base nas considerações tomadas nas etapas anteriores, realizou-se a análise e desenvolvimento dos SSCs que constituem o produto. O Apêndice A - Desenhos detalhados do produto - compreende os desenhos detalhados dos componentes desenvolvidos pela equipe do projeto. Os desenhos detalhados dos produtos *standard* não foram considerados.

Tendo finalizado as atividades relacionadas aos desenhos, deu-se origem ao Apêndice B - Estrutura do Produto ou BOM - *Bill Of Materials*, o qual apresenta a estrutura do produto, incluindo os níveis, códigos e quantidades das peças.

Dentre os materiais permitidos pela norma foram majoritariamente escolhidos dois aços inoxidáveis para compor o *flare*. No subsistema do queimador utilizou-se o AISI 310, devido a sua resistência à altas temperaturas. Para o subsistema de controle e segurança foi escolhido o AISI 316 - que possui ótima resistência à corrosão - devido ao alto nível de enxofre presente no gás. Mais detalhes dos materiais escolhidos podem ser vistos no Anexo B – Composição química e propriedades mecânicas dos aços inoxidáveis. Também pode ser visto no Anexo C – Perfis de tubos em aço inoxidável padrão *Schedule*, detalhes sobre os perfis utilizados.

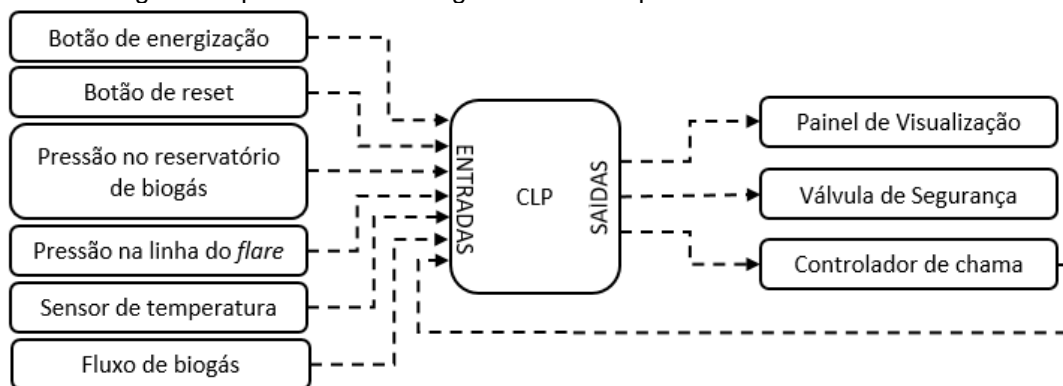
Através da estrutura do produto é possível visualizar e compreender todos os componentes do produto e como eles se relacionam entre si. Sendo assim,

deu-se início à programação em linguagem *Ladder* para a execução da lógica do sistema.

#### 4.4.2 Programação do sistema de controle

A programação desenvolvida em linguagem *Ladder* para a simulação do sistema está disposta no Apêndice C – Programação em linguagem *Ladder*. A lógica do sistema, de forma geral, pode ser melhor compreendida através da Figura 19.

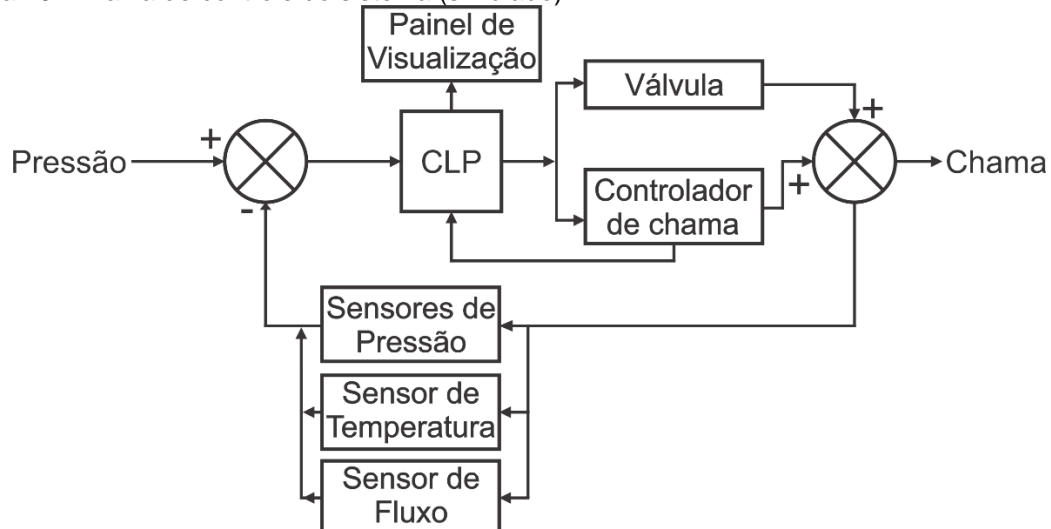
Figura 19 – Diagrama representativo da lógica executada pelo sistema



Fonte: Os autores

Além disso, é possível verificar na Figura 20 a malha de controle, a qual dispõe a forma de interligação dos elementos na simulação.

Figura 20 – Malha de controle do sistema (simulado)



Fonte: Os autores

Para a elaboração do código considerou-se o modelo de CLP CECC-D, da marca Festo, presente em um kit didático disponível na instituição de ensino, o qual foi utilizado posteriormente para realizar os testes de funcionamento. O controlador em questão possui apenas portas (de entrada e saída) digitais. Para tanto, declarou-se as entradas do sistema, conforme disposto na coluna “*Variable*” da Figura 21. Com o intuito de obter melhor entendimento sobre o que cada variável representa, deve-se observar a descrição presente na última coluna, chamada “*Description*”, das respectivas imagens. A escolha das portas de entradas e saídas foi feita através da disposição física do kit CLP.

Figura 21 – Declaração das entradas do sistema

Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
		Onboard Input	%IB0				CECC's onboard digital inputs
		Byte0	%IB0	BYTE			
P1		Bit0	%IX0.0	BOOL			Pressão no reservatório
P2		Bit1	%IX0.1	BOOL			Pressão na linha do flare
		Bit2	%IX0.2	BOOL			
		Bit3	%IX0.3	BOOL			
B1		Bit4	%IX0.4	BOOL			Botão de energização
BR		Bit5	%IX0.5	BOOL			Botão de reset
		Bit6	%IX0.6	BOOL			
		Bit7	%IX0.7	BOOL			
		Byte1	%IB1	BYTE			
		Bit0	%IX1.0	BOOL			
T1		Bit1	%IX1.1	BOOL			Sensor de temperatura
CC_Falha		Bit2	%IX1.2	BOOL			Falha no controlador de chama
		Bit3	%IX1.3	BOOL			
		Bit4	%IX1.4	BOOL			
		Bit5	%IX1.5	BOOL			

Fonte: Os autores

Da mesma forma, declarou-se as saídas do sistema, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Declaração das saídas do sistema

Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
		Onboard Output	%QB0				CECC's onboard digital outputs
		Byte0	%QB0	BYTE			
VS		Bit0	%QX0.0	BOOL	FALSE		Válvula automática de segurança
CC		Bit1	%QX0.1	BOOL	FALSE		Aciona controlador de queima
Verde		Bit2	%QX0.2	BOOL	FALSE		LED verde (ligado)
Amarelo		Bit3	%QX0.3	BOOL	FALSE		LED amarelo (energizado)
Vermelho_CC		Bit4	%QX0.4	BOOL	FALSE		LED vermelho (falha de chama)
Vermelho_T1		Bit5	%QX0.5	BOOL	FALSE		LED vermelho (falha burn back)
		Bit6	%QX0.6	BOOL	FALSE		
		Bit7	%QX0.7	BOOL	FALSE		

Fonte: Os autores

Para tornar a programação de fácil entendimento, criou-se variáveis booleanas, ou seja, que trabalham com valores de verdadeiro ou falso, para

armazenar os estados de operação do *flare*, conforme disposto nas linhas (de referência) 4 a 7 da Figura 23. Como citado anteriormente, o modelo do controlador lógico programável utilizado dispõe apenas portas digitais. Em virtude disso, criaram-se outras variáveis para fins de simulação e representação do fluxo de biogás (valores analógicos) que está passando pela linha do *flare*, quando este estiver em funcionamento. Entre as linhas 10 e 17 das linhas de referência da Figura 23 é possível observar as variáveis estabelecidas para simulação de valores analógicos do fluxo, juntamente com o comentário que justifica as suas respectivas funções.

Figura 23 – Declaração das variáveis da programação

Número da linha para referência	1	<code>PROGRAM PLC_PRG</code>
	2	<code>VAR</code>
	3	<code>//Variáveis para o estado de funcionamento do sistema</code>
	4	<code>Energizado : BOOL; //Flare energizado</code>
	5	<code>Ligado : BOOL; // Flare ligado</code>
	6	<code>Falha : BOOL; //Falha no controlador de chama</code>
	7	<code>Burn_Back : BOOL; //Contrafluxo de chama</code>
	8	
	9	<code>//Variáveis para a simulação analógica do fluxo</code>
	10	<code>Fluxo : LIN_TRAFO; //Bloco de conversão de leitura analógica para valor</code>
		<code>em alguma unidade</code>
	11	<code>Leitura_Atual : REAL; //Variável para armazenamento da leitura</code>
		<code>analógica</code>
	12	<code>Leitura_Min : REAL := 0; //Valor mínimo da leitura analógica</code>
	13	<code>Leitura_Max : REAL := 4095; //Valor máximo da leitura analógica</code>
		<code>(resolução de 12 bits)</code>
	14	<code>Fluxo_Atual : REAL; //Valor atual do fluxo</code>
	15	<code>Fluxo_Min : REAL := 0; //Valor mínimo de fluxo</code>
	16	<code>Fluxo_Max : REAL := 15; //Valor máximo de fluxo</code>
17	<code>Erro : BOOL; //Variável booleana para verificação de erro</code>	
18	<code>END_VAR</code>	
19		

**Fonte:** Os autores

Para melhor compreensão, cada linha de referência do código em linguagem *Ladder*, presente no Apêndice C – Programação em linguagem *Ladder*, será explanada a seguir. Entretanto, primeiramente é necessário esclarecer que para o desenvolvimento da lógica foi considerado que o sistema poderá ter quatro estados de operação, conforme mencionados anteriormente:

- Energizado - quando o sistema está alimentado eletricamente e não está em funcionamento;
- Ligado - quando o *flare* está em operação;
- Falha - quando o controlador de chama identifica alguma falha;

- *Burn Back* - quando o sensor acusa o aumento da temperatura na linha do *flare*, ou seja, quando ocorre um contrafluxo da chama.

Cada um dos estados de operação será representado por uma cor a fim de facilitar a interpretação do sistema. A seguir estão dispostos os nomes das saídas declaradas para o uso dos LED's coloridos que farão a identificação dos estados:

- Energizado - "Amarelo";
- Ligado - "Verde";
- Falha - "Vermelho\_CC";
- *Burn Back* - "Vermelho\_T1".

Na primeira linha do código está a lógica que determina se o sistema está no estado "Energizado". Quem determina esta condição é o acionamento do botão "B1", ou seja, quando o botão está acionado ou com o contato fechado, o sistema está alimentado eletricamente. Além disso, na mesma linha de código há uma ramificação que é responsável pela lógica do acionamento do LED amarelo, que estará ligado somente se as outras condições não estiverem ativas - representadas pelos contatos normalmente fechados.

Em seguida, as linhas 2 e 3 são responsáveis pela lógica de acionamento do estado "Ligado" e a ação a ser realizada caso entrar nesse estado, respectivamente. A condição inicial para determinar o acionamento do *flare* é atingir os níveis desejáveis nos dois pressostatos, intitulados "P1" e "P2". Entrando em estado de operação, o CLP irá acionar o controlador de chama "CC" (ocorrendo a abertura das válvulas *shut-off* e a ignição da chama), abrir a válvula automática de segurança "VS" e acionar o LED verde.

A quarta fileira identifica se o controlador de chama "CC" retornou um sinal de falha de chama. Caso este sinal for verdadeiro, o sistema entrará no modo "Falha" e acenderá o LED "Vermelho\_CC".

Já na quinta linha consta a lógica necessária para verificar a ocorrência do "Burn Back", ou seja, um contrafluxo de queima. Este estado de falha por contrafluxo é determinado pelo sensor de temperatura. É importante ressaltar que na concepção do produto definiu-se que o sensor a ser utilizado trabalhará com sinal analógico de 4-20mA. Porém, devido às características do controlador utilizado e a fins de simulação, considerou-se um acionamento digital. Quando o



sensor identificar a temperatura predeterminada, o sistema estará no estado “Burn Back” e acionará o luminoso “Vermelho\_T1”. Para sair desse estado, é necessário pressionar o botão de reset “BR”.

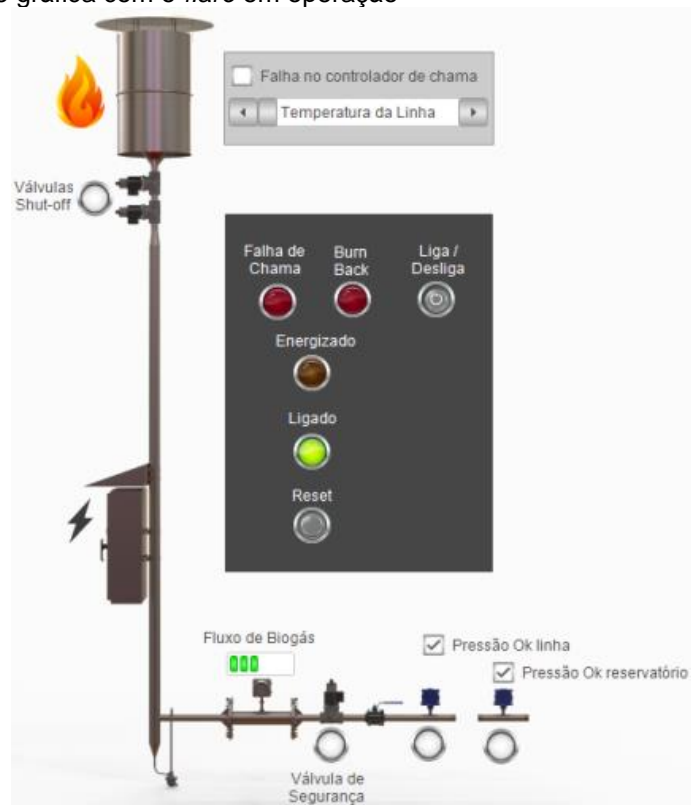
A partir da linha 6 em diante segue a lógica utilizada para representar um valor analógico de leitura do fluxo de biogás na linha. Caso o sistema estiver “Ligado”, atribuiu-se um valor de 2000 para a simular a presença de fluxo de biogás. Esse valor é estático e serve somente para a visualização na simulação funcional, porém, durante alguns testes esse valor foi variado via interface gráfica. Quando o sistema estiver fora do estado “Ligado”, o fluxo será o (zero) - linha 7. O bloco presente na oitava linha é quem faz a conversão da leitura em analógica para uma determinada medida. O valor obtido é enviado para uma variável que armazenará o valor atual (linha 9).

#### **4.4.3 Simulação funcional via software**

Após validar a lógica desenvolvida em linguagem *Ladder*, desenvolveu-se uma interface gráfica a fim de interpretar visualmente os estados e funcionamento do *flare*. O mesmo *software* utilizado para gerar o código possui um ambiente para criar as telas de visualização. Há dois modos de funcionamento da interface gráfica: um permite que o próprio usuário manipule a tela via *software* e o outro funciona através dos sinais enviados através do kit CLP Festo.

Os dois modos foram testados e as funcionalidades desejadas operaram corretamente. A interface concebida é mostrada pela Figura 24.

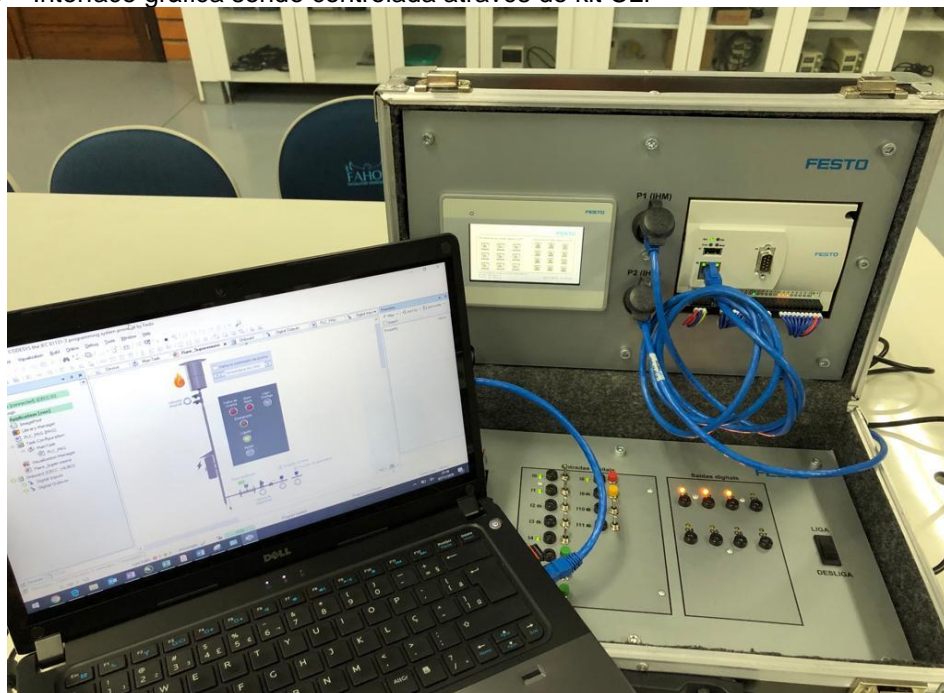
Figura 24 – Interface gráfica com o *flare* em operação



Fonte: Os autores

Já na Figura 25 está presente a tela mostrando o estado do sistema e operando juntamente com o kit didático.

Figura 25 – Interface gráfica sendo controlada através do kit CLP



Fonte: Os autores

#### **4.4.4 Material de suporte do produto**

A norma ISO/DIS 22580 também faz especificações a respeito do manual de operação e manutenção do produto. A norma requer que o material seja disponibilizado na língua inglesa e também na língua nacional do local de instalação do produto. O manual deve conter informações referentes: às instruções de segurança, aos procedimentos de emergência, aos riscos de operação, às instruções de operação, ao monitoramento e registros de dados, às manutenções planejadas, às inspeções regulares e avaliações de eficiência.

Em virtude do presente estudo abordar apenas alguns aspectos da norma e não haver dispositivos adquiridos para a construção do projeto, elaborou-se somente as instruções de operação, em linguagem nacional, compreendidas no Apêndice D – Manual de operação. As instruções foram elaboradas com base nas simulações realizadas na interface gráfica, demonstradas anteriormente.

#### **4.4.5 Análise de desempenho do projeto**

Esta atividade se deu através dos indicadores de desempenho, dispostos anteriormente no Quadro 7. O primeiro indicador está relacionado ao cumprimento dos aspectos técnicos da norma em questão. Esta foi acompanhada durante seus estágios de desenvolvimento e está em fase final para ser publicada oficialmente. A partir do estudo dos pontos técnicos, presentes na norma ISO/DIS 22580 e que foram explorados e considerados neste trabalho, é possível afirmar que os requisitos normativos relacionados foram atingidos, porém com ressalvas. Visando complementar este ponto, fez-se necessário analisar se produto atendia aos requisitos determinados pelos clientes, através da comparação das especificações-meta do produto com as especificações da concepção final.

A análise realizada deu origem ao Quadro 15. A última coluna, denominada "Verificado no projeto", mostra o resultado obtido após o estudo da concepção final do produto. Os itens que levam o símbolo “\*” possuem algumas observações ou não foram mensurados.

Quadro 15 – Análise de atendimento dos requisitos do produto

#	Requisito	Meta	Verificado no projeto
1	Utilizar método de controle automático do sistema	Atender ao requisito	Requisito atendido
2	Componentes <i>standard</i> devem atender aos requisitos da norma ISO/DIS 22580	Atender ao requisito	Requisito atendido*
3	Ter manual de operação	Atender ao requisito	Requisito atendido*
4	Ter sistema de segurança automático	Atender ao requisito	Requisito atendido
5	Utilizar componentes <i>standard</i>	$\geq 60\%$	79,9%
6	Ter sistema de segurança manual	Atender ao requisito	Requisito atendido
7	Ter uma eficiência de 99%	Atender ao requisito	Não mensurado*
8	Ter uma interface homem máquina de fácil interpretação	Atender ao requisito	Requisito atendido
9	Vida útil de no mínimo 10 anos	$\geq 10$ anos	Não mensurado*
10	Ter reduzido número de sistemas	$\leq 4$ sistemas	2
11	Ser um <i>flare</i> enclausurado	Atender ao requisito	Requisito atendido
12	Utilizar conexões padrão	$\geq 60\%$	69,23%
13	Utilizar parafusos/porcas padronizados	$\geq 60\%$	100%
14	Utilizar recursos disponíveis na FAHOR, empresa e/ou propriedade parceira	$\geq 50\%$	Não mensurado*

Fonte: Os autores

O Quadro 15 mostra que, com exceção dos cinco itens com destacados com “\*”, os requisitos foram atingidos. Já requisitos número 2 e 3 foram atingidos com ressalvas: este justifica-se por possuir apenas uma parte do manual de operação e julga-se necessário ter informações providas após o produto estar manufaturado e testado fisicamente com todos os elementos comprados (há variações de algumas características de acordo com o fabricante); já o número 2, além de incluir o manual de operação em suas exigências, justifica-se por não possuir uma especificação concreta para a medição da eficiência de queima evidenciada na norma. Julga-se necessário, por parte dos integrantes do projeto, haver um documento formal emitido por entidade de normatização que detalhe a forma como a eficiência deve ser medida.

Ainda considerando o Quadro 15, os requisitos 7, 9 e 14 não foram mensurados pois é necessário ter o produto manufaturado para testes válidos serem obtidos.

Para o segundo indicador, que visa a avaliação relacionada ao funcionamento do sistema, foram realizadas repetidas simulações através de uma interface gráfica, a qual permitiu a visualização dos estados possíveis do *flare*. Os quatro estados visíveis foram simplesmente identificados através de cores diferentes e identificações no painel de visualização. A Figura 26 mostra as telas que indicam o estado do sistema, ou seja, exibe todos os estados possíveis do produto. Os estados são alterados de forma autônoma, de acordo com as condições determinadas através da interface ou através do CLP (kit), cabendo ao usuário validar as respostas do *flare*.

