



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
DIVISÃO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

**AMANDA RODRIGUES PRIMO
ANNA CAROLINE BOTELHO DE ARAÚJO
CAMILA CALANDRINY ROCHA DA COSTA
FELIPE ANDRADE CAETANO DE SOUSA
PAULO STÊNIO MORAES SALES JÚNIOR
VÍVIAN RIBEIRO DUTRA**

PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA COM APLICAÇÃO DE ANÁLISE HAZOP

**BRASÍLIA
2017**

**AMANDA RODRIGUES PRIMO
ANNA CAROLLINE BOTELHO DE ARAÚJO
CAMILA CALANDRINY ROCHA DA COSTA
FELIPE ANDRADE CAETANO DE SOUSA
PAULO STÊNIO MORAES SALES JÚNIOR
VÍVIAN RIBEIRO DUTRA**

**PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA
COM APLICAÇÃO DE ANÁLISE HAZOP**

Projeto Final apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Química, oferecido pela Divisão de Química Tecnológica do Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Química.

ORIENTADOR

Prof. Dr. José Joaquín Linares León

**BRASÍLIA
2017**

**AMANDA RODRIGUES PRIMO
ANNA CAROLLINE BOTELHO DE ARAÚJO
CAMILA CALANDRINY ROCHA DA COSTA
FELIPE ANDRADE CAETANO DE SOUSA
PAULO STÊNIO MORAES SALES JÚNIOR
VÍVIAN RIBEIRO DUTRA**

**PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA COM APLICAÇÃO DE ANÁLISE
HAZOP**

Projeto Final apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Química, oferecido pela Divisão de Química Tecnológica do Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por

Prof. Dr. José Joaquín Linares León
Orientador

Prof. José Joaquín Linares León
Examinador Interno

Prof. Dr. Elaine Rose Maia
Examinador Interno

**BRASÍLIA
2017**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por todas as oportunidades em nossas vidas, pela saúde e pela perseverança no curso.

Agradecemos às nossas famílias por todo o apoio, o amor e o tempo dedicado a cada um de nós.

Agradecemos, em especial, ao nosso professor orientador José pela paciência e pela dedicação perante as infindáveis dúvidas durante a realização do projeto.

Agradecemos aos nossos amigos pelos momentos de descontração e de estudo, mas também pela compreensão nos dias mais difíceis.

Agradecemos nossos colegas de projeto por todo o suporte, a responsabilidade e a ajuda mútua neste trabalho.

RESUMO

O PVC é considerado o polímero mais versátil existente, pois sua resina pode ser facilmente alterada por aditivos correspondentes a sua aplicação final. Assim como outros plásticos, o PVC é produzido através de reações de polimerização do cloreto de vinila (MVC). Este monômero pode ser produzido por diferentes caminhos, mas em geral, a reação de cloração direta combinada com pirólise é uma das mais utilizadas na indústria por ser composta por apenas duas etapas e possuir altas conversões de MVC.

O presente trabalho consiste na simulação e no projeto de uma planta industrial de produção de cloreto de vinila a partir da cloração do eteno e pirólise do 1,2-dicloroetano (DCE), com enfoque na utilização da técnica de Estudo de Perigo e Operabilidade – HAZOP (*Hazard and Operability Studies*). A simulação da planta foi realizada por meio do software Aspen HYSYS[®], o qual forneceu os dados necessários para projetar os equipamentos e os instrumentos da planta. O trabalho inclui folhas de especificação para os critérios de projeto considerados, equacionamento e dimensionamento de equipamentos, análise econômica, análise de impacto ambiental e análise de segurança.

Palavras-chave: Cloreto de vinila; MVC; PVC; Aspen HYSYS[®]; HAZOP.

ABSTRACT

PVC is considered the most versatile polymer available, as its resin can easily be modified by additives which correspond to its final application. Like other plastics, PVC is produced through polymerization reactions of vinyl chloride (VCM). This monomer can be produced by different paths, but in general the direct chlorination reaction combined with pyrolysis is one of the most used in the industry because it consists of only two steps and has high VCM conversions.

The present work consists of the simulation and the design of an industrial plant for the production of vinyl chloride from the chlorination of ethene and pyrolysis of 1,2-dichloroethane (DCE) with a focus on the Hazard and Operability Studies (HAZOP) technique. Plant simulation was performed using Aspen HYSYS[®] software, which provided the data needed to design plant equipment and instruments. The work includes specification sheets for the considered design criteria, equation and equipment design, economic analysis, environmental impact analysis and safety analysis.

Keywords: Vinyl Chloride; VCM; PVC; Aspen HYSYS[®]; HAZOP.

SUMÁRIO

Lista de Anexos	8
Lista de equipamentos	9
Lista de figuras	10
Lista de siglas	11
Lista de símbolos	12
Lista de tabelas	14
1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3 CRITÉRIOS DE PROJETO	24
4 FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO	29
5 ANÁLISE HAZOP	84
6 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL	93
7 ANÁLISE ECONÔMICA	94
8 MELHORIAS NO PROJETO	117
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
10 ANEXOS	121

Lista de Anexos

ANEXO I. Dimensionamento de colunas de destilação

ANEXO II. Dimensionamento de reator

ANEXO III. Dimensionamento de bombas

ANEXO IV. Dimensionamento de trocadores de calor

ANEXO V. Dimensionamento de forno

ANEXO VI. Dimensionamento de tubulações

Lista de equipamentos

B-1: Bomba de carga

B-2: Bomba de refluxo da coluna 1

B-3: Bomba de refluxo da coluna 2

F-1: Forno de pirólise

R-1: Reator de cloração direta

T-1: Camisa do reator de cloração direta

T-2: Trocador que vaporiza e aquece a corrente de entrada do forno

T-3: Trocador que condensa e resfria a corrente de saída do forno

T-4: Condensador da coluna 1

T-5: Refervedor da coluna 1

T-6: Condensador da coluna 2

T-7: Refervedor da coluna 2

T-8: Trocador que resfria a corrente de saída coluna 2

Lista de figuras

Figura 1. Fluxo de caixa.

Figura 2. Fluxo de caixa anual.

Figura 3. Fluxo de caixa acumulado.

Figura 4. Sensibilidade ao câmbio.

Figura 5. Fluxo acumulado para um investimento 400% maior.

Figura 6. Fator de correção: um passe na carcaça, dois passes nos tubos.