Figura 26 – Interface gráfica com os estados possíveis do *flare*



**Fonte:** Os autores

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da adaptação dos métodos sugeridos por Amaral et al. (2015) em seu livro “Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo” foi elaborado o projeto de um *flare*, dispositivo de segurança automático destinado à realização da queima de biogás, que atende ao projeto da norma ISO/DIS 22580 nos aspectos relacionados à estrutura física e instrumentação e controle.

O projeto se deu em quatro atividades principais: o planejamento do projeto, o projeto informacional, o projeto conceitual e o projeto detalhado. Os quatro itens são necessários para estabelecer uma conexão completa entre os clientes e o produto, buscando desenvolver a melhor solução possível para um problema.

Considerando as hipóteses levantadas no início do trabalho, que atendendo a norma ISO/DIS 22580 é possível construir um *flare* 99% eficiente e que os requisitos da norma ISO/DIS 22580 exigem a construção de um *flare* adicional para operar durante a necessidade de manutenção do principal, entende-se que a primeira não foi corroborada pois efetivamente não houve condições de testar o sistema fisicamente nem se soube a forma mais adequada para realizar a medição. Já para a segunda hipótese, entende-se que é conveniente a existência de um *flare* adicional, idêntico ao principal, que trabalhe durante a manutenção deste, visto que a produção de biogás é incessante. A norma em questão indica o uso de uma linha adicional de gás (chamada *bypass*) idêntica para uso com o mesmo queimador. Porém, se este necessitar de manutenção, o *flare* não poderá operar, mesmo com a linha *bypass*.

Ainda, através do método aplicado constata-se que os componentes disponíveis no mercado e que atendem os requisitos normativos possuem um custo muito elevado no mercado brasileiro. Em virtude dessa situação, recomenda-se que este TFC seja utilizado como referência para outros que irão abordar os *flares* e sugere-se que os estudos sejam feitos para desenvolver componentes dedicados ou específicos para queimadores de biogás, contribuindo com soluções mais acessíveis.

Através do modelamento 3D da estrutura do produto, a programação e simulação do sistema via *software* e a análise de desempenho é possível responder ao problema de pesquisa, porém com ressalvas: o desenvolvimento de

um *flare* é funcionalmente e tecnicamente viável seguindo a norma ISO/DIS 22580, entretanto julga-se necessário que haja um documento formal - documento de especificação técnica - que atribua em detalhes como a eficiência de queima deve ser medida. Sendo assim, os resultados obtidos permitem afirmar que os objetivos propostos foram atingidos.

## REFERÊNCIAS

- AL SEADI, Teodorita; et. al. **Biogas handbook**. Esbjerg: University of Southern Denmark Esbjerg, 2008.
- ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- AMARAL, Daniel C.; et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produto**. São Paulo: Saraiva, 2015.
- BACK, Nelson et al. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2010.
- BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e fundamentos de medidas, volume 1**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- BARBOSA FILHO, Antonio N. **Projeto e Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: Atlas, 2009.
- BLEY JR., Cícero. **Biogás: a energia invisível**. 2. ed. São Paulo: CIBiogás, 2015.
- CALLISTER JR., William; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Trad. de S. M S. Soares. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Elementos de automação**. São Paulo: Érica, 2014.
- CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Processos de fabricação e tratamento - Volume III**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: **ISO 20675**. Biogas - Biogas production, conditioning, upgrading and utilization - Terms, definition and classification scheme. ISO, 2018.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: **ISO/DIS 22580**. Flares for combustion of biogas. ISO, 2019.
- KARLSSON, Tommy et al. **Manual básico de biogás**. Lajeado: Ed. da Univates, 2014. Disponível em: <[https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/71/pdf\\_71.pdf](https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/71/pdf_71.pdf)>. Acesso em: 06 nov. 2019.
- PAHL, Gerhard et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher. 2005.
- PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.



PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 6. ed. Pensilvânia: PMI, 2017.

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial: PLC, teoria e aplicações: Curso Básico**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

RODRIGUES, Rodrigo. **Controle e automação da produção**. Porto Alegre: SAGAH, 2016.

RIO INOX. **Composição química e propriedades mecânicas dos aços inoxidáveis**. 2019. Disponível em: <<https://www.rioinox.com/Tabela%20Peso%20Teorico%20Tubos%20Inox%20Schedule.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2019.

RIO INOX. **Perfis de tubos em aço inoxidável padrão Schedule**. 2019. Disponível em: <<https://www.rioinox.com/Tabela%20Peso%20Teorico%20Tubos%20Inox%20Schedule.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2019.

ROQUE, Luiz Alberto O. L. **Automação de processos com linguagem Ladder e sistemas supervisórios**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

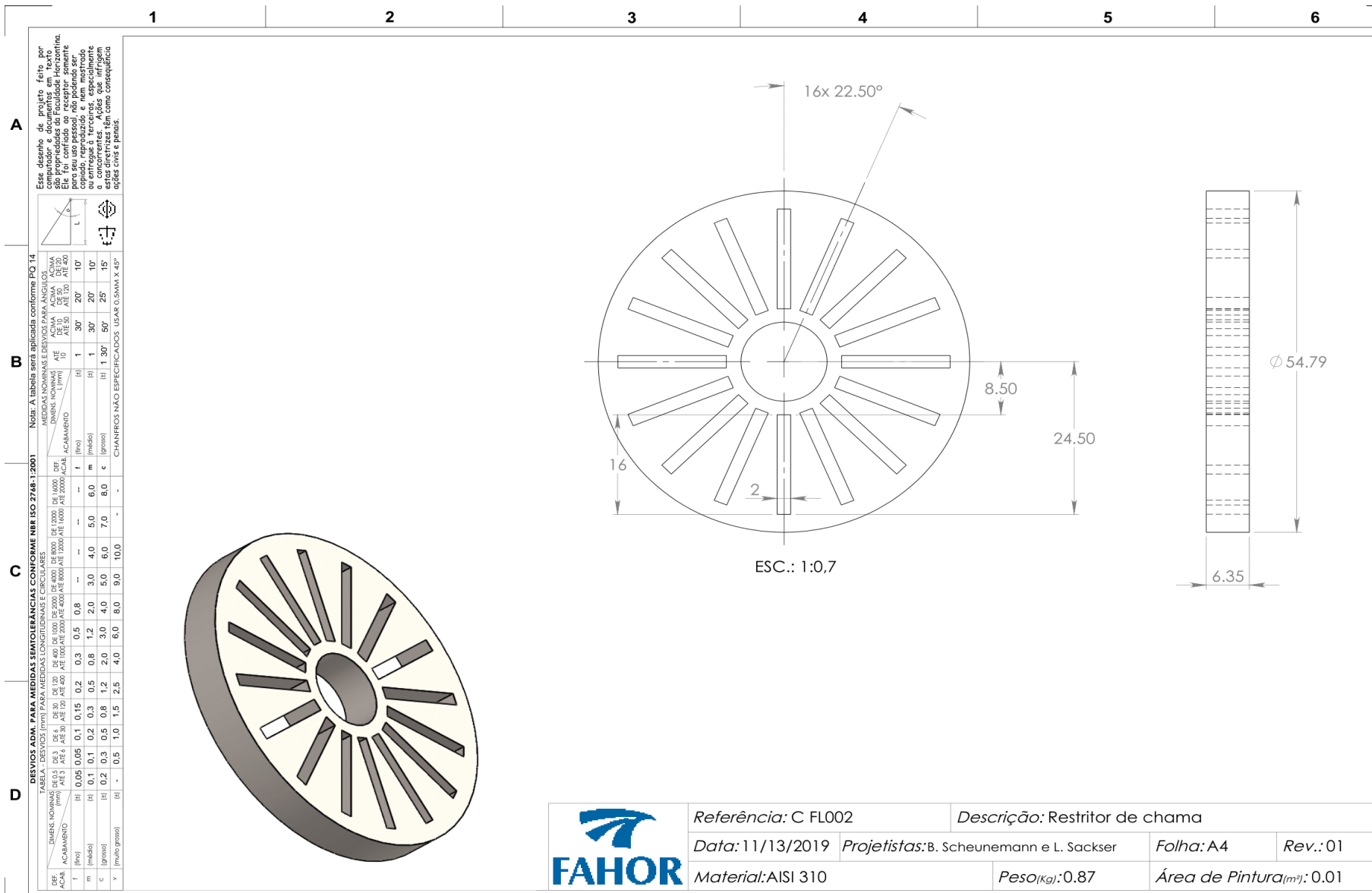
SIMÕES MOREIRA, José R. (Org.). **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

WINROCK. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. 2008. Disponível em: <[https://www.academia.edu/6686420/MANUAL\\_DE\\_TREINAMENTO\\_EM\\_BIODIGESTÃO](https://www.academia.edu/6686420/MANUAL_DE_TREINAMENTO_EM_BIODIGESTÃO)>. Acesso em: 06 nov. 2019.

## APÊNDICE A - DESENHOS DETALHADOS DO PRODUTO

Código	Descrição	Quantidade	Nível
C FL001	Tubo 4	1	4 (Componente)
C FL002	Restritor de chama	1	4 (Componente)
C FL004	Proteção inferior	1	4 (Componente)
C FL005	Proteção intermediária	1	4 (Componente)
C FL006	Proteção superior	1	4 (Componente)
C FL007	Fixação proteção	1	4 (Componente)
C FL008	Suporte proteção inferior	1	4 (Componente)
C FL010	Suporte proteção superior	1	4 (Componente)
C FL011	Suporte proteção intermediária	1	4 (Componente)
C FL013	Cone restritor	1	4 (Componente)
C FL014	Tubo 1	1	4 (Componente)
C FL015	Tubo 2	1	4 (Componente)
C FL016	Tubo queimador	1	4 (Componente)
C FL017	Tubo 6	1	4 (Componente)
C FL018	Cone redutor	1	4 (Componente)
C FL019	Alimentação purgador	1	4 (Componente)
C FL020	Pressurização purgador	1	4 (Componente)
C FL021	Tubo 5	1	4 (Componente)
C FL022	Tubo 8	1	4 (Componente)
C FL023	Tubo 7	1	4 (Componente)
C FL024	Fixação painel elétrico	2	4 (Componente)
C FL025	Suporte eletrodo	2	4 (Componente)
C FL026	Reforço da flange	8	4 (Componente)
C FL027	Flange	2	4 (Componente)
C FL030	Suporte transmissor de pressão	2	4 (Componente)
C FL034	Fixação proteção painel elétrico	2	4 (Componente)
C FL035	Proteção painel elétrico	1	4 (Componente)
C FL036	Tubo 10	1	4 (Componente)
C FL041	Suporte transmissor de temperatura	1	4 (Componente)
C FL042	Adesivo	1	4 (Componente)
C FL009	Tubo 3	1	4 (Componente)
CJ FL003	Caixa de comando	1	3 (Subsistema)
CJ FL012	Tubo flangeado 1	1	3 (Subsistema)
CJ FL028	Tubo flangeado 2	1	3 (Subsistema)
CJ FL029	Proteção da chama	1	3 (Subsistema)
CJ FL031	Tubo de queima	1	3 (Subsistema)
CJ FL032	Leitura pressão na linha	1	3 (Subsistema)
CJ FL033	Início / detecção de chama	1	3 (Subsistema)
CJ FL037	Leitura pressão no biodigestor	1	3 (Subsistema)
CJ FL038	Controle e segurança	1	2 (sistema)
CJ FL039	Queimador	1	2 (Sistema)
CJ FL040	Flare	1	1 (Produto)





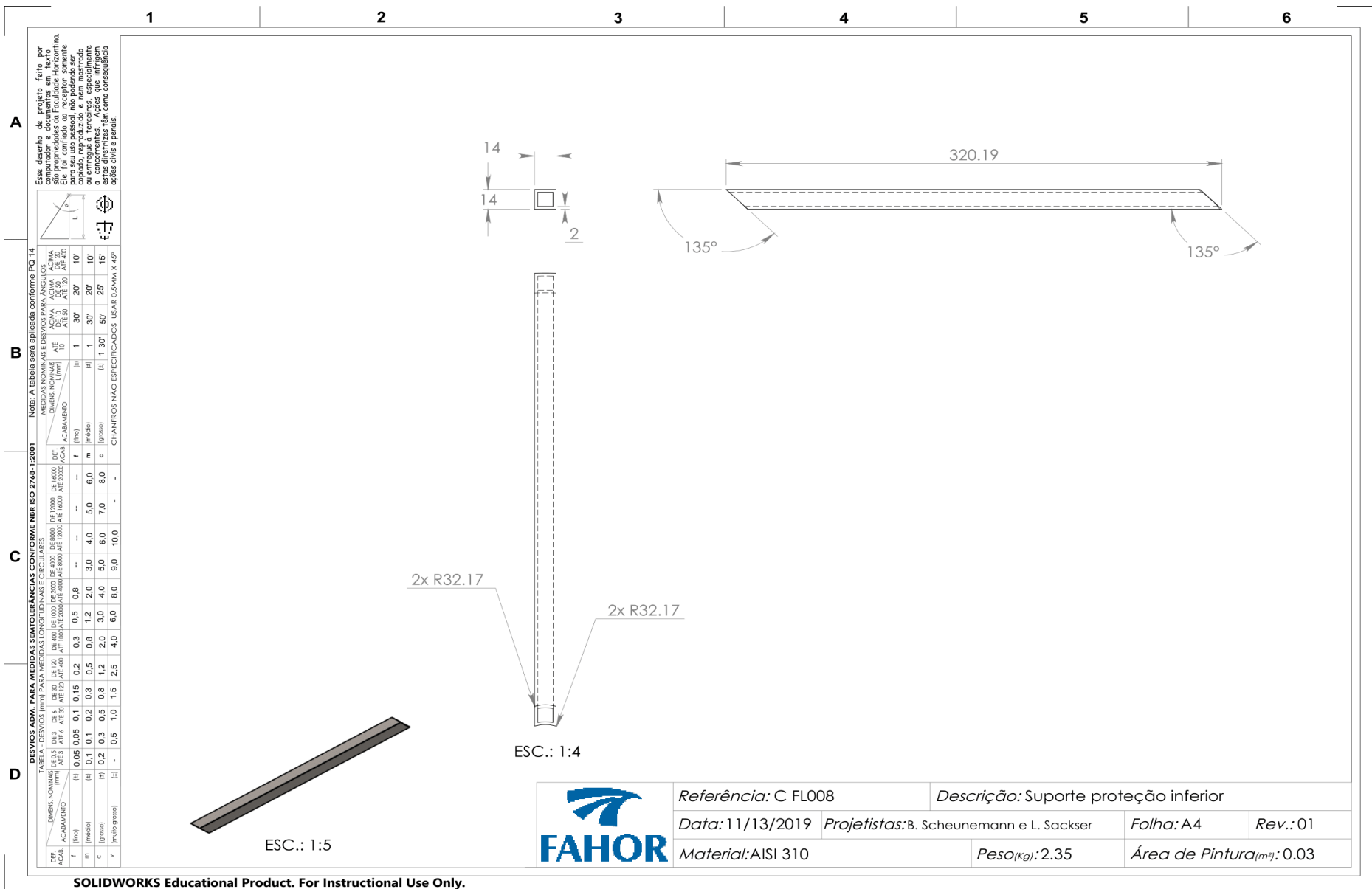




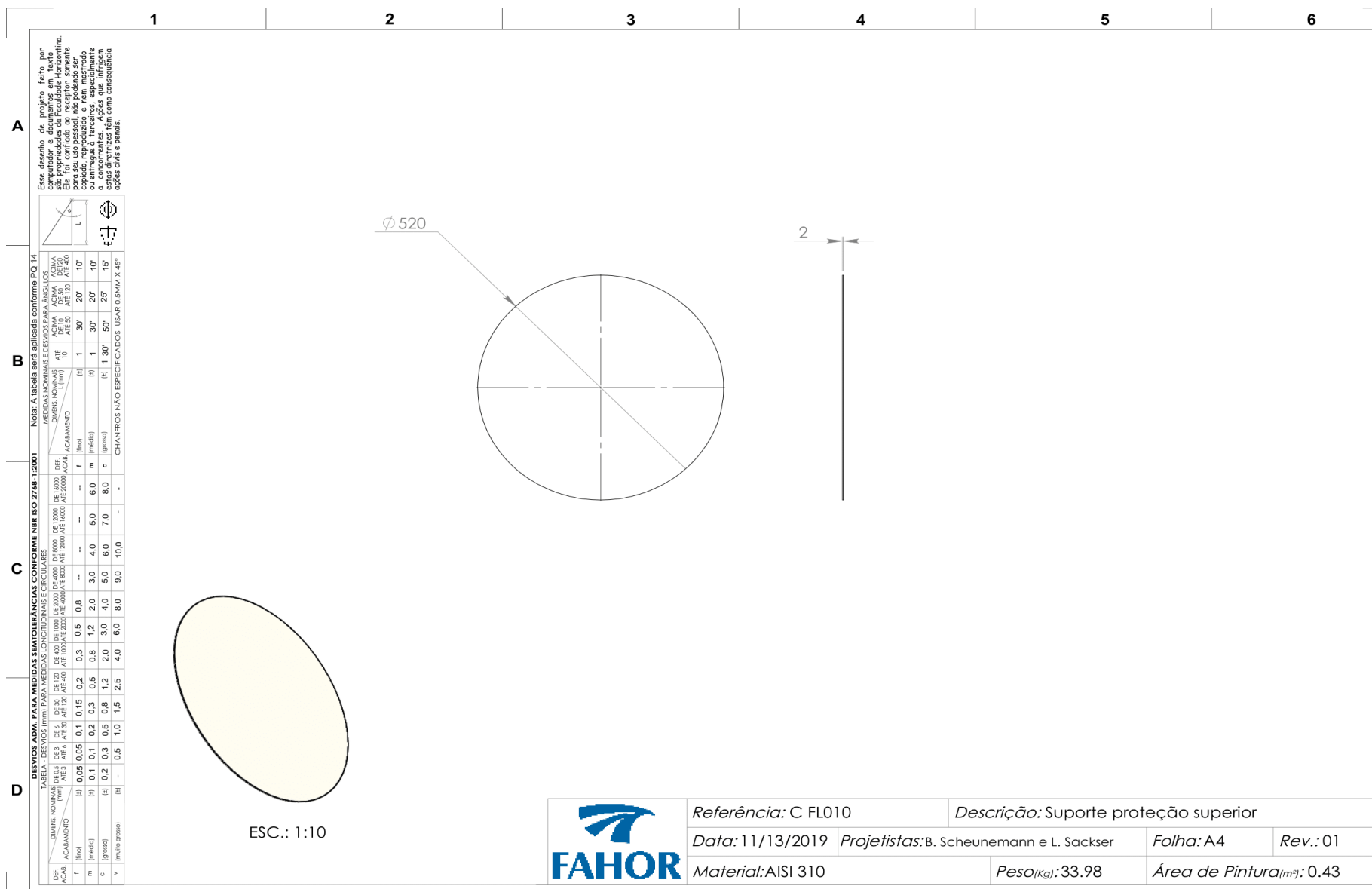
**SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.**

**SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.**





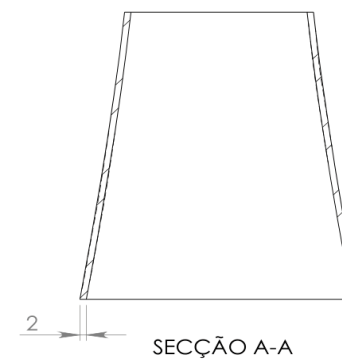
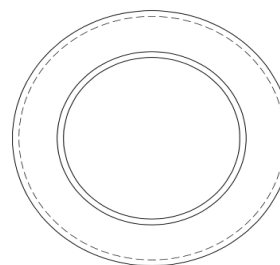
**SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.**





D

COP	ESPESURA (mm)	ACABAMENTO	TABELA 1 - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES																
			DE1,5	DE3	DE3,5	DE5	DE6	DE10	DE15	DE20	DE30	DE40	DE50	DE60	DE70	DE80	DE100	DE120	DE150
1	m	fino	0,05	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	m	medio	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	4,0	—	—	—	—	—	—	
3	m	grosso	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	—	—	—	—	—	—	
4	m	(muito grosso)	—	0,5	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	8,0	9,0	10,0	—	—	—	—	—	—	