Lista de siglas

DCE	1,2-dicloro etano
MVC	Cloreto de vinila
PVC	Policloreto de vinila
NSPH	<i>Net Positive Suction Head</i>
TEMA	<i>Tubular Exchanger Manufactures Association</i>
VAL	Valor Atualizado Líquido

Lista de símbolos

T_s	Temperatura da superfície dos tubos do forno.
T_a	Temperatura do ar pré-aquecido.
T_G	Temperatura dos gases efluentes de combustão.
Q_T	Fluxo de calor fornecido ao fluido de trabalho do forno.
q	Densidade de fluxo de calor.
D	Diâmetro dos tubos do forno.
L	Comprimento dos tubos do forno.
S	Separação de centro a centro dos tubos do forno.
η	Eficiência de combustão.
C_F	Poder calorífico inferior do combustível.
C_A	Poder calorífico inferior do ar.
C_G	Poder calorífico inferior do efluente gasoso.
A_{cp}	Área da superfície plana equivalente
m_{vap}	Massa de vapor de atomização.
m_{comb}	Massa de combustível.
m_{ar}	Massa de ar.
Q_{adm}	Vazão de admissão
Q_{imp}	Vazão de impulsão
P_{vap}	Pressão de vapor
$P_{esp(adm)}$	Pressão Especificada (admissão)
$P_{esp(imp)}$	Pressão Especificada (impulsão)
ΔP	Diferença de Pressão

ΔP_{\max}	Diferença de Pressão Máxima
ρ_{adm}	Densidade de Admissão
ρ_{imp}	Densidade de impulsão
H	Carga da Bomba
W_a	Potência Absorvida
η_h	Eficiência Hidráulica
W_h	Potência Hidráulica
η_m	Eficiência do Motor
W_m	Potência Real do Motor

Lista de tabelas

Tabela 1. Condições de entrada na planta.

Tabela 2. Condições de saída da planta.

Tabela 3. Constante de velocidade para as etapas de cloração direta e pirólise.

Tabela 4. Palavras-chave utilizadas.

Tabela 5. Formulário da análise HAZOP do Reator R-1.

Tabela 6. Formulário da análise HAZOP das colunas C-1 e C-2.

Tabela 7. Formulário da análise HAZOP do Trocador T-2.

Tabela 8. Alarmes disponíveis na planta de produção de cloreto de vinila.

Tabela 9. Sistema de encravamento da planta de produção de cloreto de vinila.

Tabela 10. Parâmetros para o cálculo do custo dos equipamentos.

Tabela 11. Índices anuais de custos.

Tabela 12. Custos dos equipamentos.

Tabela 13. Estimativa do Capital de Giro

Tabela 14. Custos variáveis.

Tabela 15. Custos fixos de produção.

Tabela 16. Investimento total.

Tabela 17. Receita da planta.

Tabela 18. Cálculo da margem bruta da planta.

Tabela 19. Informações para cálculo do VAL.

Tabela 20. Investimentos quadruplicados.

Tabela 21. Fluxo de caixa para um investimento 400% maior.

Tabela 22. Parâmetros necessários para dimensionamento das colunas.

Tabela 23. Características geométricas do reator CSTR R-1 e custo total; *dólares-gulf para o ano de 2006.

Tabela 24. Especificações da bomba B-1; **aproximação feita.

Tabela 25. Pressão na aspiração para B-1.

Tabela 26. Pressão na impulsão para B-1.

Tabela 27. Coeficientes de transmissão de calor.

Tabela 28. Dimensionamento dos trocadores da planta de MVC.

Tabela 29. Norma TEMA para trocadores.

Tabela 30. Dados principais necessários para projeto do forno.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de polímeros tem início no final do século passado com o domínio na produção de borracha a partir do processo de vulcanização. Apesar disso, um conhecimento mais específico sobre os polímeros só se desenvolveu a partir dos anos 20 com o estudo de Hermann Staudinger sobre as cadeias de macromoléculas de compostos que possuíam propriedades semelhantes (ZAIŁNCZ, 2004). Um desses polímeros é o PVC, que possui diversas aplicações como tubulações, calçados, embalagens, brinquedos, entre outros.

Atualmente, o PVC é o segundo termoplástico mais consumido do mundo com uma demanda mundial de 27 milhões de toneladas em 2001, onde o Brasil foi responsável por 2,5% desse consumo (RODOLFO Jr., 1999).

O MVC é a matéria prima desse polímero e sua obtenção se dá por diferentes rotas onde o processo conhecido por reação balanceada é a mais utilizada, por ser uma combinação de reações de cloração e oxicloração utilizando etileno como matéria prima principal. Apesar disso, existem melhores caminhos para a fabricação do PVC, como a reação de cloração combinada com pirólise, que é a melhor em termos de número de etapas e conversão em MVC (DAVIES *et al.*, 2016).

Este trabalho visa propor uma planta industrial que produza MVC a partir do caminho reacional descrito acima, utilizando da metodologia HAZOP para estudo de segurança da planta. Esse método de análise avalia todos os possíveis perigos de uma planta desde o seu desenvolvimento até o fechamento do projeto, onde palavras chaves e guias de todo o processo são elaborados e permite a indicação de falhas e consequências de possíveis erros que possam ser cometidos em uma fábrica.

A simulação do processo foi feita no software Aspen HYSYS[®]. Este software é vastamente utilizado para simular processos na indústria química, com ênfase nos processos envolvendo hidrocarbonetos. Ele mostrou-se suficiente para o desenvolvimento da planta de produção de MVC, ao disponibilizar todos os equipamentos, ferramentas e bases de dados necessários para desenvolvimento de diversas partes do trabalho (ASPENTECH, 2017). A partir dessa simulação foram efetuados todos os balanços de energia da planta, além de desenvolvimento de equipamentos e análise econômica para verificar a rentabilidade do projeto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do MVC e mercado

O MVC é um gás incolor, estável na ausência de luz e oxigênio à temperatura ambiente. Pode-se afirmar, de forma genérica, que ele é obtido pela cloração de um hidrocarboneto. A importância desses materiais clorados a partir de hidrocarbonetos é devida a diversos fatores, como, por exemplo a resistência à degradação biológica. Ela ocorre devido à maior força de uma ligação entre carbono e cloro em relação à ligação entre carbono e hidrogênio. Essa resistência é desejável quando o material é devidamente utilizado, mas é prejudicial quando ocorre algum descarte indevido, pois ele possui maior capacidade de acumulação no meio ambiente (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

O cloreto de vinila é importante, pois ele é o monômero utilizado na produção de poli(cloreto de vinila). O PVC é um polímero com certa independência do petróleo, já que ele é normalmente obtido de 53% de matérias primas geradas a partir do sal marinho ou da terra e 43% proveniente do petróleo ou gás natural. O primeiro é utilizado para produzir o gás cloro, e o segundo para produção de etileno, principalmente. Ambos são os principais componentes para a produção do MVC e, posteriormente, PVC (RODOLFO JR. *et al.*, 2006). A parcela da contribuição do PVC na produção mundial de termoplásticos é de 17,5%, projetada para o ano de 2004 (FÁTIMA S., 2003). No período de 2003 a 2014, foi possível perceber um expressivo aumento na produção desses materiais no Brasil, com taxa de evolução anual de 4,7% (BRASKEM, 2015).

Em 2005, a demanda mundial de PVC foi de 35 milhões de toneladas, sendo que somente 2% desse total foi demandado pelo Brasil. O consumo anual por habitante deste polímero no Brasil é de 4 kg, valor menor do que a média anual mundial, por habitante, de 4,6 kg, em 2004. Estas proporções demonstram uma possibilidade de grande expansão do mercado e produção de PVC no país (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

Algumas características de materiais de PVC são durabilidade, versatilidade, leveza, fácil instalação, isolamento térmico e acústico. Possuem excelente acabamento e são resistentes às chamas, radiação UV, aos óleos derivados de petróleo e a diversos produtos químicos inorgânicos. Como o PVC é um material com imensa importância de mercado, é imprescindível que sejam feitos estudos sobre a produção de seu precursor, o MVC (DRY J. *et al.*, 2003).

2.2 Aplicações

As aplicações do MVC estão ligadas com as aplicações de PVC, já que sua maior finalidade é na produção do polímero, que possui maior funcionalidade.

O PVC é o plástico mais versátil porque sua resina pode ser facilmente alterada por aditivos correspondentes à aplicação final. Pode ser adequado a diversos processos de moldagem, sua maleabilidade é passível de ser controlada, além de sua resina ser atóxica e inerte (TEIXEIRA, 2013).

A maior aplicação do PVC no Brasil é no setor de construção civil, como tubos rígidos e conexões, sendo que 62% da produção é destinada a este setor, já que ele apresenta ótima relação custo-benefício. O PVC tem ótimo desempenho em relação a outros materiais para o uso na construção civil justamente por sua relação custo-benefício, comportamento anti-chama, resistência química e física. Outras aplicações que podem ser citadas são: brinquedos, laminados flexíveis aplicados na área médica, calçados, filmes, laminados de embalagens, lacres e acessórios hospitalares. Estas diversas aplicações são provenientes justamente da facilidade de utilização de aditivos à resina (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

2.3 Histórico

Em 1835, iniciou-se o desenvolvimento das resinas de PVC com o descobrimento do monômero cloreto de vinila (MVC), por Justus von Liebig, um gás à temperatura ambiente com ponto de ebulição igual a $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. A descoberta foi feita por meio da reação do dicloroetileno com hidróxido de potássio em solução alcoólica (RODOLFO JR. *et al.*, 2006). Porém, foi Victor Regnault, em 1839, o responsável pela publicação de um artigo relatando a observação da ocorrência de um pó branco após a exposição de ampolas seladas preenchidas com o gás MVC, após exposição à luz solar. Regnault pensou que esse pó fosse PVC, mas estudos indicaram tratar-se de poli(cloreto de vinilideno) (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

Em 1872, ocorreu o primeiro relato da polimerização do MVC e obtenção do PVC, E. Baumann detalhou a mudança do MVC induzida pela luz para um produto sólido branco, que imaginou ser um isômero do monômero. As propriedades dessa substância, descritas por ele, coincidem com as propriedades apresentadas pelo PVC.

Em 1912, Fritz Klatte, na empresa em que trabalhava, a Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, descobriu os meios para a produção comercial do MVC por intermédio da chamada rota do acetileno, pela reação desse gás com o cloreto de hidrogênio. Em 1915, Klatte também

descobriu a polimerização do MVC via radicais livres, por meio de iniciadores tipo peróxidos orgânicos. No período de 1912 a 1926, a indústria alemã Chemische Fabrik Griesheim Elektron não obteve sucesso na tentativa de construir equipamentos capazes de processar o PVC, apesar de sua instabilidade térmica, tal fato abriu caminho para que outras empresas passassem a tentar produzi-lo (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

Em 1926, o pesquisador Doodrich W. Semon descobriu que ao misturar o PVC com tricresil fosfato ou dibutil ftalato, conhecidos como plastificantes, ele se tornava altamente flexível e com o aspecto borrachoso. Esse foi o primeiro elastômero termoplástico, muito importante para recobrir fios e cabos elétricos durante a crise da borracha ocorrida ao longo da Segunda Guerra Mundial e, atualmente, ainda é utilizado nesse segmento (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

Para resolver o problema da baixa estabilidade ao calor, posteriormente, uma série de compostos organometálicos e sais foram desenvolvidas, baseados principalmente em cádmio, chumbo, bário, cálcio, estanho e zinco, contendo propriedades de estabilização dos intermediários responsáveis pelas reações de degradação térmica. Atualmente, esses aditivos são conhecidos como estabilizantes térmicos (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

Nos anos 20, ocorreu a primeira produção comercial do PVC nos Estados Unidos. A Alemanha conseguiu produzi-lo nos anos 30, enquanto a Inglaterra teve início nos anos 40. Em 1954, a produção comercial teve início no Brasil, em uma planta química construída mediante a associação da B. F. Goodrich (EUA) e das Indústrias Químicas Matarazzo, utilizando tecnologia da primeira. Essa planta foi modernizada e hoje é uma das unidades industriais da Braskem (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

2.4 Braskem

A Braskem nasceu em 2002 através da integração de seis empresas (Copene, OPP, Trikem, Proppet, Nitrocarbono e Polialden) da Organização Odebrecht e do Grupo Mariani. Já iniciou suas atividades como petroquímica líder na América Latina, com 13 unidades industriais, escritórios e bases no Brasil, Estados Unidos e Argentina. Hoje é a maior produtora de resinas termoplásticas nas Américas e a maior produtora de polipropileno nos Estados Unidos. Com foco na produção de resinas poli(etileno), poli(propileno) e poli(cloreto de vinila), além de insumos químicos básicos. Compõe um dos portfólios mais completos do mercado, ao incluir, também, o exclusivo poli(etileno) verde, produzido a partir da cana-de-açúcar, de origem 100% renovável (BRASKEM,2015).

A Braskem tem importante participação em inúmeras cadeias produtivas e é essencial ao desenvolvimento econômico, pois está inserida no setor químico e petroquímico. A empresa busca soluções sustentáveis para a melhoria da vida das pessoas em diversos setores (BRASKEM, 2015).

A empresa é composta por 8.000 integrantes e possui 40 unidades industriais: 29 no Brasil, nos estados de Alagoas, Bahia, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo. Cinco estão nos Estados Unidos, duas na Alemanha e quatro no México. Possui clientes em mais de 70 países, em todos os continentes. Sua capacidade de produção é de mais de 20 milhões de toneladas/ano de resinas termoplásticas e outros produtos químicos. (BRASKEM, 2016).

2.5 Produção

Segundo a ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química, as empresas BRASKEM e SOLVAY INDUPA são as únicas produtoras de MVC no Brasil. O produto é fabricado apenas para consumo próprio das empresas, como matéria-prima para fabricação do PVC, produto disponível para exportação.