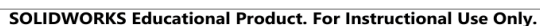


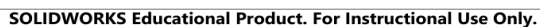
Material: AISI 310

*Peso*(Kg):3.63

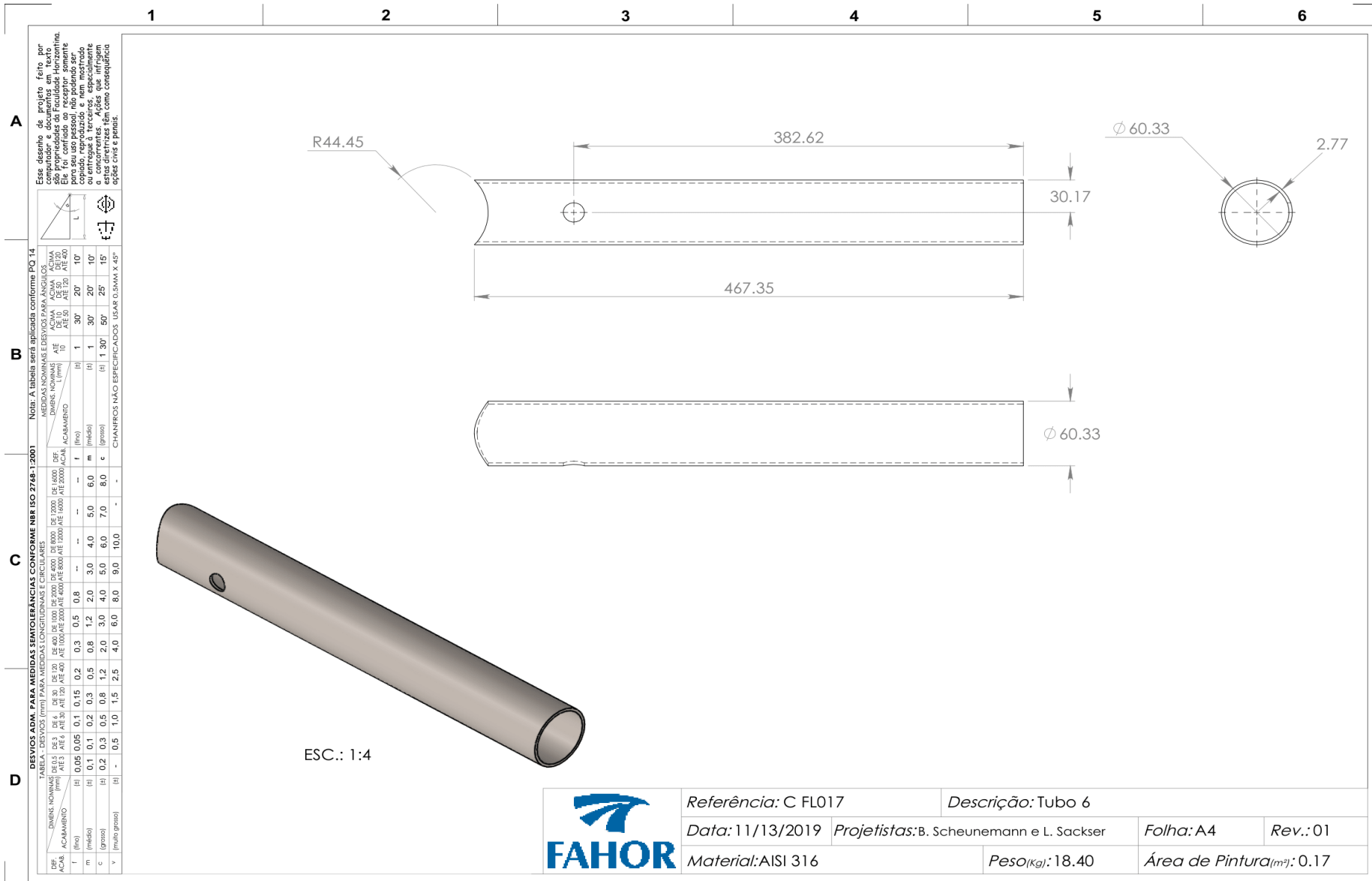
Área de Pintura<sub>(m²)</sub>: 0.05

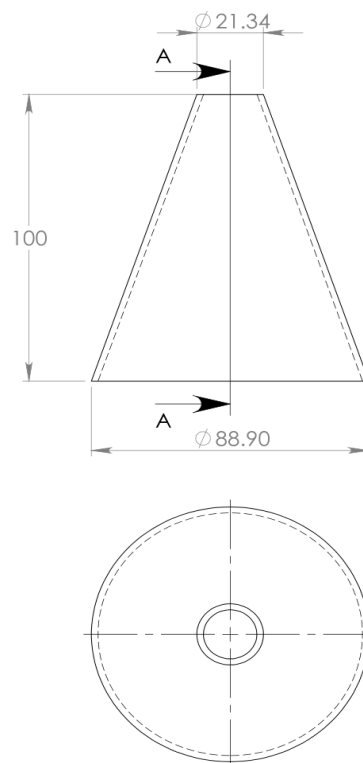










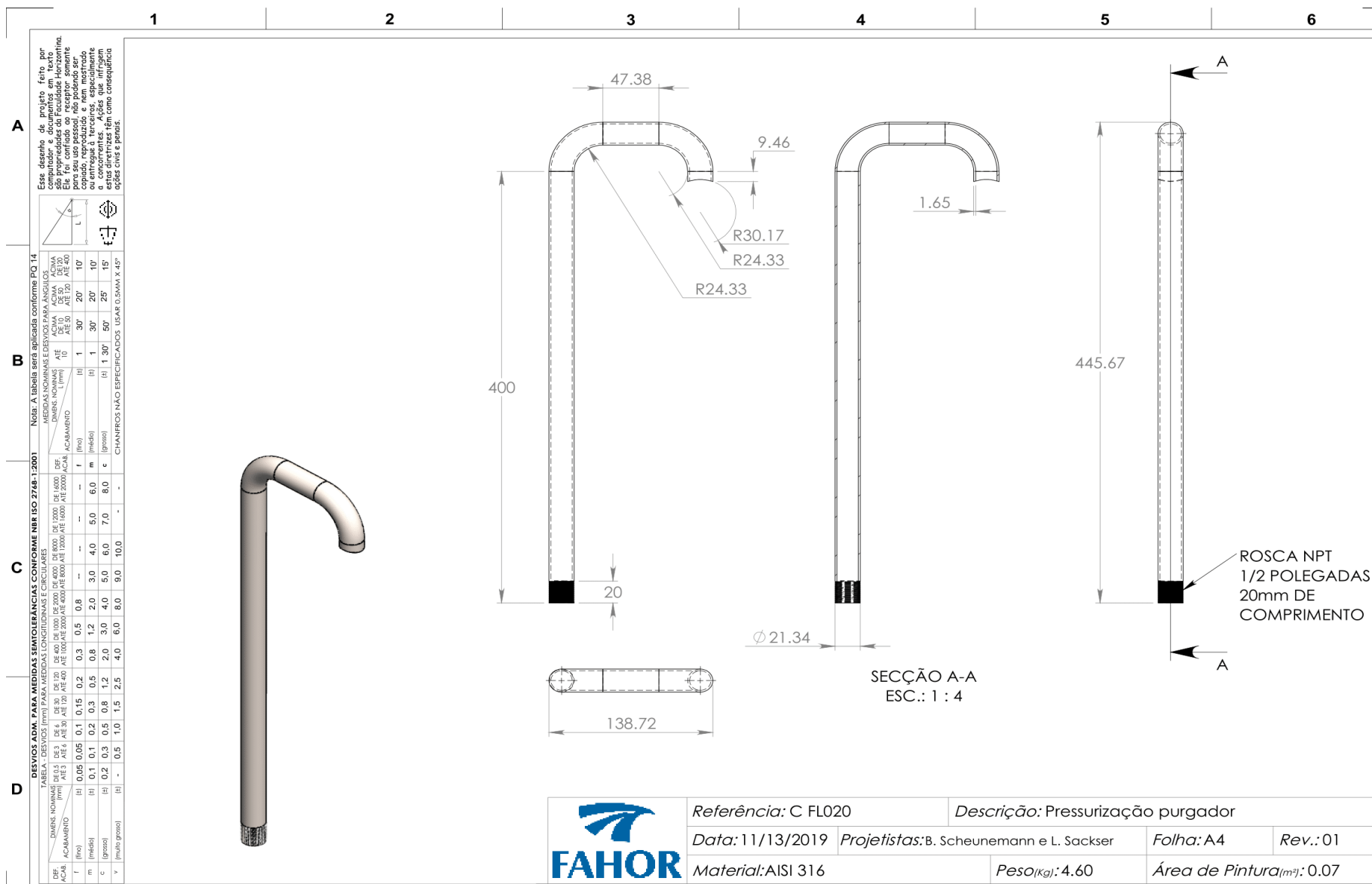


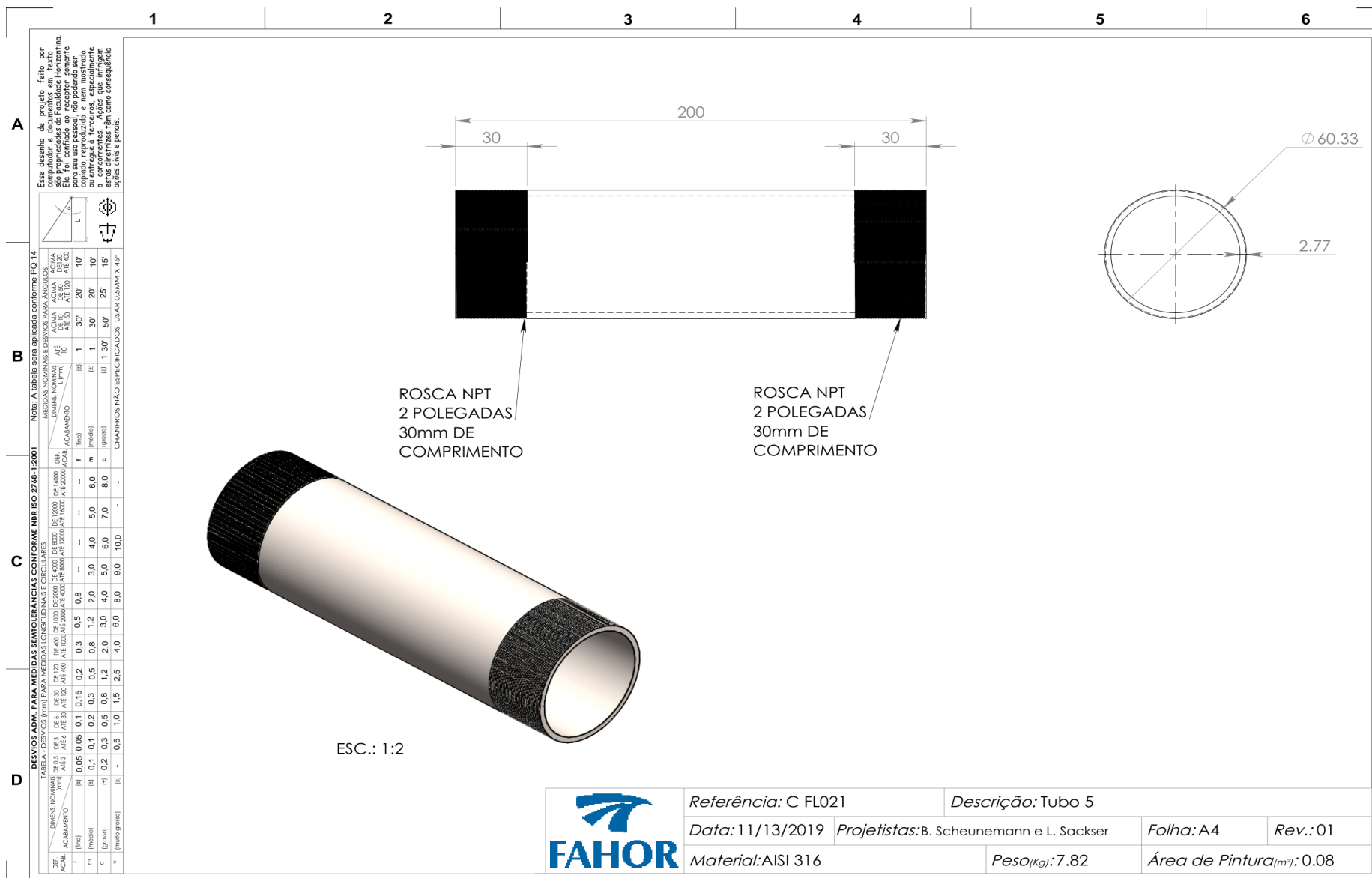
A diagram of a trapezoid with a horizontal top edge and two slanted sides. A dimension line above the top edge indicates a width of 2.

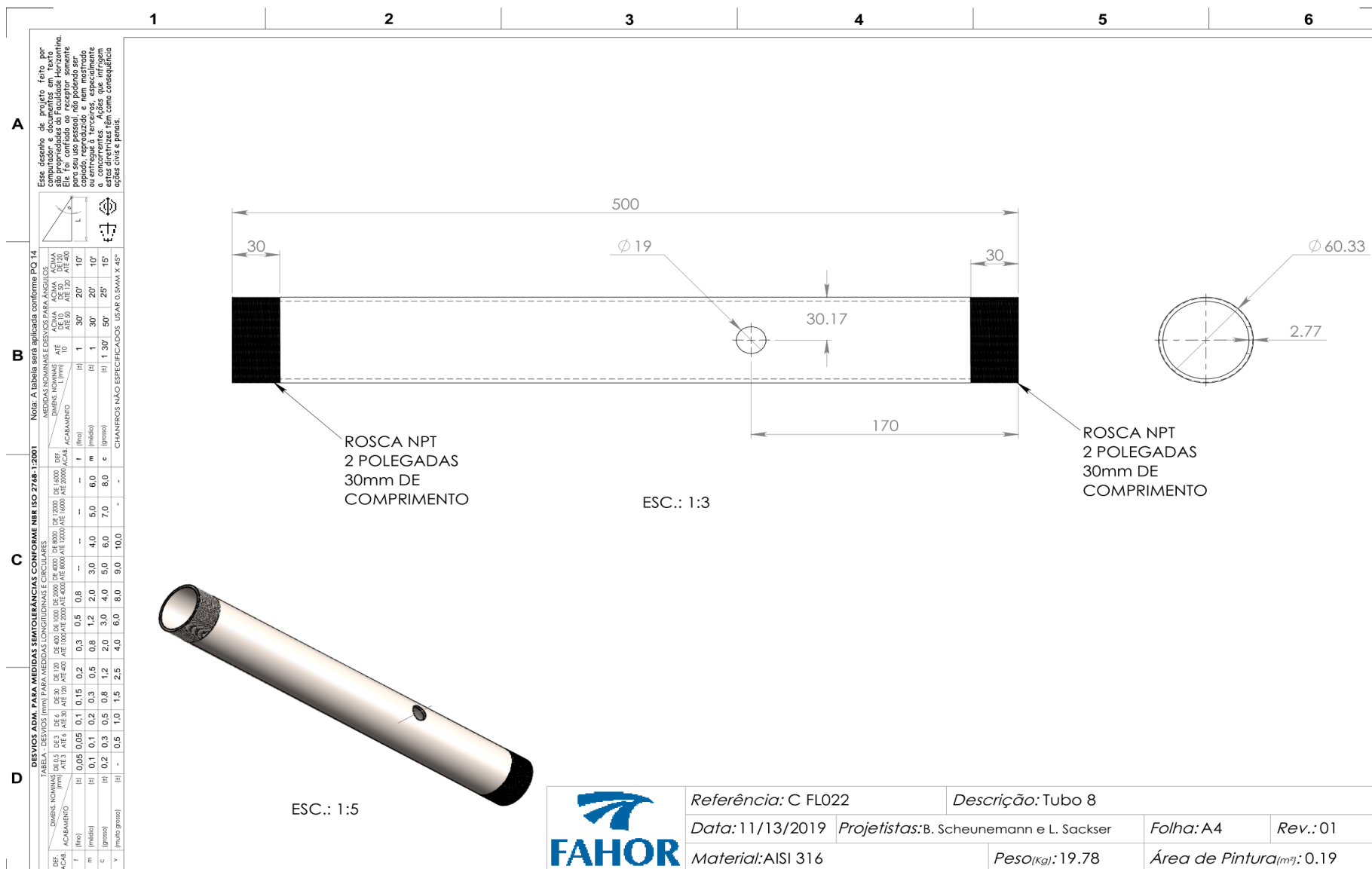


Área de Pintura(m²): 0.04

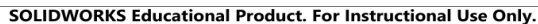




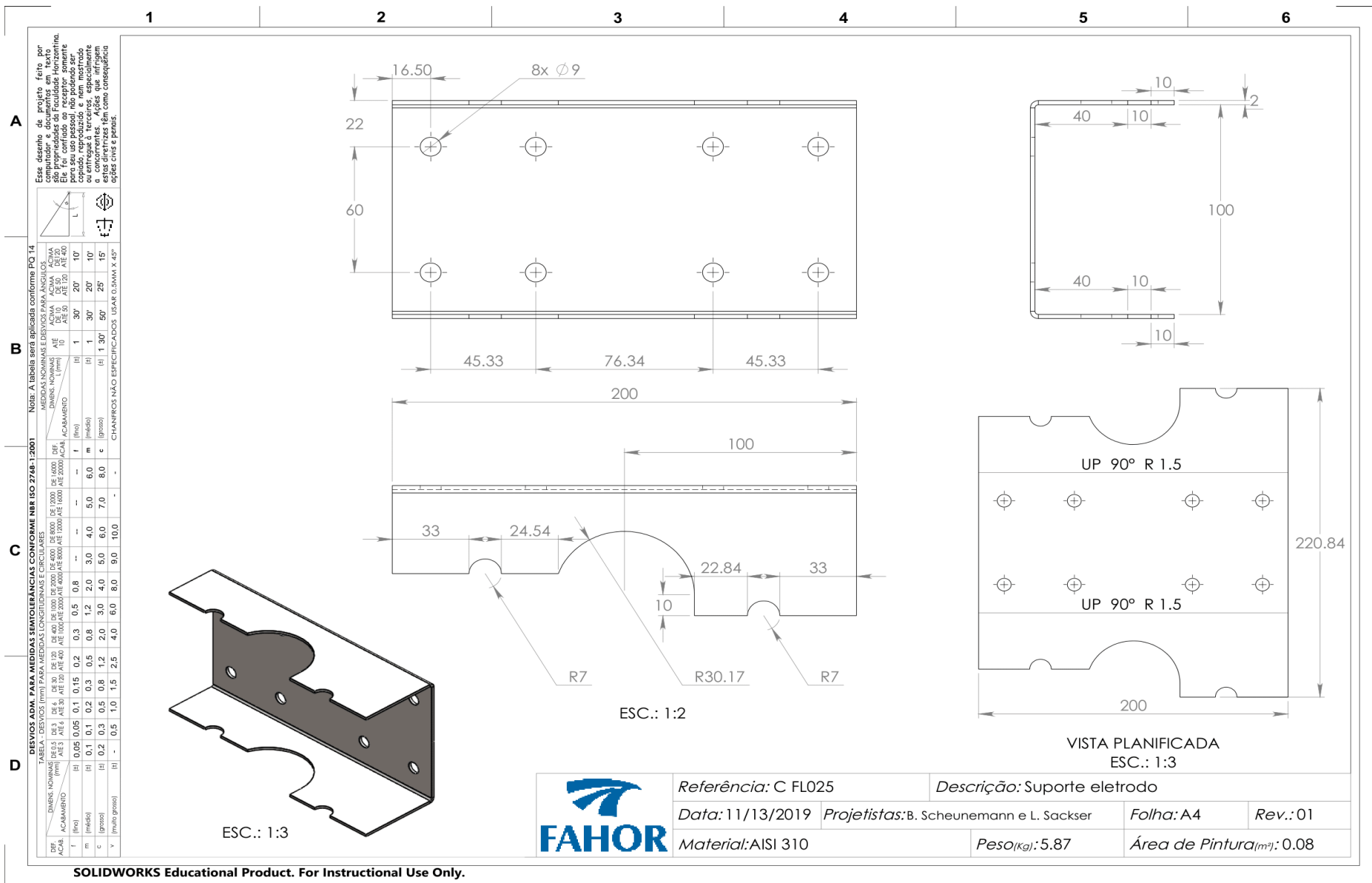


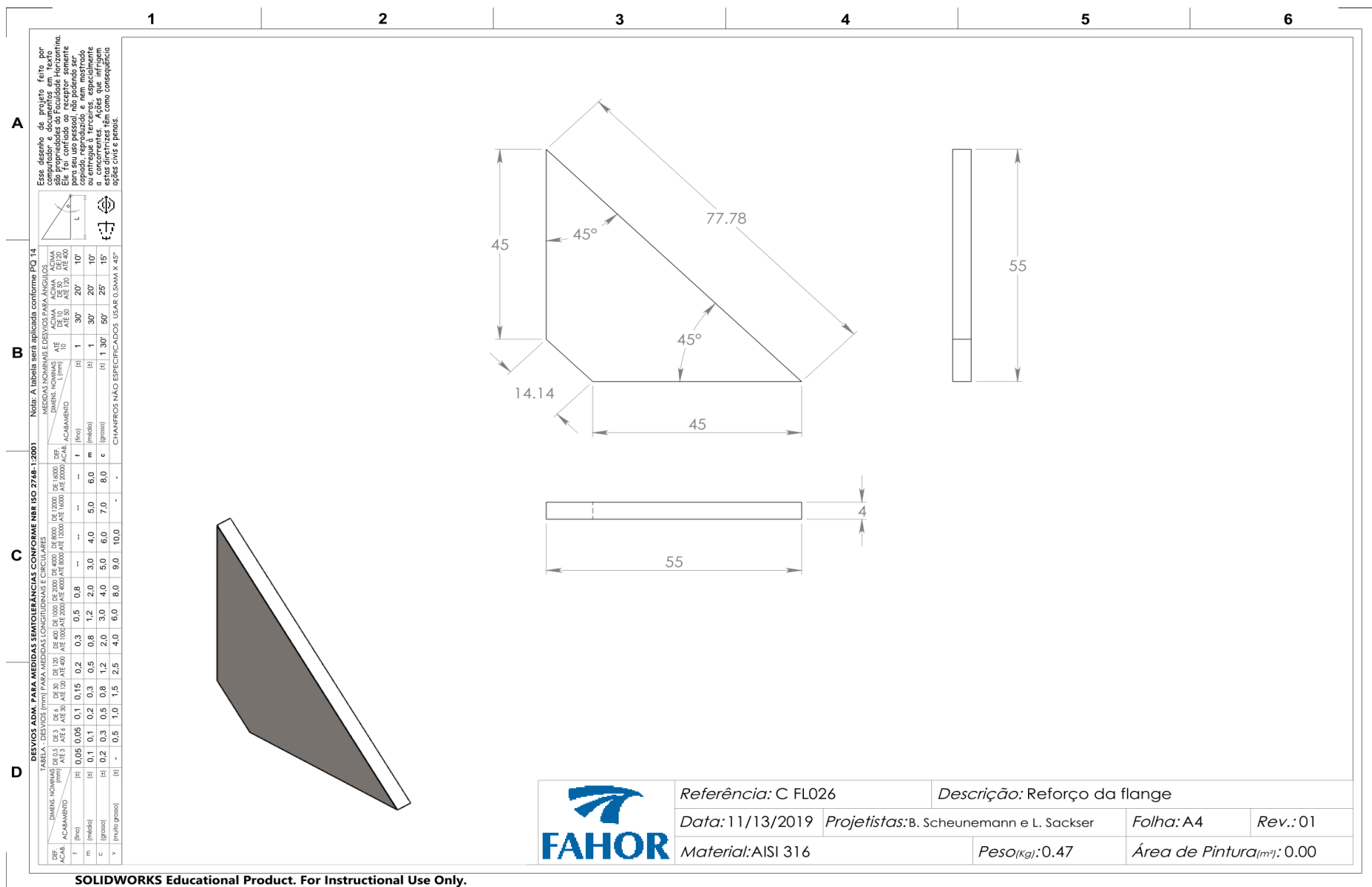


**SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.**

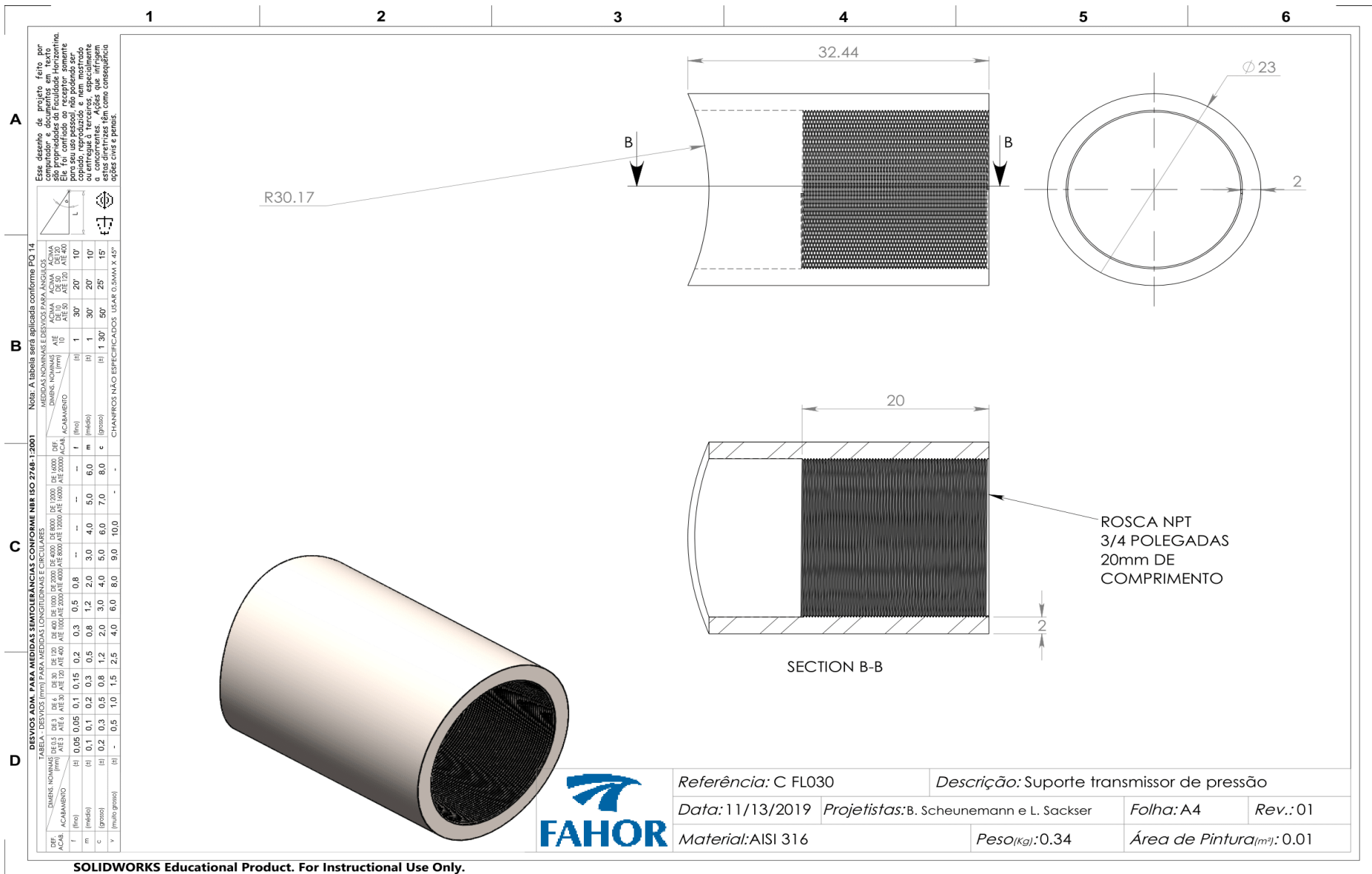


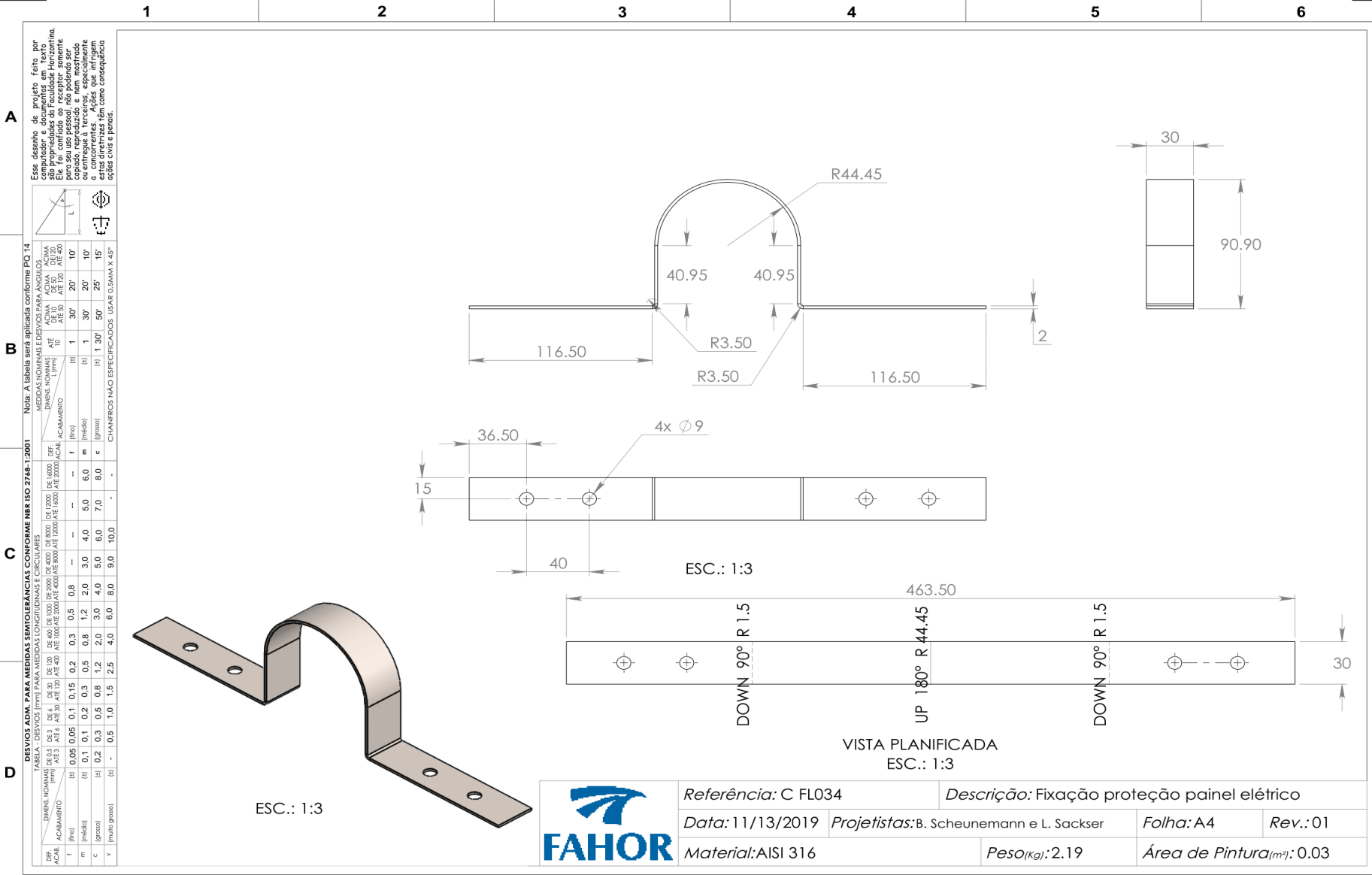


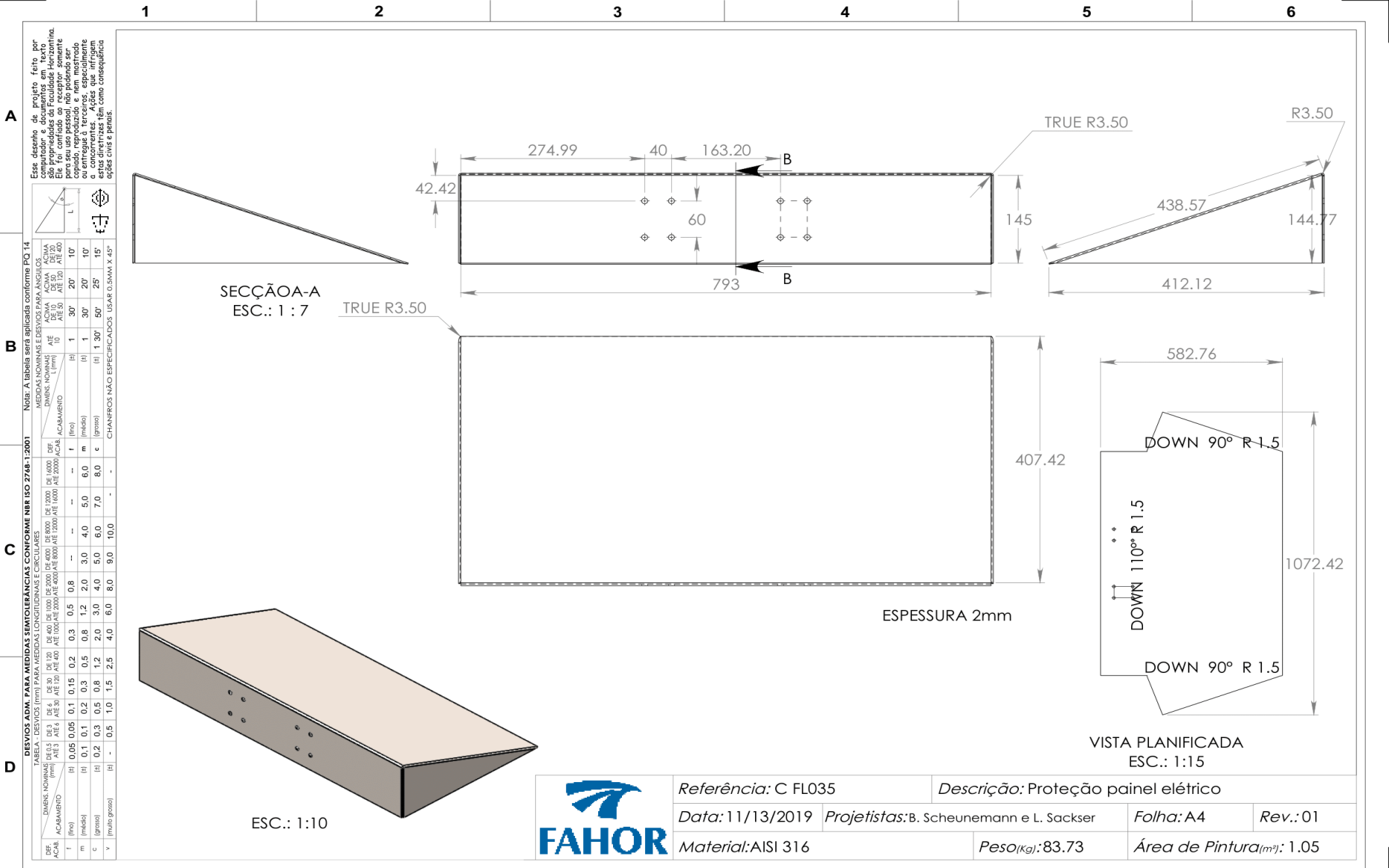


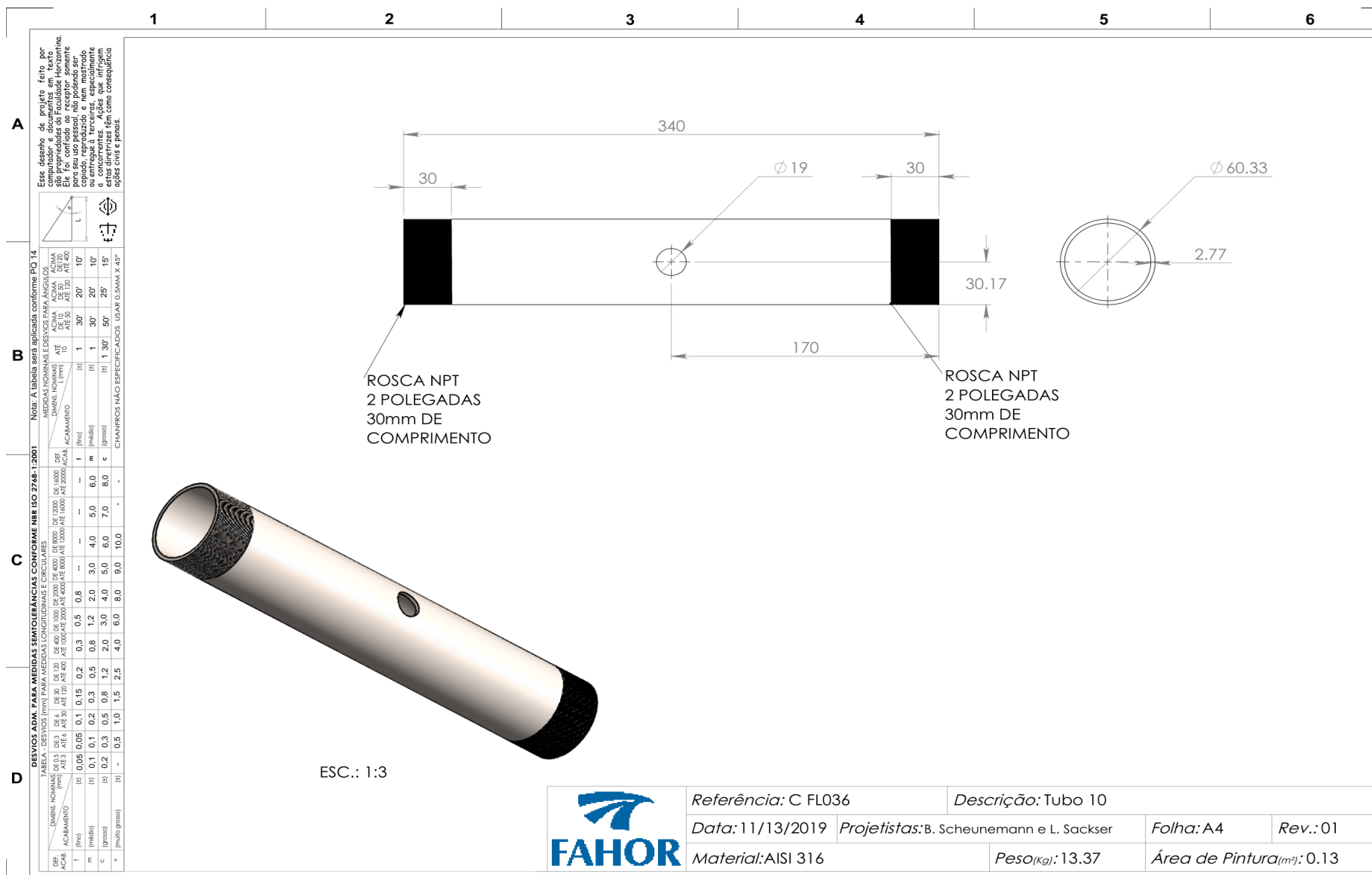


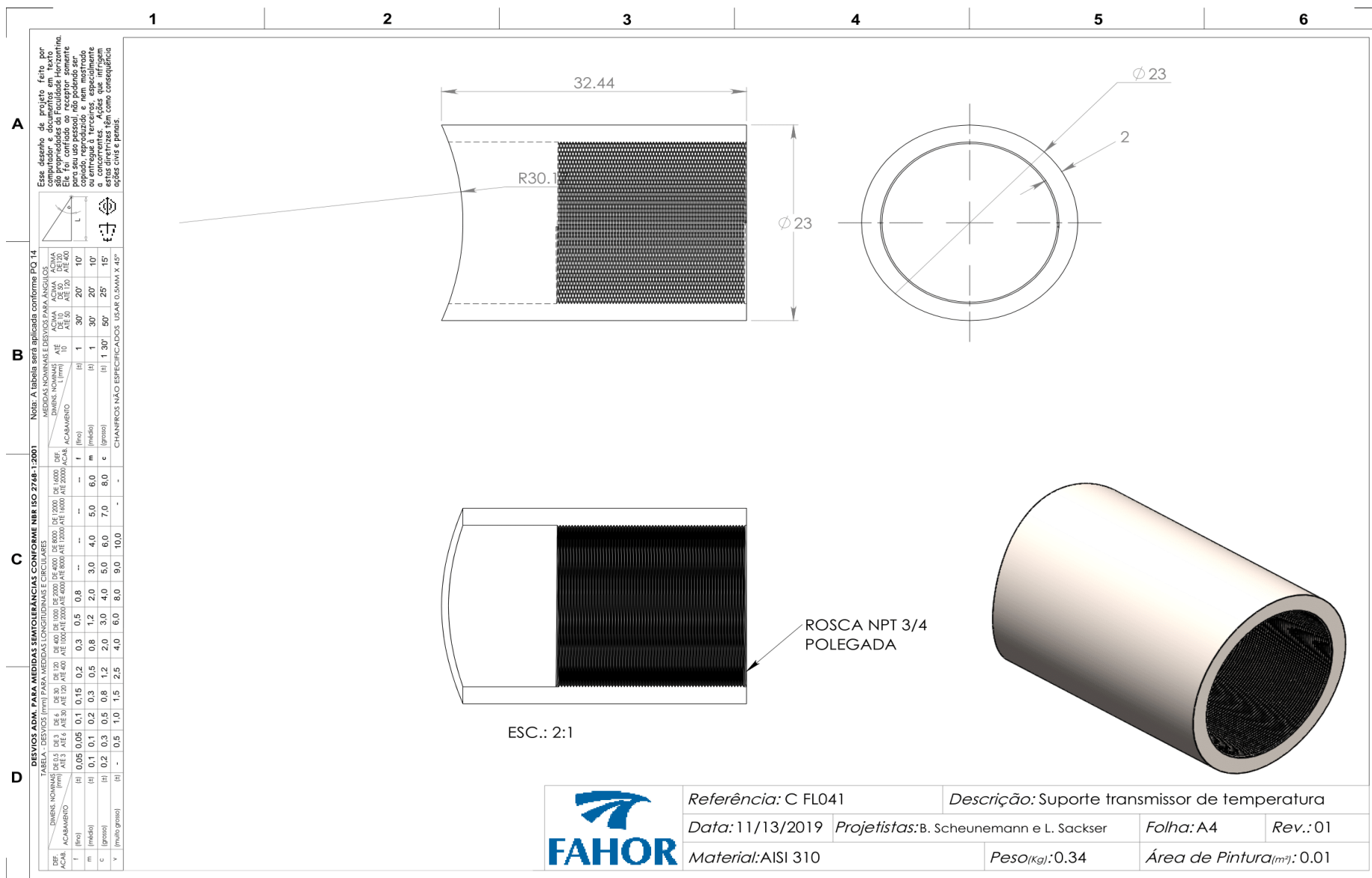
**SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.**



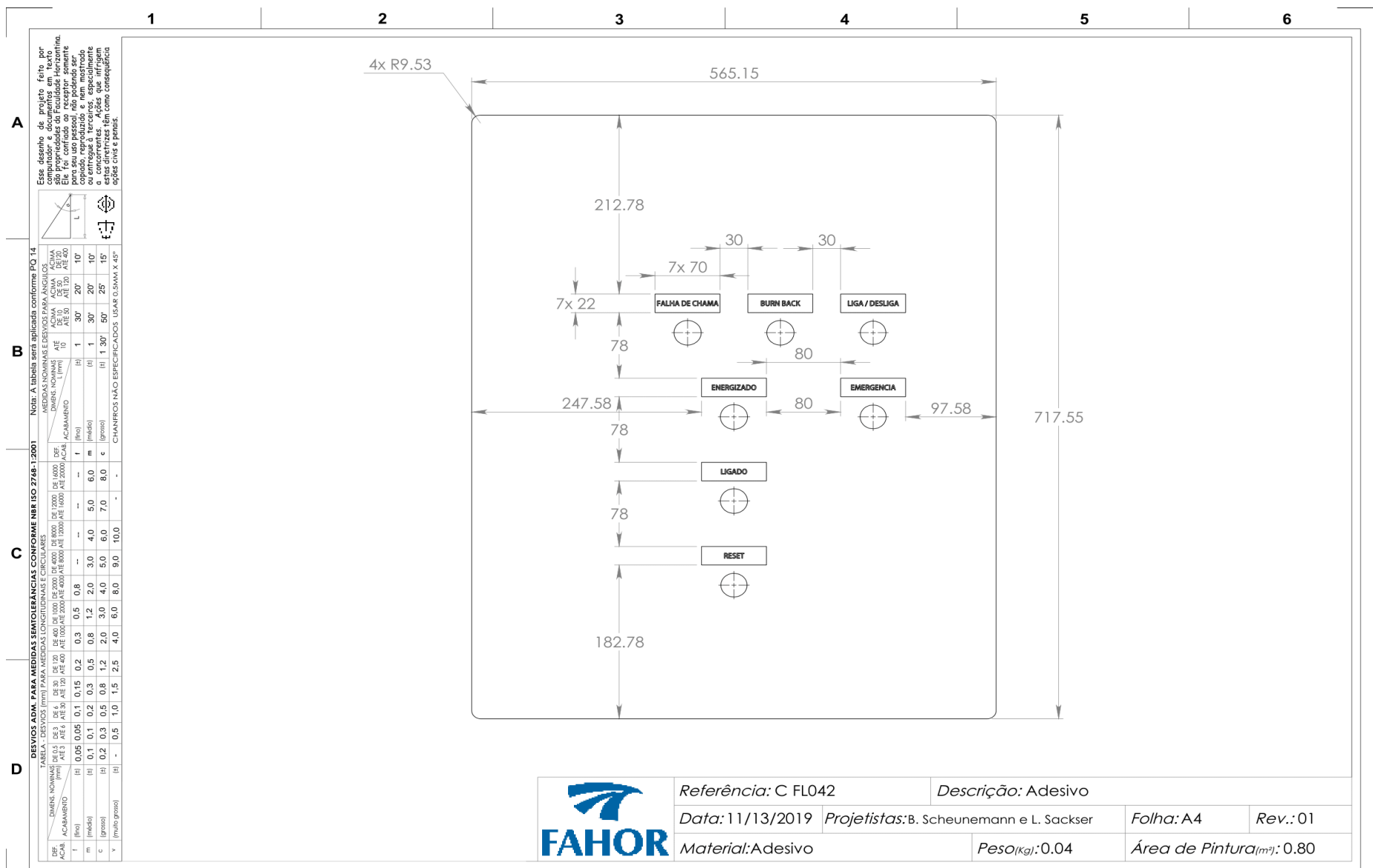












**A**

Esse desenho de projeto, feito por engenheiro da FAHOR, é uma propriedade intelectual da FAHOR. Ele foi criado para o receptor somente para fins de referência e não deve ser copiado, reproduzido ou usado sem a autorização expressa da FAHOR. A FAHOR não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso não autorizado deste documento.