2.6 Obtenção do MVC

2.6.1 Rotas de obtenção do MVC

1. Rota do Eteno/Cloro

Essa rota é uma das mais utilizadas atualmente no mundo e é baseada em processo balanceado, ou seja, todos os intermediários e subprodutos são reciclados garantindo que a produção final seja apenas MVC como produto final (DIMIAN e BILDEA, 2008). O processo pode ser dividido em 3 etapas principais apresentadas a seguir:

- 1) Cloração direta do eteno para 1,2 dicloroetano (DCE):



Essa reação acontece normalmente entre 50 °C e 70 °C e pressões de 4 a 5 atm nos processos em fase líquida (NASS e HEIBERGER, 1986). Para fases gasosas a faixa de temperatura sobe para a faixa de 90 °C a 130 °C e as pressões de 8 a 10 atm (NASS e HEIBERGER, 1986).

2) Pirólise (craqueamento térmico) do DCE para o MVC:



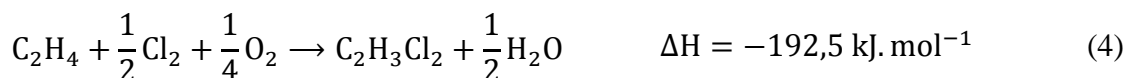
Essa etapa é composta de um mecanismo complexo de reações. A reação endotérmica é realizada em altas temperaturas, entre 480 °C e 550 °C, e pressões de 3 a 30 atm (DIMIAN e BILDEA, 2008). Para aumentar o rendimento, aumenta-se o custo do processo, por isso é mais econômico recuperar e reciclar o DCE dentro do próprio processo.

3) Recuperação do HCl e oxicloração do eteno ao DCE:



A oxicloração ocorre em temperaturas que variam de 220°C a 300°C. Nessa etapa, o eteno e o HCl proveniente do reciclo reagem com o oxigênio para formar DCE e água e o cloreto cúprico (CuCl_2) é utilizado como catalisador, suportado em alumina (AZAPAGIC *et. al.*, 2004).

A equação global do processo pode ser definida como:



2. Rota do Acetileno

Até a década de 1960, essa foi a rota mais usada para a produção de MVC, mas atualmente, somente a China tem essa rota como principal (NASS e HEIBERGER, 1986). A obtenção do MVC por essa rota consiste em reagir o acetileno com o cloreto de hidrogênio na presença de cloreto de mercúrio como catalisador.

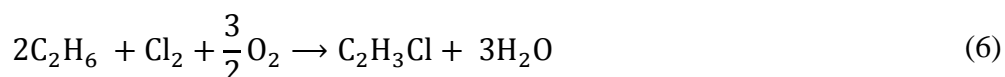
O rendimento e a conversão dessa rota são na faixa de 95% a 99%. O processo ocorre em um intervalo de temperatura de 90°C a 140°C com pressão de aproximadamente 1,5 atm (BOWEN e MARK, 1989 *apud* DRY *et. al.*, 2003). A obtenção de MVC pode ser descrita pela reação a seguir:



O maior problema dessa rota é que o catalisador de cloreto de mercúrio é muito tóxico. Sua volatilidade é tão alta que dificulta o processo (DRY *et al.*, 2003). Outro fator é que o acetileno tem um alto custo o que torna o processo inviável.

3. Rota do Etano

Essa é a rota onde se faz mais pesquisas atualmente pois é mais econômica se comparada com a rota tradicional de processo balanceado eteno/cloro. Suas vantagens são que o etano é mais barato que o eteno e a conversão do etano ao MVC ocorre em uma única etapa de oxicloração e a taxa de conversão chega a 90% (CLEGG e HARDMAN, 1998). O etano é cerca de um terço mais barato que o eteno e é obtido do petróleo e do gás natural, e a maior parte dessas matérias primas é destinada para a produção de eteno. A obtenção de MVC por essa rota pode ser descrita pela reação a seguir:



Apesar de ser a melhor rota ela ainda é industrialmente inviável. Essa reação leva à formação de produtos economicamente não viáveis e muitos subprodutos clorados que são de difícil descarte e aproveitamento. Outro grande problema é a seletividade da reação pois o sistema catalítico que torna a reação viável é muito complexo e isto aumenta muito o custo de produção (CLEGG e HARDMAN, 1998).

4. Rota Escolhida

A rota escolhida para o presente projeto é uma combinação do craqueamento térmico do dicloroetano a partir da cloração direta do eteno. O processo pode ser exemplificado pela reação a seguir:



A principal vantagem dessa rota é que ela é composta de apenas duas etapas. A taxa de conversão do eteno para DCE em uma reação exotérmica é de 98%, a 90 °C, com um catalisador Friedel-Crafts como cloreto férrico (FeCl_3) e este intermediário é, então, convertido ao MVC por pirólise em uma reação que ocorre espontaneamente a 500 °C com uma conversão maior que 65%. Nesse processo, se assume que todo o dicloroetano é transformado em MVC e ácido clorídrico, sendo este recuperado e refluxado. Portanto, nesse processo o DCE não é produzido em quantidades significativas, mas sua principal desvantagem é a produção de HCl (SEIDER *et al.*, 2008).

2.6.2 Matérias Primas

1. Cloro

O cloro compõe cerca de 57% da resina de PVC (INSTITUTO DO PVC, 2017) e sua principal forma de obtenção é por meio da eletrólise do cloreto de sódio (sal marinho) em

meio aquoso, ou seja, na forma de salmoura altamente saturada. O gás cloro é liberado no anodo da célula eletrolítica, enquanto que o hidróxido de sódio e gás hidrogênio são produzidos no cátodo (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

O cloro torna o PVC mais eficiente em termos energéticos devido à sua quantidade significativa na composição do polímero. Além disso, o cloro fornece algumas características importantes ao PVC como a propriedade de não propagar chamas e a de funcionar como isolante térmico (SUMMERS, 1997).

Existem ainda, três processos comerciais para a produção de cloro: processo do amálgama de mercúrio, o processo do diafragma de amianto e o processo de membrana (RODOLFO JR. *et al.*, 2006). Esses processos diferem entre si na forma em que o cloro, liberado no anodo, é mantido separado da soda cáustica e do hidrogênio, produzidos direta ou indiretamente no catodo (SOUZA,2012). O processo do amálgama de mercúrio tem liberação de mercúrio para a água e para o mar, sendo esse processo condenado e cada vez menos utilizado. O processo de diafragma de amianto é mais seguro ambientalmente mas, ainda há a liberação de cloro e hidrogênio, o manuseio e a disposição do diafragma também tornam o processo complicado. O processo de membrana é o processo mais adequado por possuir o menor impacto ambiental (RODOLFO JR. *et al.*, 2006).

No Brasil, 63% da produção de cloro é feito por diafragma. O processo por amálgama de mercúrio corresponde a 14% e o processo de membrana 23% (ABICLOR, 2017).

2. Eteno

O eteno ou etileno é obtido pela indústria petroquímica a partir de petróleo, gás natural ou etanol. Essas matérias primas contêm partes de hidrocarbonetos leves, particularmente o etano, propano e butano, os quais são convertidos em eteno e propeno (RODOLFO JR. *et al.*, 2006). O processo de obtenção de eteno é principalmente por craqueamento que consiste na desidrogenação e quebra das moléculas dos hidrocarbonetos saturados.

O Brasil ainda dispõe da tecnologia de produzir eteno a partir do álcool da cana-de-açúcar, esse tipo de eteno é conhecido como eteno verde (BRASKEM, 2017).

2.7 Análise HAZOP

A técnica sobre Estudo de Perigo e Operabilidade - HAZOP, do inglês, *Hazard and Operability Studies*, foi desenvolvida pelas Indústrias Químicas Imperial (*Imperial Chemical Industries* - ICI) na década de 1960 e seu uso e desenvolvimento foi encorajado pelo Guia da Associação de Indústrias Químicas (CIA), publicado em 1977. Desde então esta começou a ser muito utilizada para o desenvolvimento e design de novos processos e operações (CRAWLEY *et al.*,2000). É uma técnica muito eficaz de se detectar potenciais problemas de operação e por isso pode ser aplicada de diferentes formas dentro de um processo industrial, antes e depois do início da operação.

HAZOP tem como finalidade a identificação de possíveis perigos e problemas operacionais. O estudo HAZOP auxilia na redução dos perigos na instalação e a probabilidade de atrasos no processo (HAZOP, 2000). Cada linha ou equipamento da instalação é examinada sistematicamente por um grupo de especialistas que utiliza uma diversidade de habilidades. Usando uma série de perguntas “e se” esse grupo de especialistas é capaz de identificar eficazmente os problemas das operações e com isso, recursos são economizados (HAZOP, 2000) e ações corretivas são tomadas a fim de eliminar ou reduzir os riscos, perigos e problemas de operabilidade.

O estudo HAZOP é sistemático e rigoroso ao mesmo tempo que é aberto e criativo. Isto é feito a partir da combinação de palavras-chave estabelecidas em combinação com os parâmetros do sistema para buscar importantes desvios no design do processo. Os especialistas se concentram em desvios que podem potencialmente levar a potenciais perigos à segurança, na saúde e ambientais (HAZOP, 2000).

Em um primeiro momento, o grupo cria um modelo conceitual do sistema ou operação utilizando qualquer material relevante como documentos, detalhamento do projeto, esboço das operações do sistema, fichas de segurança dos materiais e relatórios prévios de estudo de riscos. Perigos e potenciais problemas de operação são, então, analisados e procurados considerando possíveis desvios do processo desejado. Para um determinado desvio, a equipe pode sugerir uma possível causa e as consequências são estimadas através da experiência da equipe e/ou da equipe de segurança, se existir. Onde o grupo considerar que existe um risco não-trivial ou que necessite de uma investigação mais profunda, um registro formal é gerado para permitir que esse risco seja acompanhado com maior atenção em um outro momento. A equipe continua então com a análise (CRAWLEY *et al.*,2000).

A validação da análise também depende de uma equipe composta de pessoas capacitadas, da precisão das informações usadas e na qualidade do design do processo. A

intenção do HAZOP não é reprojeter o processo, contudo, algumas ações resultam na necessidade de mudanças o que pode gerar alguns problemas na intenção original do processo (CRAWLEY *et al.*,2000).

O estudo HAZOP é normalmente um estudo qualitativo embora uma análise quantitativa possa ser utilizada para que a equipe tome alguma decisão e ação. Além disso, o HAZOP pode identificar problemas que necessitem de uma análise quantitativa posterior (CRAWLEY *et al.*,2000).

Apesar de tudo, esse estudo não é infalível, pois, não consegue identificar todos os riscos e perigos possíveis que podem surgir durante a operação. Por isso, uma equipe qualificada, um exame sistemático e imaginativo é crucial para um HAZOP de alta qualidade. Além disso, o estudo só será eficaz de fato se os problemas identificados são resolvidos e as ações corretivas forem colocadas em prática (CRAWLEY *et al.*,2000).

3 CRITÉRIOS DE PROJETO

3.1 Critérios gerais

Os critérios gerais para o projeto são:

- fator de operação igual a 8000 horas por ano;
- capacidade anual de processamento de $5,808 \cdot 10^6$ kgmoles de eteno;
- capacidade anual de processamento de $5,803 \cdot 10^6$ kgmoles de cloro;
- capacidade mínima de operação de 60% da capacidade projetada;
- sobredimensionamento dos equipamentos:
 - bomba: 120%;
 - colunas de destilação: 120%;
 - trocadores de calor: 110%;
- coeficientes de formação de crostas:
 - água de refrigeração: $0,0003 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}/\text{kcal}$;
 - ácido clorídrico: $0,00017 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}/\text{kcal}$;
 - hidrocarbonetos leves (monocloreto de vinila, dicloroetano, etileno): $0,00023 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}/\text{kcal}$;
 - vapor d'água: $0,00015 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}/\text{kcal}$.

3.2 Condições no limite de bateria

Tabela 1. Condições de entrada na planta.

Entrada	T (°C)	P (atm)
Eteno	25	1,5
Cloro	25	1,5

Tabela 2. Condições de saída da planta.

Saída	T (°C)	P (atm)
MVC	25	3,95
HCl	-22	11,15

3.3 Critérios de desenho dos equipamentos

3.3.1 Reatores

No primeiro reator R-1, ocorre a cloração do eteno (1), na presença de cloreto de ferro (III) como catalisador, formando 1,2-dicloroetano (DCE). A reação entre o cloro e o eteno, nas condições de processamento (90°C e 1,5 atm) é de 98%. Os outros 2% restantes são convertidos em subprodutos indesejados como o triclorometano. Esta perda é desprezada neste processo, assumindo-se, assim, conversão de 100% (SEIDER,).

No forno F-1, na etapa de pirólise (2), ocorre o craqueamento do DCE em cloreto de hidrogênio (HCl) e em cloreto de vinila (MVC), o produto de interesse.

Tabela 3. Constante de velocidade para as etapas de cloração direta e pirólise (DRY *et al.*, 2003;DIMIAN, 2008).

	Reação de cloração direta	Reação de pirólise
Constante de velocidade k ($\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)	0,132	0,00144

3.3.2 Colunas de destilação

A primeira coluna de destilação C-1 tem por objetivo a separação da corrente de cloreto de vinila, dicloroetano e cloreto de hidrogênio vinda do forno de pirólise, retirando o HCl. A segunda coluna tem a finalidade de retirar o dicloroetano da corrente proveniente da primeira coluna, obtendo MVC com pureza de 99,89%. O dimensionamento da coluna vem definido pelas especificações de qualidade do produto MVC.