**B**

Nota: A tabela será aplicada conforme PQ 14

MEDIDAS NOMINAIS E DESVIOS PARA ANGLOS	
ACABAMENTO	ACABAMENTO
ATE 10	ATE 20
1	20'
2	20'
3	20'
4	20'
5	20'
6	20'
7	20'
8	20'
9	20'
10	20'
11	20'
12	20'

**C**

DESVIOS ADM. PARA MEDIDAS SEMITOLERÂNCIAS CONFORME NBR ISO 2748-1:2001

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES	
DESVIO	DESVIO
ATE 10	ATE 20
1	20'
2	20'
3	20'
4	20'
5	20'
6	20'
7	20'
8	20'
9	20'
10	20'
11	20'
12	20'

**D**

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES

DESVIO	DESVIO
ATE 10	ATE 20
1	20'
2	20'
3	20'
4	20'
5	20'
6	20'
7	20'
8	20'
9	20'
10	20'
11	20'
12	20'

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

VISTA EXPLODIDA  
ESC.: 1:15

ESC.: 1:15

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	-	Fixação	2
2	-	LED Amarelo	1
3	-	Botão on-off	1
4	-	Botueira de emergência	1
5	-	LED Vermelho	2
6	-	LED Verde	1
7	-	Botão de reset	1
8	-	Transformador de ignição	1
9	-	Controlador de chama	1
10	-	CLP	1
11	C FL042	Adesivo	1
12	-	Painel elétrico	1

609.60

762

ESC.: 1:15

304.85

Referência: CJ FL003

Data: 11/13/2019

Projetistas: Leonardo Sackser

Material: Lista de Materiais

Descrição: Caixa de comando

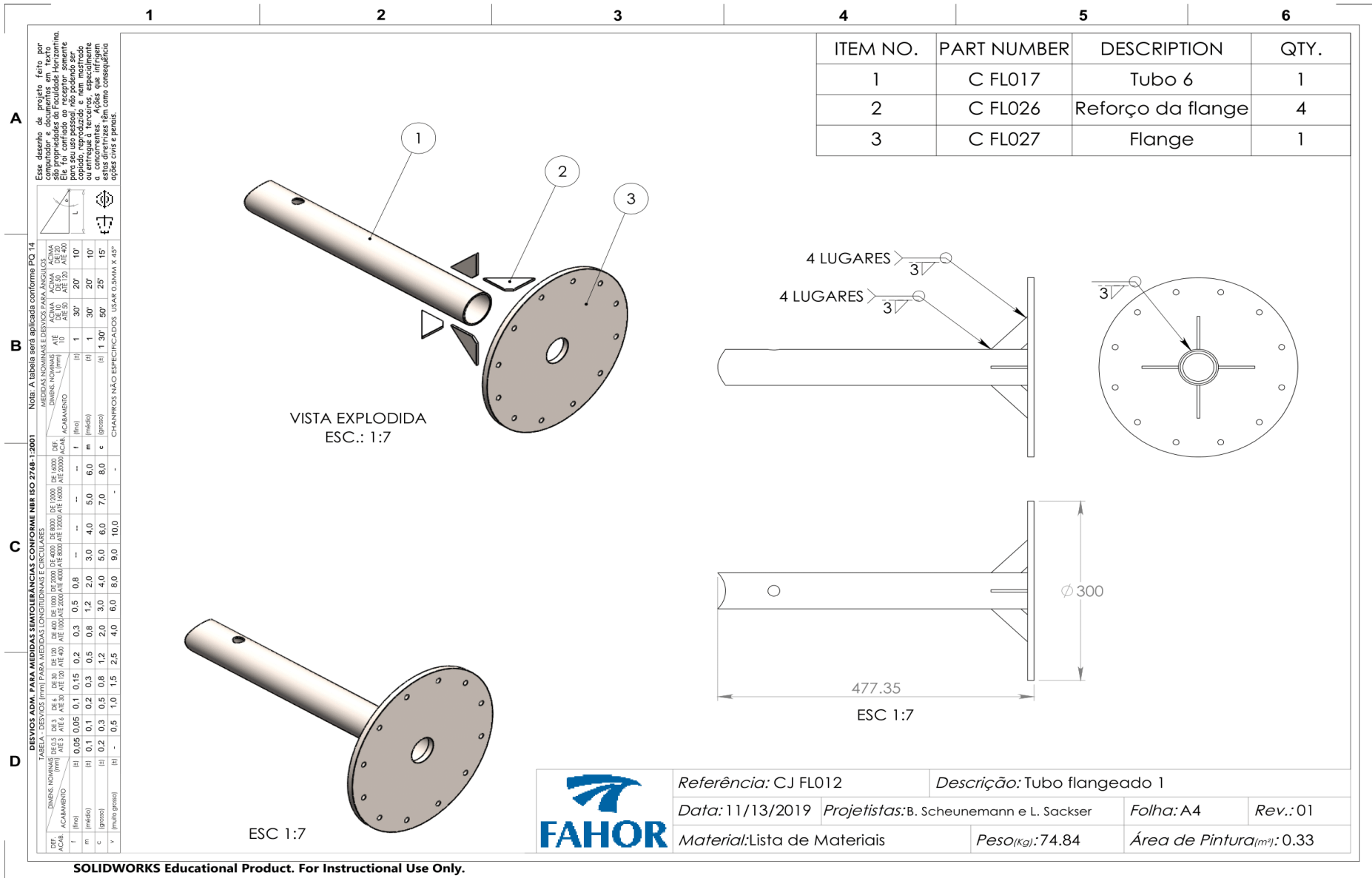
Folha: A4

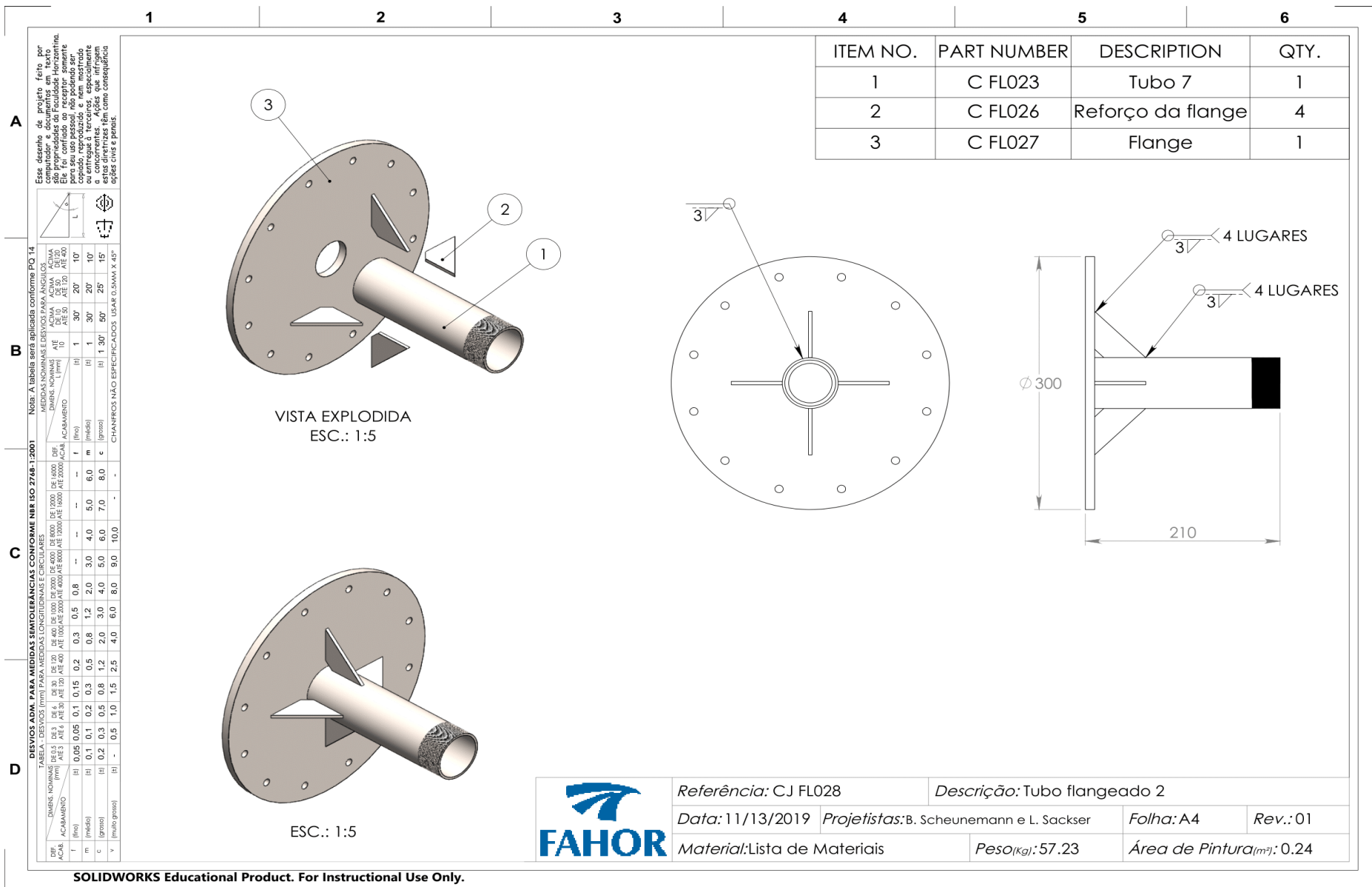
Rev.: 01

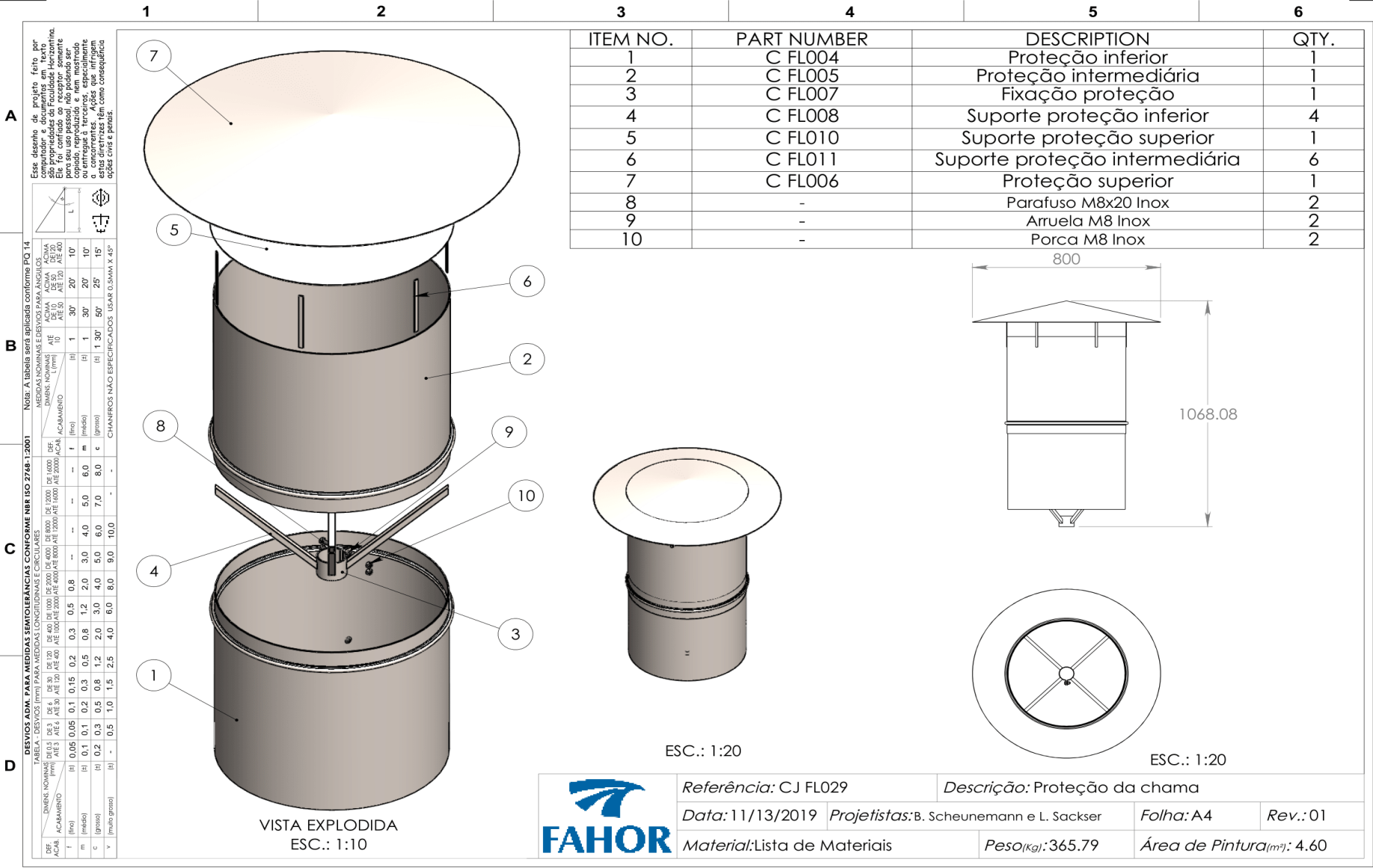
Peso (kg): 43.639

Área de Pintura (m²): 5.214

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.







**SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.**





**SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.**



**A**

Esse desenho de projeto feito por este profissional de engenharia é uma obra intelectual e artística. Ele contém as ideias e o conhecimento do autor. Ele foi confiado ao receptor somente para que este possa reproduzir o projeto. Não é permitido copiar, reproduzir, transmitir, publicar, distribuir ou entregar a terceiros, especialmente a concorrentes, as peças que integram o projeto, nem as informações técnicas, comerciais ou outras, sem a autorização expressa do autor.

**B**

Nota: A tabela será aplicada conforme PQ 14

MEDIDAS NOMINAIS E DESVIOS PARA ÂNGULOS			
ACUM. ATÉ 30°	ACUM. ATÉ 120°	ACUM. ATÉ 210°	ACUM. ATÉ 270°
1	30'	20'	10'

CHAMFROS NÃO ESPECIFICADOS: USAR 0.5MM X 45°

**C**

DEVIOS ADM. PARA MEDIDAS SEMITOLERÂNCIAS CONFORME NBR ISO 2748-1:2001

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES												
DEF. ACAL. ATÉ 0.3	DEF. ACAL. ATÉ 0.6	DEF. ACAL. ATÉ 1.0	DEF. ACAL. ATÉ 1.5	DEF. ACAL. ATÉ 2.0	DEF. ACAL. ATÉ 3.0	DEF. ACAL. ATÉ 4.0	DEF. ACAL. ATÉ 5.0	DEF. ACAL. ATÉ 6.0	DEF. ACAL. ATÉ 7.0	DEF. ACAL. ATÉ 8.0	DEF. ACAL. ATÉ 9.0	DEF. ACAL. ATÉ 10.0
0.05	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	4.0	5.0

**D**

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES

DEF. ACAL. ATÉ 0.3	DEF. ACAL. ATÉ 0.6	DEF. ACAL. ATÉ 1.0	DEF. ACAL. ATÉ 1.5	DEF. ACAL. ATÉ 2.0	DEF. ACAL. ATÉ 3.0	DEF. ACAL. ATÉ 4.0	DEF. ACAL. ATÉ 5.0	DEF. ACAL. ATÉ 6.0	DEF. ACAL. ATÉ 7.0	DEF. ACAL. ATÉ 8.0	DEF. ACAL. ATÉ 9.0	DEF. ACAL. ATÉ 10.0
0.05	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	4.0	5.0

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	C FL036	Tubo 10	1
2	C FL030	Suporte transmissor de pressão	1
3	-	Transmissor de pressão	1

Referência: CJ FL037

Data: 11/13/2019

Material: Lista de Materiais

Descrição: Leitura pressão no biodigestor

Projetistas: B. Scheunemann e L. Sackser

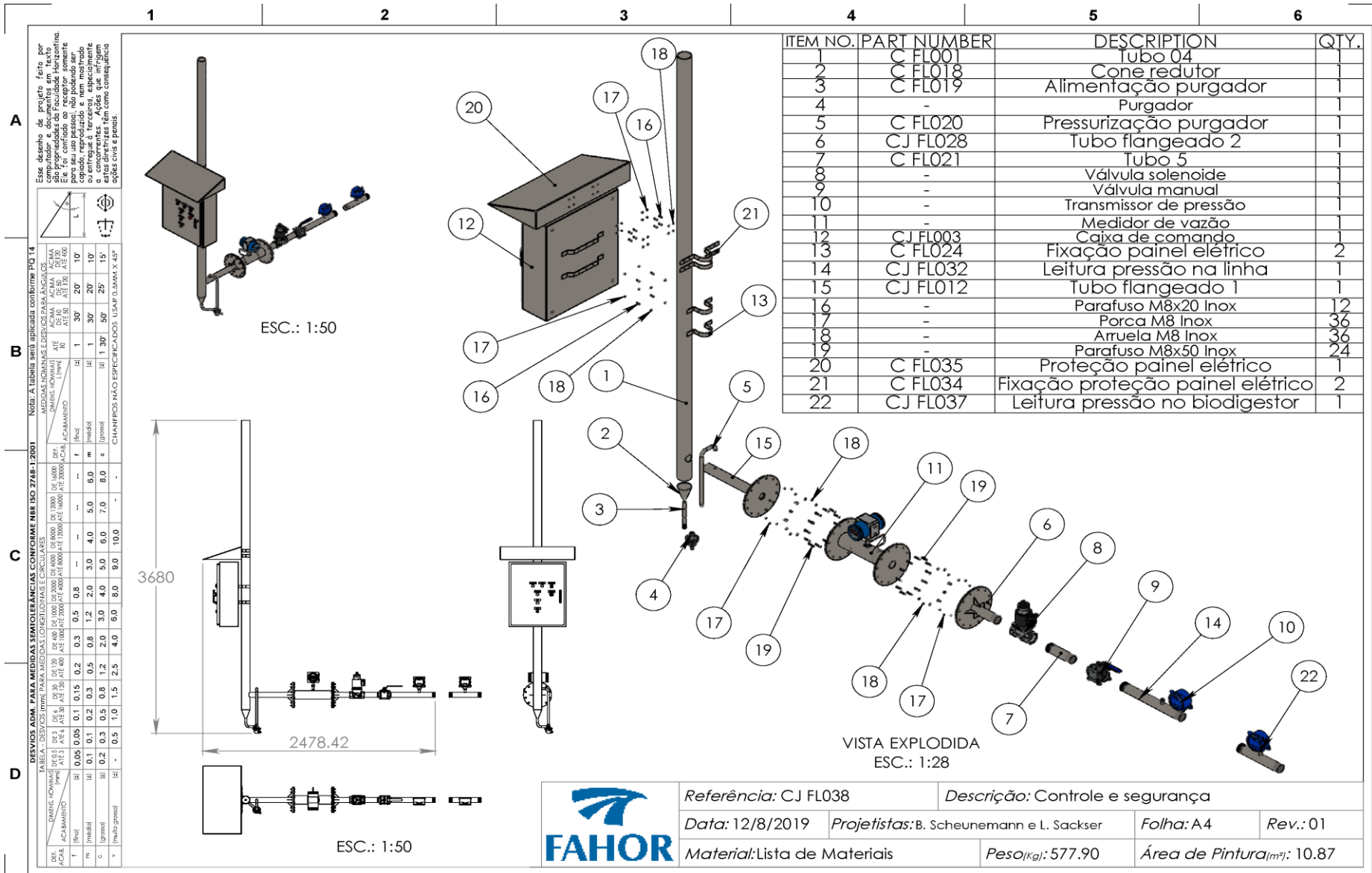
Peso (kg): 14.67

Folha: A4

Rev.: 01

Área de Pintura (m²): 0.22

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



**A**

Esse desenho de projeto, feito por engenheiros da FAHOR, representa a concepção de um produto. Ele foi confiado ao receptor somente para fins de estudo e não deve ser usado para a fabricação de peças ou montagem de equipamentos sem a aprovação expressa da FAHOR. Qualquer uso não autorizado é considerado uma violação das leis de direitos autorais e pode resultar em ações legais.

**B**

Nota: A tabela será aplicada conforme PQ 14

MÉDIAS NOMINAIS E DESVIOS PARA ÂNGULOS					
ÂNGULO	DE 10° A 30°	DE 30° A 45°	DE 45° A 60°	DE 60° A 75°	DE 75° A 90°
ACIMA	10	20	30	40	50
ABAIXO	10	20	30	40	50

**C**

DESVIOS ADM. PARA MEDIDAS SEMITOLERÂNCIAS CONFORME NBR ISO 2748-1:2001

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES									
DESVIO	DE 0,1 A 0,3	DE 0,3 A 0,5	DE 0,5 A 0,8	DE 0,8 A 1,2	DE 1,2 A 2,0	DE 2,0 A 3,0	DE 3,0 A 5,0	DE 5,0 A 8,0	DE 8,0 A 10,0
ACABAMENTO	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,50	0,80	1,00
t (fino)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0
m (médio)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0
c (grossa)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0
v (muito grossa)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0

**D**

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES

DESVIO	DE 0,1 A 0,3	DE 0,3 A 0,5	DE 0,5 A 0,8	DE 0,8 A 1,2	DE 1,2 A 2,0	DE 2,0 A 3,0	DE 3,0 A 5,0	DE 5,0 A 8,0	DE 8,0 A 10,0
ACABAMENTO	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,50	0,80	1,00
t (fino)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0
m (médio)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0
c (grossa)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0
v (muito grossa)	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0

1

2

3

4

5

6

VISTA EXPLODIDA  
ESC.: 1:17

ESC.: 1:15

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	C FL013	Cone restritor	1
2	C FL014	Tubo 1	1
3	-	Válvula solenoide	2
4	C FL015	Tubo 2	1
5	C FL009	Tubo 3	1
6	-	Transmissor de temperatura	1
7	CJ FL029	Proteção da chama	1
8	CJ FL031	Tubo de queima	1
9	-	Corta chamas	1
10	CJ FL033	Início/detecção de chama	1

ESC.: 1:25

ESC.: 1:25

Referência: CJ FL039

Data: 11/13/2019

Material: Lista de Materiais

Descrição: Queimador

Projetistas: B. Scheunemann e L. Sackser

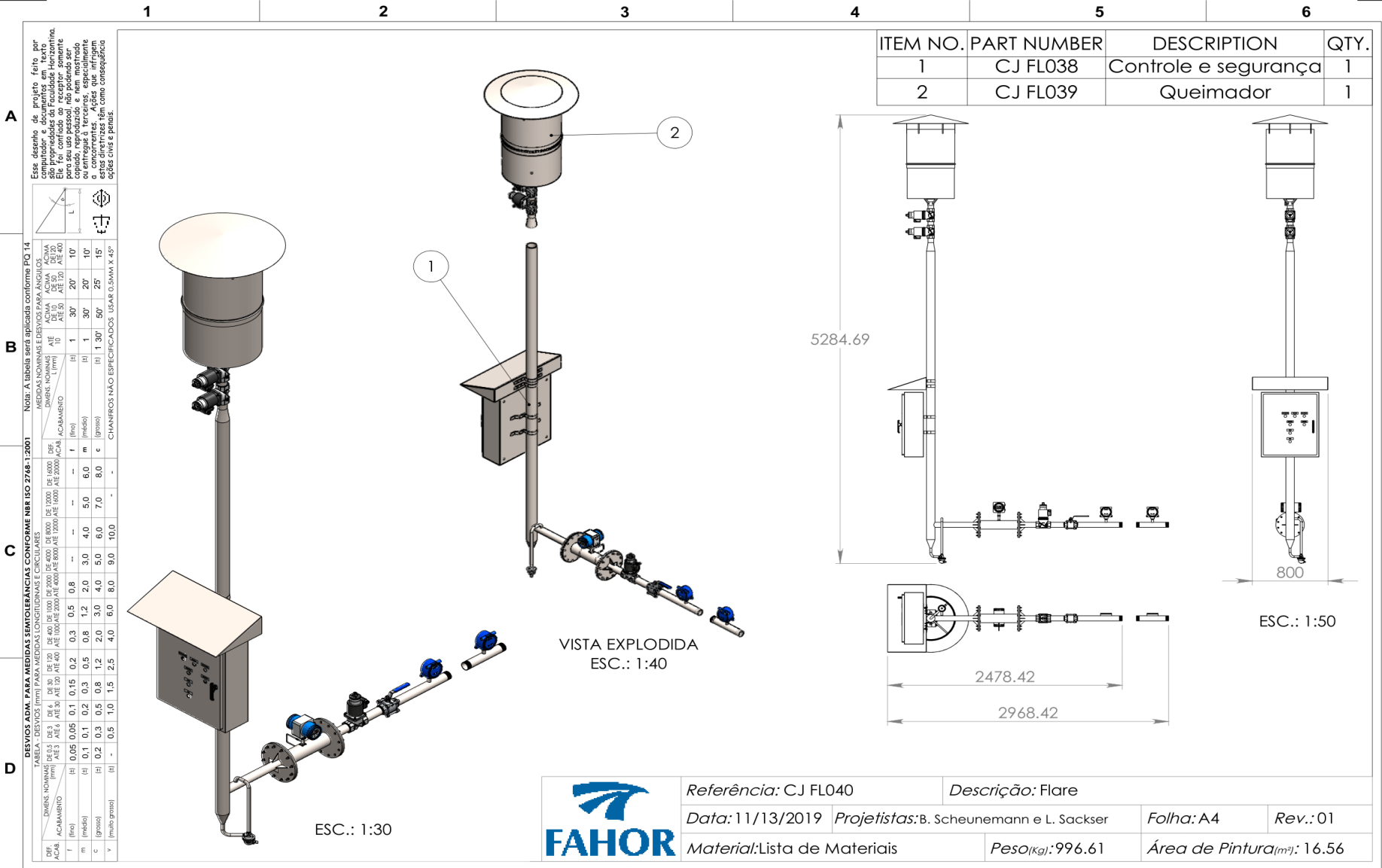
Peso (Kg): 418.71

Folha: A4

Rev.: 01

Área de Pintura (m²): 5.69

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



## APÊNDICE B - ESTRUTURA DO PRODUTO OU BOM - *BILL OF MATERIALS*

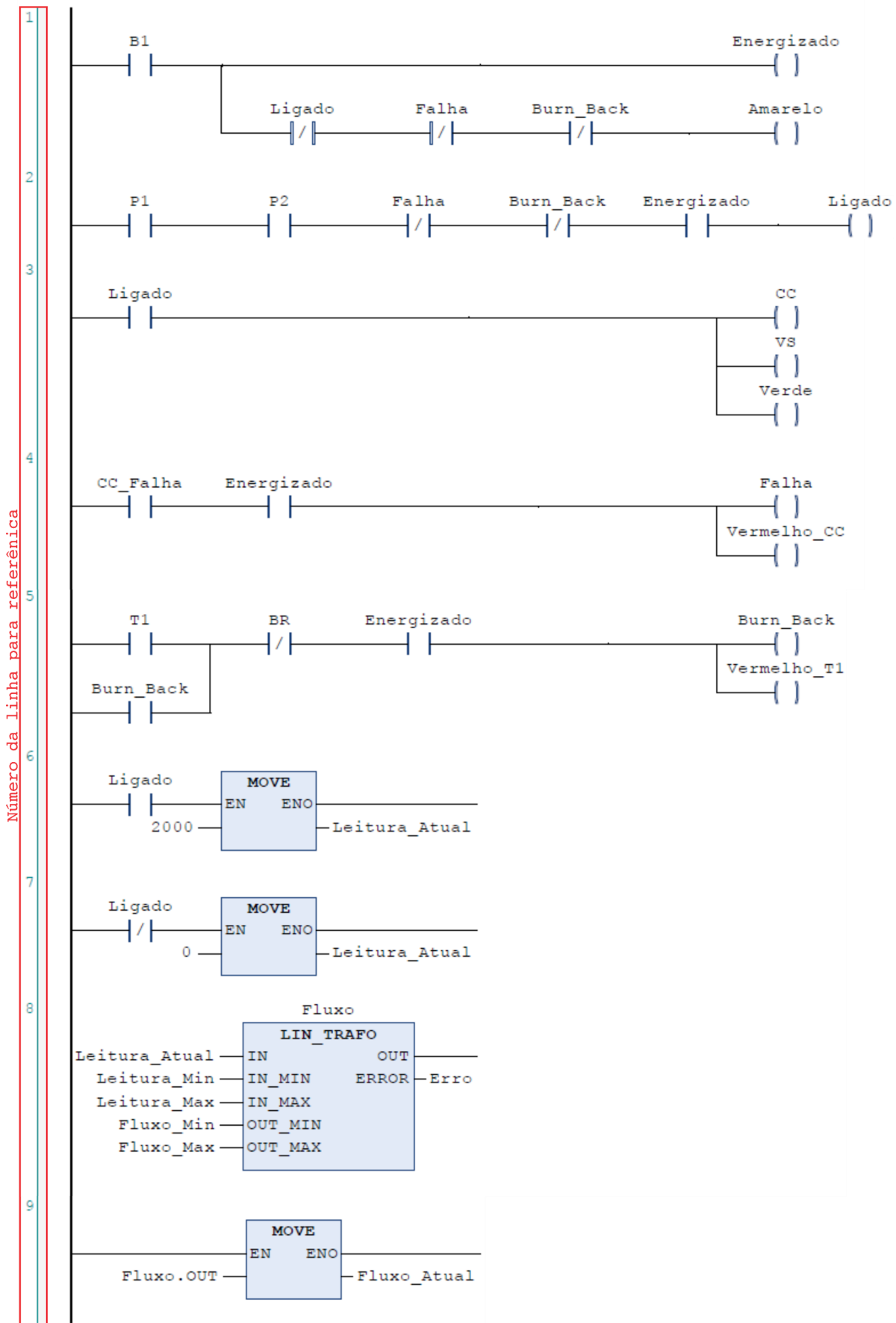
Nível	Código	Descrição	Quantidade	Especificação
<b>1 (Produto)</b>	<b>CJ FL040</b>	<b>Flare</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
<b>2 (Sistema)</b>	<b>CJ FL039</b>	<b>Queimador</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL013	Cone restritor	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL014	Tubo 1	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL015	Tubo 2	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	CFL009	Tubo 3	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Válvula solenoide	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Corta chamas	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Transmissor de temperatura	1	ISO/DIS 22580
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL031</b>	<b>Tubo de queima</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL016	Tubo queimador	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL041	Suporte transmissor de temperatura	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL002	Restritor de chama	1	ISO/DIS 22580
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL029</b>	<b>Proteção da chama</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL004	Proteção inferior	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL005	Proteção intermediária	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL006	Proteção superior	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL007	Fixação proteção	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL008	Suporte proteção inferior	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL010	Suporte proteção superior	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL011	Suporte proteção intermediária	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Parafuso M8x20 INOX	2	
4 (Componente)	-	Porca M8 INOX	2	
4 (Componente)	-	Arruela M8 INOX	2	
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL033</b>	<b>Início / detecção de chama</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL025	Suporte eletrodo	2	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Eletrodo de ionização	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Eletrodo de ignição	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Parafuso M8x120 INOX	8	
4 (Componente)	-	Porca M8 INOX	8	
4 (Componente)	-	Arruela M8 INOX	8	
<b>2 (sistema)</b>	<b>CJ FL038</b>	<b>Controle e segurança</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL001	Tubo 4	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL018	Cone redutor	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL019	Alimentação purgador	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL020	Pressurização purgador	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL021	Tubo 5	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL024	Fixação painel elétrico	2	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Parafuso M8x20 INOX	12	
4 (Componente)	-	Porca M8 INOX	12	

continua

continuação

4 (Componente)	-	Arruela M8 INOX	12	
4 (Componente)	C FL034	Fixação proteção painel elétrico	2	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL035	Proteção painel elétrico	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Fluxômetro	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Transmissor de pressão	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Válvula solenoide	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Válvula manual	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Parafuso M8x50 INOX	24	
4 (Componente)	-	Porca M8 INOX	24	
4 (Componente)	-	Arruela M8 INOX	24	
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL012</b>	<b>Tubo flangeado 1</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL017	Tubo 6	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL027	Flange	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL026	Reforço da flange	4	ISO/DIS 22580
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL028</b>	<b>Tubo flangeado 2</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL023	Tubo 7	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL027	Flange	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL026	Reforço da flange	4	ISO/DIS 22580
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL032</b>	<b>Leitura pressão na linha</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL022	Tubo 8	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL030	Suporte transmissor de pressão	1	ISO/DIS 22580
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL037</b>	<b>Leitura pressão no biodigestor</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL036	Tubo 10	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	C FL030	Suporte transmissor de pressão	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Transmissor de pressão	1	ISO/DIS 22580
<b>3 (Subsistema)</b>	<b>CJ FL003</b>	<b>Caixa de comando</b>	<b>1</b>	<b>ISO/DIS 22580</b>
4 (Componente)	C FL042	Adesivo	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	CLP	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Transformador de ignição	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	Controlador de chama	1	ISO/DIS 22580
4 (Componente)	-	LED vermelho	1	
4 (Componente)	-	LED azul	1	
4 (Componente)	-	LED verde	1	
4 (Componente)	-	Botoeira de emergência	1	
4 (Componente)	-	Botão on-off	1	
4 (Componente)	-	Botão de reset	1	
4 (Componente)	-	Painel elétrico	1	ISO/DIS 22580

APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM LADDER



## APÊNDICE D - MANUAL DE OPERAÇÃO

### 1 APRESENTAÇÃO

Este material tem por objetivo apresentar as instruções de operação para o *flare*, queimador de biogás, projetado durante o final de curso intitulado “PROJETO DE PRODUTO DE UM *FLARE* PARA A COMBUSTÃO DE BIOGÁS”, elaborado por Bernardo Scheunemann e Leonardo Sackser, apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação e Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina - FAHOR, sob orientação do Professor Me. Adalberto Lovato.

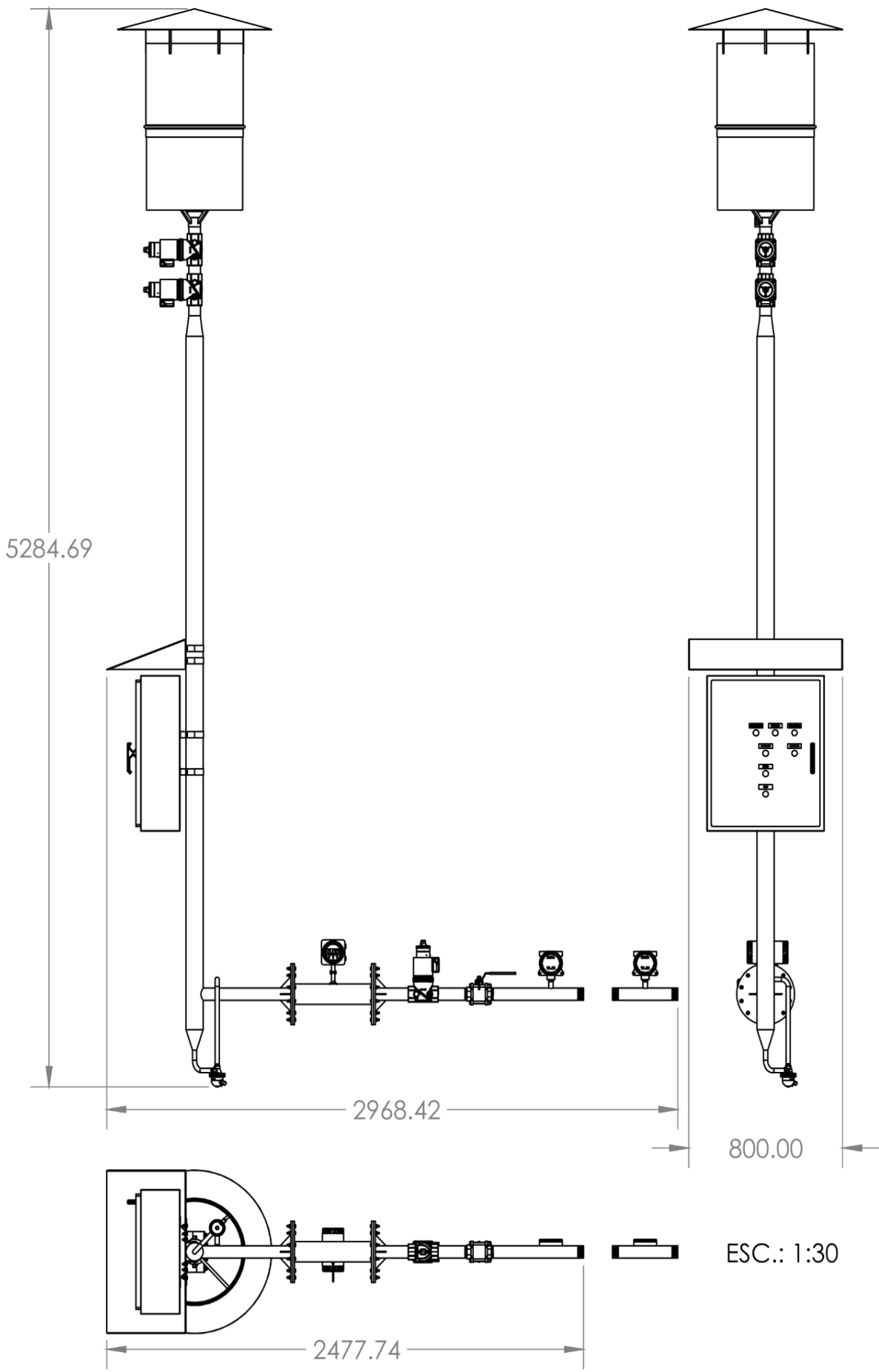
O *flare* é um dispositivo de segurança capaz de realizar a queima do biogás não utilizado pela planta de um biodigestor e que atende os parâmetros técnicos exigidos pela norma ISO/DIS 22580. O sistema trabalha de forma automática e garante a segurança do meio. O produto possui um painel luminoso para a visualização de estados de operação, permitindo a fácil compreensão de como o sistema está operando.

- **Criado por:** Bernardo Scheunemann e Leonardo Sackser
- **Revisado por:** Adalberto Lovato
- **Revisão:** 01
- **Data:** 07 de novembro de 2019

### 2 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

- Capacidade de vazão: 300 m<sup>3</sup> de biogás por dia;
- Pressão máxima de funcionamento: 6 KPa;
- Pressão mínima de funcionamento: 1,5 KPa;
- Temperatura normal de operação na linha de biogás: 40°C a 60°C;
- Temperatura de detecção de contrafluxo: 100°C;
- Dimensões:





### 3 LISTA DE COMPONENTES

**A**

Esse desenho de projeto foi feito por um profissional qualificado e aprovado. Ele foi confiado ao receptor somente para ser usado para fins de referência. Não é permitido copiar, reproduzir ou usar este projeto sem a autorização expressa do FAHOR. O receptor é responsável por garantir que as condições de instalação e manutenção sejam adequadas para garantir a segurança e a confiabilidade do sistema. O receptor é responsável por garantir que as condições de instalação e manutenção sejam adequadas para garantir a segurança e a confiabilidade do sistema.

**B**

Nota: A tabela será aplicada conforme PQ 14

MEDIDAS NOMINAIS E DESVIOS PARA ÂNGULOS	
ACABAMENTO	ACABAMENTO
ATE 10	ATE 20
1	10°
2	20°
3	30°
4	40°
5	50°
6	60°
7	70°
8	80°
9	90°
10	100°
11	110°
12	120°

**C**

DESVIOS ADM. PARA MEDIDAS SEMITOLERÂNCIAS CONFORME NBR ISO 2748-1:2001

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES	
DESVIO	DESVIO
ATE 10	ATE 20
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70
8	80
9	90
10	100
11	110
12	120

**D**

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES	
DESVIO	DESVIO
ATE 10	ATE 20
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70
8	80
9	90
10	100
11	110
12	120

**VISTA EXPLODIDA**  
ESC.: 1:15

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	-	Fixação	2
2	-	LED Amarelo	1
3	-	Botão on-off	1
4	-	Botueira de emergência	1
5	-	LED Vermelho	2
6	-	LED Verde	1
7	-	Botão de reset	1
8	-	Transformador de ignição	1
9	-	Controlador de chama	1
10	-	CLP	1
11	C FL042	Adesivo	1
12	-	Painel elétrico	1

609.60

762

304.85

ESC.: 1:15

Referência: CJ FL003

Data: 11/13/2019

Material: Lista de Materiais

Descrição: Caixa de comando

Projetistas: Leonardo Sackser

Peso (kg): 43.639

Folha: A4

Rev.: 01

Área de Pintura (m²): 5.214

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.









**A**

Esse desenho de projeto feito por computador, representa a aparência das propriedades da realidade Horizontal. Ele foi confiado ao receptor somente para uso pessoal e não deve ser usado para qualquer finalidade, especialmente a construção de peças ou a fabricação de peças. Qualquer uso não autorizado é considerado uma violação das leis de direitos autorais e pode resultar em ações legais civis e penais.

**B**

Nota: A tabela será aplicada conforme PQ 14

MÉDIAS NOMINAIS E DESVIOS PARA ÂNGULOS	
ACIMA	ACIMA
ATE 30	ATE 120
ATE 120	ATE 400
1	10°
1	20°
1	30°
1	40°
1	50°
1	60°
1	70°
1	80°
1	90°
1	100°
1	110°
1	120°
1	130°
1	140°
1	150°
1	160°
1	170°
1	180°

**C**

DESVIOS ADM. PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES	
DESVIO	DESVIO
ATE 30	ATE 120
ATE 120	ATE 400
ATE 400	ATE 1000
ATE 1000	ATE 2000
ATE 2000	ATE 4000
ATE 4000	ATE 6000
ATE 6000	ATE 8000
ATE 8000	ATE 10000
ATE 10000	ATE 12000
ATE 12000	ATE 14000
ATE 14000	ATE 16000
ATE 16000	ATE 18000
ATE 18000	ATE 20000
ATE 20000	ATE 22000
ATE 22000	ATE 24000
ATE 24000	ATE 26000
ATE 26000	ATE 28000
ATE 28000	ATE 30000
ATE 30000	ATE 32000
ATE 32000	ATE 34000
ATE 34000	ATE 36000
ATE 36000	ATE 38000
ATE 38000	ATE 40000
0,05	0,05
0,1	0,1
0,2	0,2
0,3	0,3
0,4	0,4
0,5	0,5
0,6	0,6
0,7	0,7
0,8	0,8
0,9	0,9
1,0	1,0
1,1	1,1
1,2	1,2
1,3	1,3
1,4	1,4
1,5	1,5
1,6	1,6
1,7	1,7
1,8	1,8
1,9	1,9
2,0	2,0
2,1	2,1
2,2	2,2
2,3	2,3
2,4	2,4
2,5	2,5
2,6	2,6
2,7	2,7
2,8	2,8
2,9	2,9
3,0	3,0
3,1	3,1
3,2	3,2
3,3	3,3
3,4	3,4
3,5	3,5
3,6	3,6
3,7	3,7
3,8	3,8
3,9	3,9
4,0	4,0
4,1	4,1
4,2	4,2
4,3	4,3
4,4	4,4
4,5	4,5
4,6	4,6
4,7	4,7
4,8	4,8
4,9	4,9
5,0	5,0
5,1	5,1
5,2	5,2
5,3	5,3
5,4	5,4
5,5	5,5
5,6	5,6
5,7	5,7
5,8	5,8
5,9	5,9
6,0	6,0
6,1	6,1
6,2	6,2
6,3	6,3
6,4	6,4
6,5	6,5
6,6	6,6
6,7	6,7
6,8	6,8
6,9	6,9
7,0	7,0
7,1	7,1
7,2	7,2
7,3	7,3
7,4	7,4
7,5	7,5
7,6	7,6
7,7	7,7
7,8	7,8
7,9	7,9
8,0	8,0
8,1	8,1
8,2	8,2
8,3	8,3
8,4	8,4
8,5	8,5
8,6	8,6
8,7	8,7
8,8	8,8
8,9	8,9
9,0	9,0
9,1	9,1
9,2	9,2
9,3	9,3
9,4	9,4
9,5	9,5
9,6	9,6
9,7	9,7
9,8	9,8
9,9	9,9
10,0	10,0