3.3.3 Bomba

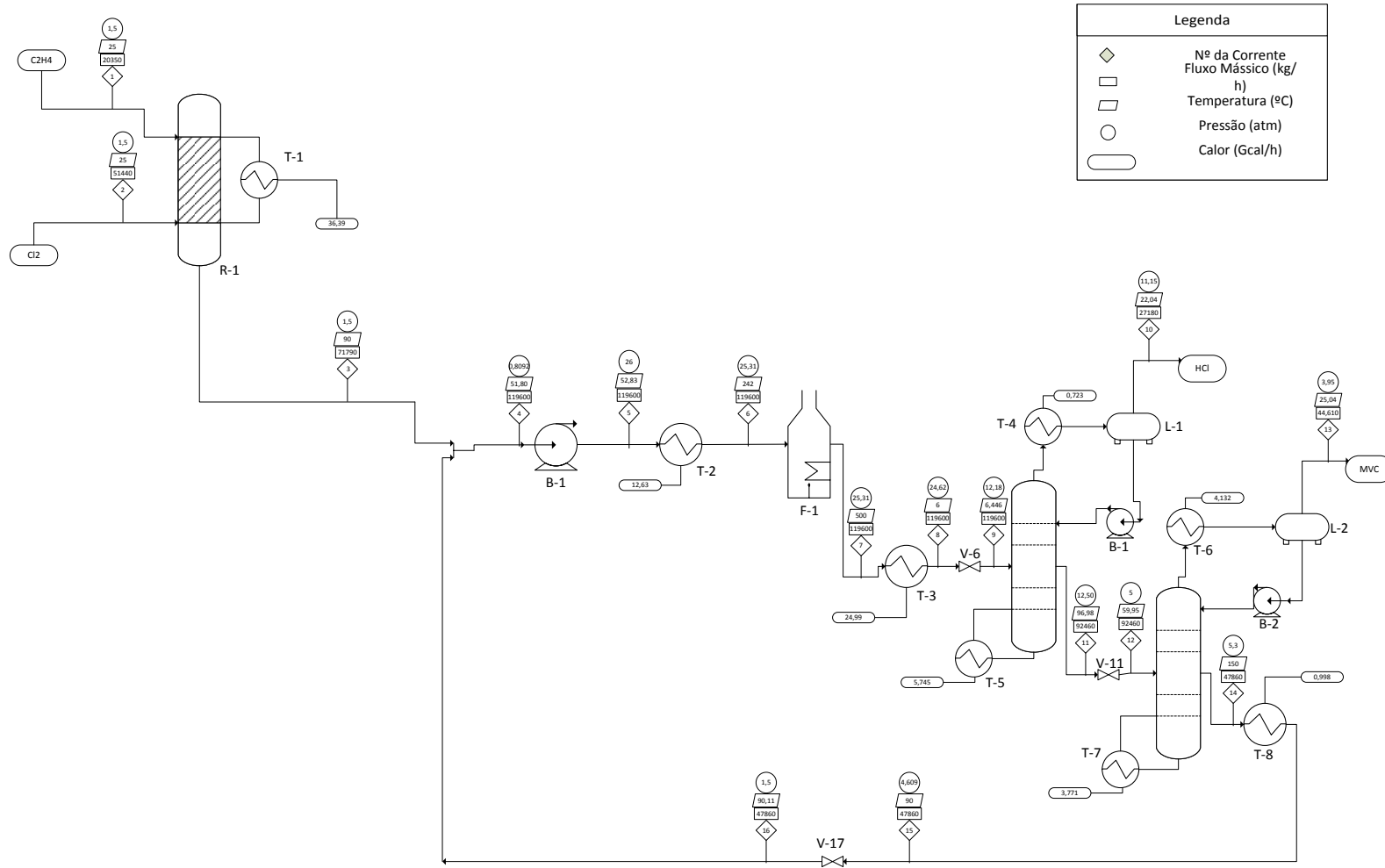
A bomba B-1 possui eficiência igual à 80% e tem o intuito de impulsionar o líquido que sai do misturador, levando-o para o reator de pirólise na pressão requisitada de 26 atm.

3.4 Descrição do Processo

O processo é alimentado por duas correntes, uma de eteno e outra de cloro, com vazões mássicas iguais a 20350,2 kg/h e 51437,4 kg/h, respectivamente. Ambas as correntes estão a 25 °C e 1,5 atm. O cloro e o eteno são direcionados para o reator de R-1, que está a 90 °C e 1,5 atm, onde acontece a etapa do processo designada de cloração direta. A corrente de saída do R-1 de dicloroetano é misturada com o reciclo vindo do final do processo, e a corrente resultante é encaminhada para a bomba B-1. Esta bombeia o dicloroetano líquido para o trocador de calor T-1, e esta corrente sofre aumento de pressão para 26 atm e de temperatura para 242°C para entrar no forno de pirólise em condições de processo adequadas. A pirólise do dicloroetano ocorre à 500 °C. Depois de craqueado, este dá origem ao cloreto de vinila, que vai ter sua temperatura reduzida de 500°C para 6°C pelo

trocador de calor T-3 e despressurizado pela válvula FCV-7. Seguindo o processo, o cloreto de vinila contaminado pelos reagentes e pelo outro produto do craqueamento, o HCl, é purificado por meio da coluna de destilação C-1 e boa parte do HCl é retirado e sai como produto da planta. A corrente de cloreto de vinila parcialmente purificada é despressurizada de 12 para 5 atm e encaminhada para a coluna de destilação C-2, onde há a separação entre o MVC e o dicloroetano, que é reciclado para o processo. O cloreto de vinila, produto final desejado da planta sai com pureza de 99,89% e vazão mássica de 44606,4 kg/h.

3.4.1 Diagrama de processo da produção



3.5 Bases gerais do projeto

Vapor d'água:

- Média pressão: 190 °C
- Alta pressão: 250 °C

Água de refrigeração:

- Temperatura de fornecimento: 28 °C
- Temperatura de retorno: 45 °C
- Pressão de projeto: 7 kg/cm²

Fluido de refrigeração: etileno

- Temperatura: -48,35 °C

Projeto de equipamentos:

- Torres: pratos do tipo válvula.
- Comprimento de tubo recomendado em trocadores de 6.100 mm exceto em trocadores pequenos.

4 FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO

4.1 Balanço de massa e energia

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA				
UNIDADE :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				Pág.	1	de	8	
R	BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA									
e	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES									
v	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES									
1	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES									
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO									
3	Nº DE CORRENTE		1	2	3	4				
4	DESCRIÇÃO		ALIMENTAÇÃO ETILENO	ALIMENTAÇÃO CLORO	SAÍDA DE R-1	ENTRADA EM B-1				
5										
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ²	1,55	1,55E+00	1,55E+00	1,55E+00				
7	TEMPERATURA	°C	2,50E+01	2,50E+01	9,00E+01	9,00E+01				
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	2,04E+04	5,14E+04	7,18E+04	1,20E+05				
9	% VAPOR	%p	1,00E+02	1,00E+02	0,00E+00	0,00E+00				
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	2,04E+04	5,14E+04	0,00E+00	0,00E+00				
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-				
12	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-				
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	2,04E+04	5,14E+04	-	-				
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	7,18E+04	1,20E+05				
15	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-				
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	7,18E+04	1,20E+05				
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	9,06E+00	-2,03E-02	2,74E+01	-4,56E+01				
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	1,00E+02	-	-				
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-				
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-				
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)									
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	1,1728E+04	1,16E+04	-	-				
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	1,6134E+04	1,60E+04	-	-				
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	28,0538	70,9057	-	-				
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	1,7352	4,4252	-	-				
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	1,2612	3,2109	-	-				
27	VISCOSIDADE @T	cP	1,0194E-02	1,37E-02	-	-				
28	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	1,8453E-02	7,92E-03	-	-				
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	3,77E-07	1,17E-07	-	-				
30	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE @P,T	~	0,991	0,982	-	-				
31	Cp / Cv	~	1,242	1,343	-	-				
32	ENTALPIA	Gcal/h	9,061	0,020	-	-				
33	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)									
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	-	62,99	105				
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	57,39	-				
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	-	-	1,140E+03	1,14E+04				
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	1,251E+03	1,251E+03				
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	-	-	0,327	0,327				
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	0,461	0,461				
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	0,303	0,303				
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	0,225	0,225				
42	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	0,094	0,094				
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	3,300E-07	3,300E-07				
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	-	22,3	22,3				
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	-	-	-	-				
46	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	27,35	-45,580				
47	MISCELÂNEOS									
48										
49										
50										
51										
52										
53	NOTAS :									
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais								
55										
56										
57										
58										
	Rev.	Por								
	Data	Aprovado								

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA			
UNIDADE :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						Pág.	2	de	8
R	BALANÇO DE CALOR E MASSA										
e											
v											
1	COMPOSIÇÃO										
2	Nº CORRENTE	1		2		3		4			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	ETILENO	100	100	-	-	-	-	-	-		
5	CLORO	-	-	100	100	-	-	-	-		
6	DICLOROETANO	-	-	-	-	100	100	100	100		
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	Água										
44	Total										
45	Vazão total seca (kg/h)										
46	Vazão total seca (kmol/h)										
47	Vazão total úmida (kg/h)										
48	Vazão total úmida (kmol/h)										
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

PROJETO : PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA				
UNIDADE : PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		Pág.	3	de	8	
R	BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA					
e	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES					
v	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES					
1	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES					
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO					
3	Nº DE CORRENTE					
4						
5	DESCRIÇÃO					
6	PRESSÃO (1)	kg/cm ²	26,86	26,15	26,15	25,44
7	TEMPERATURA	°C	91,28	242,00	500,00	6,00
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	119600,00	119600,00	119600,00	119600,00
9	% VAPOR	%p	0,00	100,00	100,00	0,00
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	0,00	119600,00	119600,00	0,00
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-
12	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	119600,00	119600,00	-
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	119600,00	0,00	0,00	119600,00
15	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	119600,00	-	-	119600,00
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-45,49	-32,86	-10,59	-35,59
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)					
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	1,448E+03	4,799E+03	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-			
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	98,95	61,85	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	82,61	24,93	
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-			
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	1,671E-02	2,89E-02	
28	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	1,957E-02	3,55E-02	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	3,220E-07	3,09E-07	
30	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE @P,T	~	-	0,717	0,9897	
31	Cp / Cv	~	-	1,333	1,136	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-32,860	-10,59	
33	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)					
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	1,05E+02	-	-	1,112E+02
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1,141E+03	-	-	1,076E+03
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,324	-	-	0,289
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	
42	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,094	-	-	0,105
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	3,286E-07	-	-	3,41E-07
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	22,12	-	-	17,58
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	-	-	-	
46	ENTALPIA	Gcal/h	-45,4900	-	-	-35,590
47	MISCELÂNEOS					
48						
49						
50						
51						
52						
53	NOTAS :					
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais				
55						
56						
57						
58						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA			
UNIDADE :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						Pág.	4	de	8
R	BALANÇO DE CALOR E MASSA										
e											
v											
1	COMPOSIÇÃO										
2	Nº CORRENTE	5		6		7		8			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	CLORETO DE VINILA	-	-	-	-		37,5		37,5		
5	HCl	-	-	-	-		37,5		37,5		
6	DICLOROETANO	100	100	100	100		25		25		
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	Água										
44	Total										
45	Vazão total seca (kg/h)										
46	Vazão total seca (kmol/h)										
47	Vazão total úmida (kg/h)										
48	Vazão total úmida (kmol/h)										
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