**D**

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES	
DESVIO	DESVIO
ATE 30	ATE 120
ATE 120	ATE 400
ATE 400	ATE 1000
ATE 1000	ATE 2000
ATE 2000	ATE 4000
ATE 4000	ATE 6000
ATE 6000	ATE 8000
ATE 8000	ATE 10000
ATE 10000	ATE 12000
ATE 12000	ATE 14000
ATE 14000	ATE 16000
ATE 16000	ATE 18000
ATE 18000	ATE 20000
ATE 20000	ATE 22000
ATE 22000	ATE 24000
ATE 24000	ATE 26000
ATE 26000	ATE 28000
ATE 28000	ATE 30000
ATE 30000	ATE 32000
ATE 32000	ATE 34000
ATE 34000	ATE 36000
ATE 36000	ATE 38000
ATE 38000	ATE 40000
0,05	0,05
0,1	0,1
0,2	0,2
0,3	0,3
0,4	0,4
0,5	0,5
0,6	0,6
0,7	0,7
0,8	0,8
0,9	0,9
1,0	1,0
1,1	1,1
1,2	1,2
1,3	1,3
1,4	1,4
1,5	1,5
1,6	1,6
1,7	1,7
1,8	1,8
1,9	1,9
2,0	2,0
2,1	2,1
2,2	2,2
2,3	2,3
2,4	2,4
2,5	2,5
2,6	2,6
2,7	2,7
2,8	2,8
2,9	2,9
3,0	3,0
3,1	3,1
3,2	3,2
3,3	3,3
3,4	3,4
3,5	3,5
3,6	3,6
3,7	3,7
3,8	3,8
3,9	3,9
4,0	4,0
4,1	4,1
4,2	4,2
4,3	4,3
4,4	4,4
4,5	4,5
4,6	4,6
4,7	4,7
4,8	4,8
4,9	4,9
5,0	5,0
5,1	5,1
5,2	5,2
5,3	5,3
5,4	5,4
5,5	5,5
5,6	5,6
5,7	5,7
5,8	5,8
5,9	5,9
6,0	6,0
6,1	6,1
6,2	6,2
6,3	6,3
6,4	6,4
6,5	6,5
6,6	6,6
6,7	6,7
6,8	6,8
6,9	6,9
7,0	7,0
7,1	7,1
7,2	7,2
7,3	7,3
7,4	7,4
7,5	7,5
7,6	7,6
7,7	7,7
7,8	7,8
7,9	7,9
8,0	8,0
8,1	8,1
8,2	8,2
8,3	8,3
8,4	8,4
8,5	8,5
8,6	8,6
8,7	8,7
8,8	8,8
8,9	8,9
9,0	9,0
9,1	9,1
9,2	9,2
9,3	9,3
9,4	9,4
9,5	9,5
9,6	9,6
9,7	9,7
9,8	9,8
9,9	9,9
10,0	10,0

1

2

3

4

5

6

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	C FL022	Tubo 8	1
2	C FL030	Suporte transmissor de pressão	1

VISTA EXPLODIDA  
ESC.: 1:5

ESC.: 1:5

500

90.50

2V

SECÇÃO A-A

**FAHOR**

Referência: CJ FL032

Data: 11/13/2019

Projetistas: B. Scheunemann e L. Sackser

Material: Lista de Materiais

Descrição: Leitura pressão na linha

Peso (kg): 20.12

Folha: A4

Rev.: 01

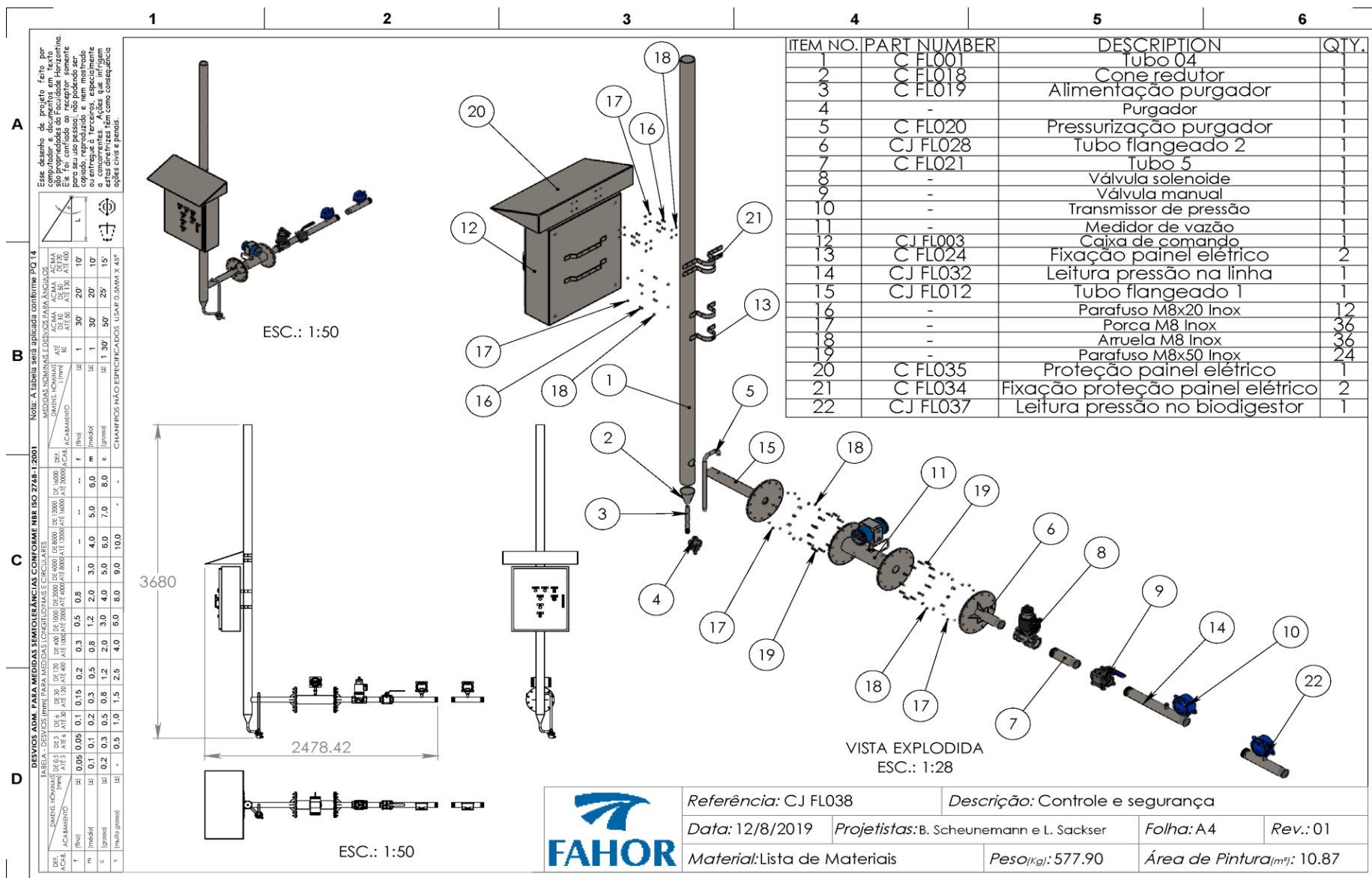
Área de Pintura (m²): 0.19

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.









**A**

Esse desenho de projeto feito por este departamento de engenharia é para uso exclusivo das propriedades da Faculdade Horizontina. Ele foi confiado ao receptor somente para a finalidade de ser usado como modelo para a fabricação de peças ou para a montagem de um equipamento ou entrega a terceiros, especialmente a concorrentes. As peças que infringem a propriedade intelectual da Faculdade Horizontina serão processadas como infração das leis civis e penais.

**B**

Nota: A tabela será aplicada conforme PD 14

MEDIDAS NOMINAIS E DESVIOS PARA ÂNGULOS	
ACABAMENTO	DE 10° A 10°
1	10°
2	20°
3	30°
4	40°
5	50°
6	60°
7	70°
8	80°
9	90°
10	100°

**C**

DESVIOS ADM. PARA MEDIDAS SEMITOLERÂNCIAS CONFORME NBR ISO 2768-1:2001

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES	
DESVIO	DE 0,05 A 0,15
1	0,05
2	0,10
3	0,15
4	0,20
5	0,25
6	0,30
7	0,35
8	0,40
9	0,45
10	0,50

**D**

TABELA - DESVIOS (mm) PARA MEDIDAS LONGITUDINAIS E CIRCULARES

DESVIO	DE 0,05 A 0,15
1	0,05
2	0,10
3	0,15
4	0,20
5	0,25
6	0,30
7	0,35
8	0,40
9	0,45
10	0,50

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

VISTA EXPLODIDA  
ESC.: 1:17

ESC.: 1:15

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	C FL013	Cone restritor	1
2	C FL014	Tubo 1	1
3	-	Válvula solenoide	2
4	C FL015	Tubo 2	1
5	C FL009	Tubo 3	1
6	-	Transmissor de temperatura	1
7	CJ FL029	Proteção da chama	1
8	CJ FL031	Tubo de queima	1
9	-	Corta chamas	1
10	CJ FL033	Início/detecção de chama	1

ESC.: 1:25

Referência: CJ FL039

Data: 11/13/2019

Material: Lista de Materiais

Descrição: Queimador

Projetistas: B. Scheunemann e L. Sackser

Peso (kg): 418.71

Folha: A4

Rev.: 01

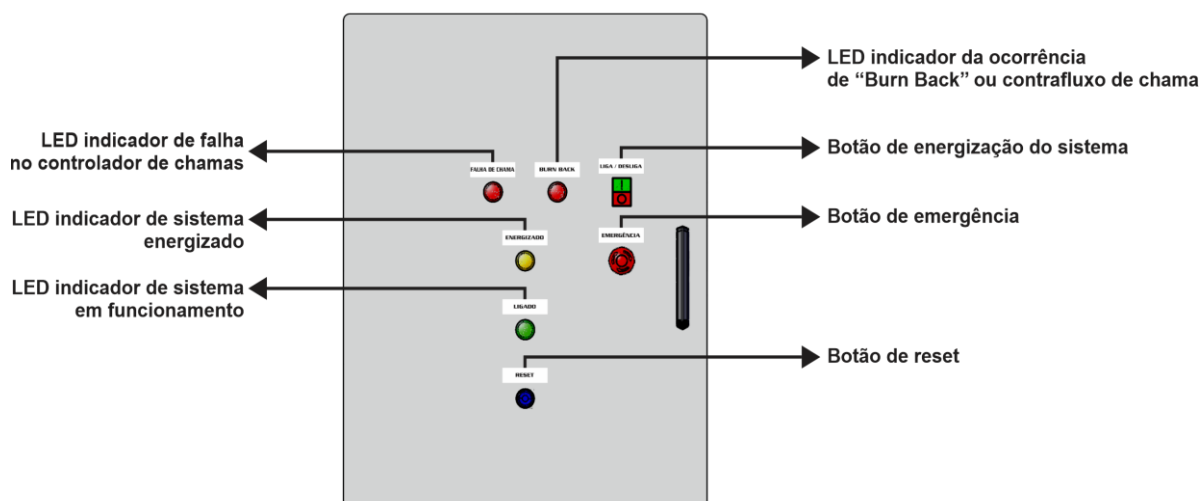
Área de Pintura (m²): 5.69

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.



## 4 INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO

Após o produto ser instalado pela equipe responsável, cabe ao usuário compreender os comandos e indicações presentes no painel de operação, conforme a imagem disposta abaixo. O painel é composto por 3 botões e 4 LED's coloridos.



O *flare* compreende quatro estados de operação:

- Energizado - quando o sistema está alimentado eletricamente e não está em funcionamento. É indicado pelo LED amarelo;
- Ligado - quando o *flare* está em operação. É indicado pelo LED verde.
- Falha de chama - quando o controlador de chama identifica alguma falha. É indicado pelo LED vermelho localizado à da esquerda;
- *Burn Back* - quando ocorre um contrafluxo da chama, identificado pelo transmissor de temperatura. É indicado pelo LED vermelho da direita.

Para que o sistema entre em funcionamento, o usuário é responsável por garantir que o botão de emergência esteja desacionado e que o botão de energização (Liga / Desliga) esteja ativado. Estando nessas condições, o sistema irá trabalhar automaticamente.

Para se certificar que o sistema esteja somente energizado (sem condições de operação), o LED amarelo deverá estar aceso. Porém, se entrar em condições de combustão, o LED verde indicará que o *flare* está operando.

As condições necessárias para o início da combustão são: atingir as pressões requeridas no reservatório de biogás e na linha do *flare*. Durante o

funcionamento do sistema, o fluxo e informações do biogás são monitoradas. O sistema irá se desligar de forma automática ao baixar consideravelmente as pressões medidas.

Em caso de ocorrência de erro, o painel indicará o modo de emergência - um dos LED's vermelhos estará aceso. O *flare* poderá entrar em estado de emergência através de duas formas diferentes:

- Quando o controlador de chama detectar alguma condição adversa - falha na identificação da chama;
- Quando o sensor de temperatura detectar um contrafluxo de chama a partir do aumento considerável da temperatura na linha próxima ao queimador (ponto extremo do *flare*).

OBS.: Nessas condições, a equipe responsável pelo suporte ao produto deverá ser acionada para auxiliar nos procedimentos a serem realizados. Após as providências serem tomadas, o sistema deverá ser reiniciado:

- Para o primeiro modo de falha, o reset é dado no próprio controlador de chamas.
- Para o segundo modo de falha, o botão de reset do painel deve ser pressionado.



## ANEXO A – COTAÇÕES DE POSSÍVEIS FORNECEDORES

QTD	PRODUTO	DESCRIÇÃO	CUSTOMIZADO	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL	Prazo (dias úteis)
2	VKP-011	Transmissor de Pressão Mini, precisão 0,25%FE, temperatura de operação de -40 a 100C - NCM 9026.20.90		BRL 723,00	BRL 1.446,00	7
Incluído	DIN43650	Conector Elétrico tipo DIN43650 grau de proteção IP65		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	outros		Faixa de Pressão 0..0,6 BAR	Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	42	sinal de saída 4/20mA a 2 fios, alimentação elétrica de 8 a 32VCC		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	12N	Conexão ao Processo 1/2" NPT-Macho		Incluído	Incluído	Incluído

**Group1 TOTAL:**

BRL  
1.446,00

QTD	PRODUTO	DESCRIÇÃO	CUSTOMIZADO	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL	Prazo (dias úteis)
1	VKT-114	Termoresistência PT-100 tip DIN 43650 - NCM 8533.40.99		BRL 335,00	BRL 335,00	7
Incluído	A	Conector Elétrico tipo DIN43650 grau de proteção IP65		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	01	PT-100(3fios)		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	12N	Conexão ao Processo 1/2" NPT-Macho		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	50	Comprimento da Haste "U"=50mm		Incluído	Incluído	Incluído

**Group2 TOTAL:**

BRL 335,00

QTD	PRODUTO	DESCRIÇÃO	CUSTOMIZADO	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL	Prazo (dias úteis)
1	VKT-111	Termoresistência PT-100 - NCM 8533.40.99		BRL 267,00	BRL 267,00	7
Incluído	A	Cabeçote em Alumínio Mini		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	01	PT-100(3fios)		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	12N	Conexão ao Processo 1/2" NPT-Macho		Incluído	Incluído	Incluído
Incluído	50	Comprimento da Haste "U"=50mm		Incluído	Incluído	Incluído

**Group3 TOTAL:**

BRL 267,00



				Valores em Reais R\$		
Item	Descritivo	Desc. Técnica	QTD	Unit	Total	IPI %
1	TU.L 500°C 12N H 1/4 X 50MM	* TERMOSTATO UNIVERSAL ZURICH * MODELO TU.L * DIAMETRO DE 100MM * ESCALA DE 0 A 500°C * INVOLUCRO: TOTAL EM ACO INOXIDAVEL AISI 304 * SENSOR BOURDON EM ACO INOXIDAVEL AISI 304 * GRAU DE PROTECAO IP65 * DIFERENCIAL AJUSTAVEL EM 35% DA FAIXA * 1 CONTATO ELETRICO SPDT NA/NF: 10 AMPS - 80 A 250 VCA - 1/4 HP ½ AMPS - 1 A 125 VCC ¼ AMPS - 1 A 250 VCC * SAIDA VERTICAL (RETA) * CONEXAO AO PROCESSO 1/2 NPT * HASTE EM ACO INOX 304 DE 1/4 X 50MM * CONEXAO ELETRICA DIN 43650 * PRECISAO: 2% F.E.	1,00	720,00	720,00	0,00
2	TU.EX 500°C 12N H 1/4 X 50MM	* TERMOSTATO UNIVERSAL ZURICH * MODELO TU.EX * ESCALA DE 0 A 500°C * SET-POINT: NÃO INFORMADO * CAIXA EM ALUMINIO FUNDIDO * PINTURA EPOXI NA COR AZUL * GRAU DE PROTECAO IP-66 * SENSOR BOURDON EM ACO INOXIDAVEL AISI 304 * DIFERENCIAL AJUSTAVEL EM 50% DA FAIXA * 1 CONTATO ELETRICO SPDT NA/NF: 10 AMPS - 80 A 250 VCA - 1/4 HP ½ AMPS - 1 A 125 VCC ¼ AMPS - 1 A 250 VCC * SAIDA VERTICAL (RETA) * CONEXAO AO PROCESSO 1/2 NPT * HASTE EM ACO INOX AISI 304 DE Ø1/4" X 50MM * CONEXAO ELETRICA 1/2 NPT FEMEA * MARCACAO: EX D IIC T6 GB IP66	1,00	1.950,00	1.950,00	0,00

				Valores em Reais R\$		
Item	Descritivo	Desc. Técnica	QTD	Unit	Total	IPI %
		* MARCACAO: EX TB IIIC T80°C DB IP66				
3	ZPU.BP 60MBAR 12N	* PRESSOSTATO UNIVERSAL DE BAIXA PRESSAO ZURICH * MODELO ZPU.BP * TOTAL EM ACO INOX AISI 304 * DIAMETRO NOMINAL DE Ø100MM * FAIXA DE 0 A 60MBAR * SET-POINT AJUSTAVEL * ELEMENTO SENSOR TIPO DIAFRAGMA * MEMBRANA EM ACO INOXIDAVEL AISI 316-L * 1 CONTATO ELETRICO SPDT NA / NF * DIFERENCIAL AJUSTAVEL EM 35% DA FAIXA * PRECISAO DE +/-1% F.E. * CONEXAO PROCESSO DE 1/2 NPT * CONEXAO ELETRICA TIPO DIN 43650	1,00	1.080,00	1.080,00	0,00
4	ZPU.BP.EX 60MBAR 12N	* PRESSOSTATO UNIVERSAL DE BAIXA PRESSAO A PROVA DE EXPLOSAO ZURICH * MODELO ZPU.BP.EX * FAIXA DE 0 A 60MBAR * CAIXA EM ALUMINIO FUNDIDO (NEMA-7) * PINTURA EPOXI NA COR AZUL * GRAU DE PROTECAO IP-66 * ELEMENTO SENSOR TIPO DIAFRAGMA * DIFERENCIAL AJUSTAVEL SEM MICRO SELADO * 1 CONTATO ELETRICO SPDT NA/NF: 10 AMPS - 80 A 250 VCA - 1/4 HP ½ AMPS - 1 A 125 VCC ¼ AMPS - 1 A 250 VCC * SAIDA VERTICAL (RETA) * CONEXAO AO PROCESSO 1/2 NPT * CONEXAO ELETRICA 1/2 NPT FEMEA * PRECISAO +/- 1% F.E. * MARCACAO: EX D IIC T6 GB IP66 * MARCACAO: EX TB IIIC T80°C DB IP66	1,00	1.980,00	1.980,00	0,00

1	UN	9B2B50-7HW1/0 9B2B50-AABCCD2A123+AG Prosonic flow B 200, 9B2B50, DN50 2"	41.701,15	41.701,15
---	----	--	-----------	-----------

Link para informações do produto:

[www.br-endress.com/9B2B](http://www.br-endress.com/9B2B)

Sistema de medição ultrassônico,

Método tempo de trânsito

Transmissor compacto de campo

Inline

Vazão volumétrica e conteúdo de metano

medição de biogas molhado ou seco

P/ baixa vazão, Aplicações pressão baixa

Sem perda de carga

operação em gases saturados

Comissionamento intuitivo via

parametrização guiada

:: Medição de biogás precisa e confiável

Condição de processo submersa

:: Medição integral opcional

para presença de biogas metano

A A Aprovação: Área não classificada

B Saída: 4-20mA HART, pulsos/frequência/contacto  
frequência/contacto de saída

C Display; operação: SD02 4-line; teclas + função  
de backup de dados

C Caixa: GT20 compartimento duplo, Alu revestido

D Ligação eléctrica: Rosca NPT1/2, IP66/67 NEMA4X

2 Versão de sensor: Caudal volumétrico + Biogas  
analysis

A12 Ligação ao processo: Cl.150, A105, flange solta  
ASME B16.5

3 Calibração caudal: 1.5%, 1...30 m/s, traceable  
ISO/IEC17025

AG >Lingua de operação display: Português

Classificação Fiscal: 9026.10.19

ICMS: 4,00 % já incluso nos preços

IPI: 15,00 % a incluir nos preços

PIS: 1,65 % já incluso nos preços

COFINS: 7,60 % já incluso nos preços

PRAZO DE ENTREGA: 29 dias

<b>Total Sem Impostos</b>	<b>35.925,54</b>
<b>Total Geral Sem IPI</b>	<b>41.701,15</b>

- 1 purgador do tipo bôia, conexão roscada, modelo FLT141 1/2";-R\$3.900,00 PE: 45 dias úteis.

- 1 transmissor de pressão manométrico SK135 que atenda um range entre 0 e 6kPa, conexão AISI316, com ou sem display;- Declinamos pois não faz mas parte do nosso escopo.

- 1 válvula de esfera manual, 2 vias, material AISI 316, conexão NPT 2", movimento 45º; R\$535,00 PE: 15 dias.

- 2 válvulas de esfera automática ON/OFF, acionada eletricamente, 2 vias, material AISI 316, conexão NPT 2"; R\$ 4.900,00 PE: 45 dias.

Código do produto	NCM	Quantidade	Produto	Valor de Venda	ICMS	ST	IPI%	Total
8830007750	85334099	1,00	PT100 AI316, 6X100MM, CABO PVC 2M, 1/2BSP, 0 A 100C	BRL 107,64	BRL 19,38	BRL 0,00	0,00	BRL 107,64
8801411001	90262090	1,00	TP NP620 OIL-FILLED 1/4 NPT 4-20MA: 0...1 BAR	BRL 644,85	BRL 116,07	BRL 0,00	0,00	BRL 644,85
8816021069	85176294	1,00	TXCONFIG-DIN43650 (SOFTWARE + INTERFACE USB)	BRL 322,32	BRL 58,02	BRL 0,00	0,00	BRL 322,32

Item	TAG	Referência PROTEGO	Descrição	NCM	Prazo de entrega	Preço Unitário (R\$)	Qty	Preço Total do Item (R\$)
01	N/A	B1311701210012	CORTA CHAMAS A PROVA DE DEFLAGRAÇÃO EM LINHA PROTEGO MODELO FA/G 2" EM AÇO CARBONO	84818099	20 dias*	5.900,96	1	5.900,96
02	N/A	B1311701220011	CORTA CHAMAS A PROVA DE DEFLAGRAÇÃO EM LINHA PROTEGO MODELO FA/G 2" EM AÇO INOX	84798999	120 dias	12.250,26	1	12.250,26

ITEM	QT	UN	CODIGO	DESCRIÇÃO	MARCA/ORIGEM	NCM	PREÇO UNIT	TOTAL	ICMS	ST	IPI	VALOR IPI	ENTREGA
1	1,00	PC	1614	TRAFO DE IGNEICAO Tensão de entrada: 220V, Tensão de saída: 1X14KV ED: 33%, Frequência: 50/60Hz IP40	HONEYWELL IMPORTADO	8504.31.19	379,12	379,12	4%	0%	0%	0,00	IMEDIATO
2	4,00	M	1759	CABO DE IGNEICAO E IONIZACAO 1,5MM 300' 15KV	INMAR NACIONAL	8544.60.00	34,45	137,80	18%	0%	0%	0,00	IMEDIATO
3	1,00	PC	1320	PROGRAMADOR 220V	HONEYWELL IMPORTADO	8416.90.00	793,86	793,86	4%	0%	0%	0,00	IMEDIATO
4	1,00	PC	1309	BASE Sub base p/ programador	HONEYWELL IMPORTADO	8416.90.00	280,54	280,54	4%	0%	0%	0,00	IMEDIATO
5	1,00	PC	1014	ELETRODO DE IGNEICAO	INMAR NACIONAL	8416.90.00	88,40	88,40	12%	0%	0%	0,00	IMEDIATO
6	1,00	PC	1014	ELETRODO DE IONIZACAO	INMAR NACIONAL	8416.90.00	91,94	91,94	12%	0%	0%	0,00	IMEDIATO
7	2,00	PC	1760	SUPRESSOR 4,0 MM	INMAR NACIONAL	8416.90.00	22,50	45,00	12%	0%	0%	0,00	IMEDIATO
8	2,00	PC	4511	VALV. SOL. 2" 200MBAR 220V Valvula solenóide para Biogás NF 2" BSP, com abertura lenta , 220 Vac, IP54, p.máx 200 mbar.	ELEKTROGAS IMPORTADO	8481.80.92	1.997,21	3.994,42	4%	0%	0%	0,00	90 Dias
9	2,00	PC	4512	PRESSOSTATO TP EX UN 40 A/D/200 MBAR 1/2" NPT.M PRESSOSTATO A PROVA DE EXPLOSAO COM 1 CONTATO REVERSIVEL SPDT, DIFERENCIAL FIXO, CONECTOR E DIAFRAGMA EM ACO INOX. FAIXA DE TRABALHO 0/200 MBAR, CONEXAO AO PROCESSO 1/2" NPT.M, CONEXAO ELETRICA 1/2" NPT.F, CLASSIFICACAO DO INVOLUCRO IP65, CERTIFICACAO INMETRO EX - EX D IIB + H2 T6Gb	INMAR NACIONAL	9032.20.00	2.635,50	5.271,00	12%	0%	0%	0,00	15 Dias
10	1,00	PC	1642	VALVULA ESFERA 2" Valvula esfera para biogás com passagem plena, conexão de 2"	NACIONAL	8481.80.95	444,73	444,73	12%	0%	0%	0,00	15 Dias

Código Referência	Descrição do Item	Un.	NCM	Qty.	R\$ Unitário	R\$ Total	% ICMS	R\$ ICMS ST	% IPI	R\$ IPI	R\$ Total Geral	Dias Entrega
0000	PT100 Ex. TERMORESISTENCIA PT100 CABEÇOTE Ex. HASTE 30MM 0 A 300°	UN	8481.80.00	1	487,80	487,80	0,00	0,00	0	0,00	487,80	15

GRUPO 2: ITENS PROPOSTOS					
ITEM	QTD.	PRODUTOS	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL.	TOTAL + IMP.
1	1	MODULO DE ALIMENTACAO DO DFI DF60 - 80/T0 CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS (S0) - PADRÃO DE FABRICAÇÃO: PADRÃO DE FABRICAÇÃO SMAR (T0) - PROTEÇÃO PY AMBIENTES: PADRÃO INDUSTRIAL NCM: 85371020 - IPI (A INCLUIR) : 15,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %	1.491,69	1.491,69	1.715,44
2	1	CONTROLADOR COM PORTAS ETHERNET REDUNDANTES CPU800 - T0 CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS (T0) - PROTEÇÃO PY AMBIENTES: PADRÃO INDUSTRIAL NCM: 85371020 - IPI (A INCLUIR) : 15,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %	6.338,03	6.338,03	7.288,73
3	1	MODULO DFI - 8 ENTRADAS EM CORRENTE/TENSAO - COM RESISTOR 250 OHMS DF44 - 80/T0 CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS (S0) - PADRÃO DE FABRICAÇÃO: PADRÃO DE FABRICAÇÃO SMAR (T0) - PROTEÇÃO PY AMBIENTES: PADRÃO INDUSTRIAL NCM: 85371020 - IPI (A INCLUIR) : 15,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %	1.584,49	1.584,49	1.822,16
4	1	MODULO DFI - 1 GRUPO DE 8 ENTRADAS 24 VDC E 1 GRUPO DE 4 RELES NA (ISOLADAS) DF32 - 80/T0 CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS (S0) - PADRÃO DE FABRICAÇÃO: PADRÃO DE FABRICAÇÃO SMAR (T0) - PROTEÇÃO PY AMBIENTES: PADRÃO INDUSTRIAL NCM: 85371020 - IPI (A INCLUIR) : 15,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %	1.246,82	1.246,82	1.433,84
5	1	RACK C/ 4 SLOTS - COM DIAGNÓSTICO DF83 - T0 CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS (T0) - PROTEÇÃO PY AMBIENTES: PADRÃO INDUSTRIAL NCM: 85371020 - IPI (A INCLUIR) : 15,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %	768,38	768,38	883,64
6	1	TERMINADOR DO DFI DF2 - 80/T0 CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS (S0) - PADRÃO DE FABRICAÇÃO: PADRÃO DE FABRICAÇÃO SMAR (T0) - PROTEÇÃO PY AMBIENTES: PADRÃO INDUSTRIAL NCM: 85371020 - IPI (A INCLUIR) : 15,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %	149,52	149,52	172,41
GRUPO 2				R\$ 11.579,33	R\$ 13.316,23

GRUPO 1: ITENS PROPOSTOS																																									
ITEM	QTD.	PRODUTOS							R\$ UNIT.	R\$ TOTAL	TOTAL + IMP.																														
1	1	<p>MÓDULO SENSOR ; LD30XM</p> <p><b>204-0301-M23 . C0/S0</b></p> <p>CARACTERÍSTICAS</p> <p>[ 2 ] - FAIXA: 4,18 A 500 MBAR</p> <p>[ 3 ] - MATERIAL DO DIAFRAGMA/FLUIDO DE ENCHIMENTO: HASTELLOY C276 - OLEO SILICONE</p> <p>CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS</p> <p>[ C0 ] - LIMPEZA ESPECIAL: PADRAO</p> <p>[ S0 ] - PADRAO DE FABRICACAO: SMAR</p> <p>NCM: 90269090 - IPI (A INCLUIR) : 18,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %</p>							1.939,83	1.939,83	2.230,80																														
2	1	<p>TRANSMISSOR PRESSAO MANOMÉTRICA COM CONTROLE PID INCORPORADO - HART</p> <p><b>LD301M-23P-V005-011 . A1/D0/G0/H0/I5/M0/P0/S0/Y2/U1</b></p> <p>CARACTERÍSTICAS</p> <p>[ 2 ] - FAIXA: -50 A 50 KPA</p> <p>[ 3 ] - MATERIAL DO(S) DIAFRAGMA(S) E FLUIDO DE ENCHIMENTO: HASTELLOY C276 - OLEO SILICONE</p> <p>[ P ] - MATERIAL DO(S) FLANGE(S), ADAPTADOR(ES) E PURGA(S): CORPO A316 C/ INSERCAO PVDF (SI ADAPTADOR/PURGA)</p> <p>[ V ] - MATERIAL DO(S) ANEL(IS) DE VEDACAO DA CELULA: VITON</p> <p>[ 0 ] - POSICAO DA PURGA: SEM PURGA</p> <p>[ 0 ] - INDICADOR LOCAL: SEM INDICADOR</p> <p>[ 5 ] - CONEXAO AO PROCESSO: 1/2 - 14 NPT AXIAL (COM INSERTO DE PVDF)</p> <p>[ 0 ] - CONEXAO ELETRICA: 1/2 - 14 NPT</p> <p>[ 1 ] - AJUSTE DE ZERO E SPAN: COM AJUSTE LOCAL</p> <p>[ 1 ] - SUPORTE DE FIXACAO: PLANO, EM ACO CARBONO .ACESS.: ACO CARBONO</p> <p>CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS</p> <p>[ A1 ] - MATERIAL DOS PARAFUSOS E PORCAS DA FLANGE/ADAPT.: EM ACO INOX 316</p> <p>[ D0 ] - FLANGE: PADRAO SMAR</p> <p>[ G0 ] - SINAL DE SAIDA: 4 - 20 MA</p> <p>[ H0 ] - MATERIAL DA CARCACA: ALUMINIO (IP/TYPE)</p> <p>[ I5 ] - PLAQUETA DE IDENTIFICACAO: CEPEL: EX-0, EX-1A</p> <p>[ M0 ] - CONFIGURACAO NA MEMORIA: COM PID (DISPONIVEL E DESABILITADO)</p> <p>[ P0 ] - PINTURA: CINZA MUNSELL N 6,5</p> <p>[ S0 ] - PADRAO DE FABRICACAO: SMAR</p> <p>[ Y2 ] - UNIDADE DO DISPLAY: 1: PRESSAO (UNIDADE DE ENGENHARIA)</p> <p>[ U1 ] - PLAQUETA DE TAG: SEM INSCRICAO</p> <p>DADOS DE OPERAÇÃO</p> <table><tr><th>QT</th><th colspan="2">ALCANCE</th><th>TAG</th><th>SERVICO</th><th>FLUIDO</th><th>PRESSAO</th><th>PRESSAO</th><th>TEMP.</th><th>TEMP.</th></tr><tr><th></th><th>0%</th><th>100%</th><th>UN.</th><th></th><th>PROCESSO</th><th></th><th>UNIDADE</th><th></th><th>UNIDADE</th></tr><tr><td>1</td><td>10</td><td>25</td><td>INQD</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td></tr></table> <p>NCM: 90262090 - IPI (A INCLUIR) : 0,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %</p> <p>NOTAS</p> <p>OPÇÃO SEM DISPLAY</p>							QT	ALCANCE		TAG	SERVICO	FLUIDO	PRESSAO	PRESSAO	TEMP.	TEMP.		0%	100%	UN.		PROCESSO		UNIDADE		UNIDADE	1	10	25	INQD	---	---	---	---	---	---	3.893,91	3.893,91	3.893,91
QT	ALCANCE		TAG	SERVICO	FLUIDO	PRESSAO	PRESSAO	TEMP.	TEMP.																																
	0%	100%	UN.		PROCESSO		UNIDADE		UNIDADE																																
1	10	25	INQD	---	---	---	---	---	---																																
3	1	<p>TRANSMISSOR PRESSAO MANOMÉTRICA COM CONTROLE PID INCORPORADO - HART</p> <p><b>LD301M-23P-V016-011 . A1/D0/G0/H0/I5/M0/P0/S0/Y2/U1</b></p> <p>CARACTERÍSTICAS</p> <p>[ 2 ] - FAIXA: -50 A 50 KPA</p> <p>[ 3 ] - MATERIAL DO(S) DIAFRAGMA(S) E FLUIDO DE ENCHIMENTO: HASTELLOY C276 - OLEO SILICONE</p> <p>[ P ] - MATERIAL DO(S) FLANGE(S), ADAPTADOR(ES) E PURGA(S): CORPO A316 C/ INSERCAO PVDF (SI ADAPTADOR/PURGA)</p> <p>[ V ] - MATERIAL DO(S) ANEL(IS) DE VEDACAO DA CELULA: VITON</p> <p>[ 0 ] - POSICAO DA PURGA: SEM PURGA</p> <p>[ 1 ] - INDICADOR LOCAL: COM INDICADOR DIGITAL</p> <p>[ 5 ] - CONEXAO AO PROCESSO: 1/2 - 14 NPT AXIAL (COM INSERTO DE PVDF)</p> <p>[ 0 ] - CONEXAO ELETRICA: 1/2 - 14 NPT</p> <p>[ 1 ] - AJUSTE DE ZERO E SPAN: COM AJUSTE LOCAL</p> <p>[ 1 ] - SUPORTE DE FIXACAO: PLANO, EM ACO CARBONO .ACESS.: ACO CARBONO</p> <p>CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS</p> <p>[ A1 ] - MATERIAL DOS PARAFUSOS E PORCAS DA FLANGE/ADAPT.: EM ACO INOX 316</p> <p>[ D0 ] - FLANGE: PADRAO SMAR</p> <p>[ G0 ] - SINAL DE SAIDA: 4 - 20 MA</p> <p>[ H0 ] - MATERIAL DA CARCACA: ALUMINIO (IP/TYPE)</p> <p>[ I5 ] - PLAQUETA DE IDENTIFICACAO: CEPEL: EX-0, EX-1A</p> <p>[ M0 ] - CONFIGURACAO NA MEMORIA: COM PID (DISPONIVEL E DESABILITADO)</p> <p>[ P0 ] - PINTURA: CINZA MUNSELL N 6,5</p> <p>[ S0 ] - PADRAO DE FABRICACAO: SMAR</p> <p>[ Y2 ] - UNIDADE DO DISPLAY: 1: PRESSAO (UNIDADE DE ENGENHARIA)</p> <p>[ U1 ] - PLAQUETA DE TAG: SEM INSCRICAO</p> <p>DADOS DE OPERAÇÃO</p> <table><tr><th>QT</th><th colspan="2">ALCANCE</th><th>TAG</th><th>SERVICO</th><th>FLUIDO</th><th>PRESSAO</th><th>PRESSAO</th><th>TEMP.</th><th>TEMP.</th></tr><tr><th></th><th>0%</th><th>100%</th><th>UN.</th><th></th><th>PROCESSO</th><th></th><th>UNIDADE</th><th></th><th>UNIDADE</th></tr><tr><td>1</td><td>10</td><td>25</td><td>INQD</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td></tr></table> <p>NCM: 90262090 - IPI (A INCLUIR) : 0,0 %, ICMS (INCLUSO) : 12,0 %</p> <p>NOTAS</p> <p>OPÇÃO COM DISPLAY</p>							QT	ALCANCE		TAG	SERVICO	FLUIDO	PRESSAO	PRESSAO	TEMP.	TEMP.		0%	100%	UN.		PROCESSO		UNIDADE		UNIDADE	1	10	25	INQD	---	---	---	---	---	---	4.321,96	4.321,96	4.321,96
QT	ALCANCE		TAG	SERVICO	FLUIDO	PRESSAO	PRESSAO	TEMP.	TEMP.																																
	0%	100%	UN.		PROCESSO		UNIDADE		UNIDADE																																
1	10	25	INQD	---	---	---	---	---	---																																
GRUPO 1									R\$ 10.155,70	R\$ 10.446,67																															



## ANEXO B - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS INOXIDÁVEIS

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)									PROPRIEDADE MECÂNICA			
TP (AISI)	C (max.)	Mn (max.)	P (max.)	S (max.)	Si (max.)	Cr (min.) (max.)	Ni (min.) (max.)	Outros Elementos	Mpa (kgf/mm <sup>2</sup> )		Along.(%) em 2" (min.)	Dureza HRB (max.)
									Límite de Resistência (min.)	Límite de Escoamento (min.)		
304	0,080	2,0	0,045	0,030	1,00	18,0 20,0	8,0 11,0		515 52,6	205 21,0	35	90
304L	0,035	2,00	0,045	0,030	1,00	18,0 20,0	8,0 13,0		485 49,5	170 17,4	35	90
304H	0,040 0,100	2,00	0,045	0,030	1,00	18,0 20,0	8,0 11,0		515 52,6	205 21,0	35	90
309	0,150	2,00	0,045	0,030	1,00	22,0 24,0	12,0 15,0		515 52,6	170 17,4	35	90
309S	0,080	2,00	0,045	0,030	1,00	22,0 24,0	12,0 15,0	Mo=0,75 max	515 52,6	205 21,0	35	90
310	0,150	2,00	0,045	0,030	1,00	24,0 26,0	19,0 22,0		515 52,6	205 21,0	35	90
310S	0,080	2,00	0,045	0,030	1,00	24,0 26,0	19,0 22,0	Mo=0,75 max	515 52,6	205 21,0	35	90
314	0,250	2,00	0,045	0,030	1,50 3,00	23,6 26,0	19,0 22,0		515 52,6	205 21,0	35	90
316	0,080	2,00	0,045	0,030	1,00	16,0 18,0	11,0 14,0	Mo=2,00-3,00	515 52,6	205 21,0	35	90
316L	0,035	2,00	0,045	0,030	1,00	16,0 18,0	10,0 14,0	Mo=2,00-3,00	485 49,5	170 17,4	35	90
316Ti	0,080	2,00	0,045	0,030	1,00	16,0 18,0	10,0 14,0	Mo=2,00-3,00 Ti=5x(C+n)min.- 0,70max	515 52,6	205 21,0	35	90
317L	0,035	2,00	0,045	0,030	1,00	18,0 20,0	11,0 15,0	Mo=3,00-4,00	515 52,6	205 21,0	35	90
321	0,080	2,00	0,045	0,030	1,00	17,0 19,0	9,0 12,0	Ti=5xC-0,70 max.	515 52,6	205 21,0	35	90
321H	0,040 0,100	2,00	0,045	0,030	1,00	17,0 19,0	9,0 12,0	Ti=4xCmin. 0,60 max.	515 52,6	205 21,0	35	90
347	0,080	2,00	0,045	0,030	1,00	17,0 19,0	9,0 13,0	Nb+Ta=10xC-1,00 max.	515 52,6	250 21,0	35	90
444	0,025	1,00	0,040	0,030	1,00	17,5 19,5	1,00	Mo=1,75-2,50	415 42,3	205 21,0	20	90
446	0,200	1,50	0,040	0,030	1,00	23,0 27,0	0,75max	N 0,25	485 49,44	275 28,0	20	95
904L	0,020	1,80	0,025	0,015	0,50	20,0	25,0	Mo=4,50 Cu=1,50	500 50,9	220 22,4	35	90

Fonte: Rio Inox (2019)

## ANEXO C - PERFIS DE TUBOS EM AÇO INOXIDÁVEL PADRÃO SCHEDULE

Diâmetro Externo		Schedule											
POL.	MM	5-S		10-S		20-S		40-S		80-S		160-S	
		PAREDE	PESO	PAREDE	PESO	PAREDE	PESO	PAREDE	PESO	PAREDE	PESO	PAREDE	PESO
1/8"	10.20	-	-	1.24	0.28	1.50	0.32	1.73	0.37	2.41	0.46	-	-
1/4"	13.72	-	-	1.65	0.50	2.00	0.58	2.24	0.63	3.02	0.81	-	-
3/8"	17.15	-	-	1.65	0.64	2.00	0.75	2.31	0.86	3.20	1.12	-	-
1/2"	21.34	1.65	0.81	2.11	1.02	2.50	1.16	2.77	1.29	3.73	1.64	4.75	1.94
3/4"	26.67	1.65	1.03	2.11	1.30	2.50	1.49	2.87	1.71	3.91	2.22	5.54	2.88
1"	33.40	1.65	1.31	2.77	2.12	3.00	2.25	3.38	2.54	4.55	3.29	6.35	4.24
1.1/4"	42.16	1.65	1.67	2.77	2.73	3.00	2.89	3.56	3.44	4.85	4.54	6.35	5.60
1.1/2"	48.26	1.65	1.93	2.77	3.16	3.00	3.35	3.68	4.11	5.08	5.48	7.14	7.24
2"	60.33	1.65	2.42	2.77	3.98	3.50	4.90	3.91	5.53	5.54	7.58	8.71	11.08
2.1/2"	73.03	2.11	3.75	3.05	5.33	3.50	6.00	5.16	8.75	7.01	11.57	9.53	14.92
3"	88.90	2.11	4.51	3.05	6.45	4.00	8.37	5.49	11.45	7.62	15.48	11.13	21.30
3.1/2"	101.60	2.11	5.17	3.05	7.40	4.00	8.62	5.74	13.76	8.08	18.90	12.70	27.80
4"	114.30	2.11	5.83	3.05	8.35	4.00	10.90	6.02	16.30	8.56	22.62	13.49	33.50
5"	141.30	2.77	9.45	3.40	11.60	5.00	16.80	6.55	22.09	9.53	31.38	15.88	49.10
6"	168.28	2.77	11.30	3.40	13.80	5.00	20.31	7.11	28.65	10.97	43.16	18.24	67.40
8"	219.08	2.77	14.80	3.76	19.90	6.50	34.10	8.18	42.97	12.70	64.57	23.02	111.30
10"	273.05	3.40	22.60	4.19	27.80	6.50	42.70	9.27	60.30	12.70	81.50	28.57	172.20
12"	323.85	3.96	31.40	4.57	36.00	6.50	50.90	9.27	71.90	12.70	97.40	33.34	238.80
14"	355.60	3.96	34.40	4.78	41.30	-	-	-	-	-	-	-	-
16"	406.40	4.20	41.50	4.78	47.30	-	-	-	-	-	-	-	-
18"	457.20	4.20	46.80	4.78	53.20	-	-	-	-	-	-	-	-
20"	508.00	4.78	59.30	5.54	68.60	-	-	-	-	-	-	-	-
24"	609.60	5.54	82.50	6.35	94.50	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Rio Inox (2019)