PROJETO : PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA				
UNIDADE : PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		Pág.	5	de	8	
R	BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA					
e	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES					
v	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES					
1	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES					
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO					
3	Nº DE CORRENTE					
4						
5	DESCRIÇÃO					
6	PRESSIONÃO (1)	kg/cm ²	ENTRADA DE C-1	SAÍDA DE HCl	ENTRADA DE V-11	ENTRADA DE C-2
7	TEMPERATURA	°C	12,59	11,52	12,92	5,17
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	6,45	-22,05	96,97	59,95
9	% VAPOR	%p	119600,00	27180,00	92460,00	92460,00
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	0,00	100,00	0,00	23,09
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	0,00	27180,00	0,00	17760,00
12	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	17760,00
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	119600,00	0,00	92460,00	74700,00
15	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	119600,00	-	92460,00	74700,00
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-35,59	-16,26	-14,31	-14,31
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	100,00	-	-
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)					
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	-	1,209E+03	-	1,396E+03
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm ³ /h	-	-	-	-
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	36,89	-	64,23
25	DENSIDADE @P,T	kg/m ³	-	22,47	-	12,73
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm ³	-	-	-	-
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	1,173E-02	-	1,077E-02
28	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	1,314E-02	-	1,167E-02
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	2,249E-07	-	9,68E-01
30	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE @P,T	~	-	0,888	-	9,230E-01
31	Cp / Cv	~	-	1,574	-	1,216
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-16,260	-	1,864
33	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)					
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m ³ /h	1,115E+02	-	99,61	7,218E+01
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m ³ /h	-	-	-	-
36	DENSIDADE @T	kg/m ³	1,073E+03	-	9,282E+02	1,035E+03
37	DENSIDADE @15°C	kg/m ³	-	-	-	-
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	0,288	-	0,191	0,273
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C	cSt	-	-	-	-
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C	cSt	-	-	-	-
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C	cSt	-	-	-	-
42	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	0,105	-	7,9460E-02	9,55E-02
43	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	3,429E-07	-	3,79E-07	3,38E-07
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	17,51	-	11,780	18,43
45	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm ² a	-	-	-	-
46	ENTALPIA	Gcal/h	-35,5900	-	-14,31	-16,170
47	MISCELÂNEOS					
48						
49						
50						
51						
52						
53	NOTAS :					
54	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais				
55						
56						
57						
58						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA			
UNIDADE :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						Pág.	6	de	8
R	BALANÇO DE CALOR E MASSA										
e											
v											
1	COMPOSIÇÃO										
2	Nº CORRENTE	9		10		11		12			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	CLORETO DE VINILA		37,5		-		59,56		59,56		
5	HCl		37,5		100		-		-		
6	DICLOROETANO		25		-		40,37		40,37		
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	Água										
44	Total										
45	Vazão total seca (kg/h)										
46	Vazão total seca (kmol/h)										
47	Vazão total úmida (kg/h)										
48	Vazão total úmida (kmol/h)										
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA			
UNIDADE :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				Pág. 7		de 8	
R	BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA								
v	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES								
1	DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES								
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO								
3	Nº DE CORRENTE		13		14		15		16
4	DESCRIÇÃO		SAÍDA DE MVC		ENTRADA DO T-8		ENTRADA DE V-17		REFLUXO
5									
6	PRESSÃO (1)		kg/cm ²		4,08		5,48		4,76
7	TEMPERATURA		°C		25,04		150,00		90,00
8	VAZÃO TOTAL		kg/h		44610,00		47860,00		47860,00
9	% VAPOR		%p		0,00		0,00		0,00
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR		kg/h		0,00		0,00		0,00
11	INCONDENSÁVEIS (N2,...)		kg/h		-		-		-
12	VAPOR DE ÁGUA		kg/h		-		-		-
13	HIDROCARBONETOS		kg/h		-		-		-
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO		kg/h		44610,00		47860,00		47860,00
15	ÁGUA LIVRE		kg/h		-		-		-
16	HIDROCARBONETOS		kg/h		44610,00		47860,00		47860,00
17	ENTALPIA TOTAL		Gcal/h		2,56		-17,23		-18,23
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS		% p / ppm p		-		-		-
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE		%		-		-		-
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA		Micras		-		-		-
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)								
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T		m ³ /h		-		-		-
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)		Nm ³ /h		-		-		-
24	PESO MOLECULAR		kg/kmol		-		-		-
25	DENSIDADE @P,T		kg/m ³		-		-		-
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)		kg/Nm ³		-		-		-
27	VISCOSIDADE @T		cP		-		-		-
28	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m °C		-		-		-
29	CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C		-		-		-
30	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE @P,T		~		-		-		-
31	Cp / Cv		~		-		-		-
32	ENTALPIA		Gcal/h		-		-		-
33	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)								
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T		m ³ /h		4,978E+01		4,6100E+01		41,98
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C		m ³ /h						
36	DENSIDADE @T		kg/m ³		8,961E+02		1,038E+03		1,140E+03
37	DENSIDADE @15°C		kg/m ³						1,139E+03
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T		cSt		0,1984		0,216		0,327
39	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @50 °C		cSt						
40	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @100°C		cSt						
41	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @150°C		cSt						
42	CONDUTIVIDADE TÉRMICA @T		kcal/h m °C		0,105		7,894E-02		9,4070E-02
43	CALOR ESPECÍFICO @T		kcal/kg °C		3,575E-07		3,680E-07		3,297E-07
44	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T		dinas/cm		14,99		14,430		22,290
45	PRESSÃO DE VAPOR @T		kg/cm ² a						22,28
46	ENTALPIA		Gcal/h		2,5570		-17,230		-18,23
47	MISCELÂNEOS								
48									
49									
50									
51									
52									
53	NOTAS :								
54	(1) A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais								
55									
56									
57									
58									
	Rev.	Por							
	Data	Aprovado							

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA			
UNIDADE :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC						Pág.	8	de	8
R	BALANÇO DE CALOR E MASSA										
e											
v											
1	COMPOSIÇÃO										
2	Nº CORRENTE	13		14		15		16			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	CLORETO DE VINILA		100		-		-		-		
5	HCl		-		-		-		-		
6	DICLORETANO		-		100		100		100		
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43	Água										
44	Total										
45	Vazão total seca (kg/h)										
46	Vazão total seca (kmol/h)										
47	Vazão total úmida (kg/h)										
48	Vazão total úmida (kmol/h)										
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

4.2 Colunas de destilação

PROJETO		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO		C-1		
UNIDADE :		COLUNA C-1				Pág.	1	de	2	
R	RECIPIENTES VERTICAIS									
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
2	EQUIPAMENTO Nº	C-1								
3	SERVIÇO	SEPARAÇÃO DO MVC DO HCL + DCE								
4	CONDIÇÕES					PRESSÃO (kg/cm ² g)		TEMPERATURA (°C)		
5	POSIÇÃO (1)					Topo	Fundo	Topo	Fundo	
6	DE OPERAÇÃO NORMAL					11,62	12,86	-5,49	82,25	
7	DE DESENHO MECÂNICO					13,48	14,66	24,51	112,25	
8	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)									
9	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO									
10	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)									
11	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO									
12	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO					ESQUEMA				
13	FLUÍDO				HIDROCARBONETO+ HCL					
14	COMPOSTOS. CORROSIVOS				SIM					
15	TEOR (% / ppm p)				-					
16	DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m ³)									
17	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m ³)									
18	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)									
19	MATERIAL									
20		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico						
21	Envolvente	AC	3 mm	-						
22	Fundo	AC	3 mm	-						
23	Internos	AC	3 mm	-						
24	Pratos	AC	3 mm	-						
25	Isolamento		-							
26	CONEXÕES									
27	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	Serviço					
28	A				SAÍDA DO CONDENSADOR					
29	B				PURGA DE VAPOR					
30	C				SAÍDA PARA REFERVEDOR					
31	D				PURGA DE LÍQUIDO					
32	E				INDICADOR DE NÍVEL INFERIOR					
33	F				INDICADOR DE NÍVEL SUPERIOR					
34	G				BOCAL DE INSPEÇÃO					
35	H				ALIMENTAÇÃO					
36	I				ENTRADA DE REFLUXO					
37	J				INDICADOR DE TEMPERATURA					
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50					Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...					
51	NOTAS :									
52	(1)	Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal e em desenho.								
53										
54										
55										
56										
57										
58										
	Rev.	Por								
	Data	Aprovado								

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO n				
	UNIDADE :	COLUNA C-1				Pág.	2 de 2			
R e v	PRATOS / RECHEIOS									
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
2	EQUIPAMENTO Nº	C-1								
3	SERVIÇO / CASO DE DESENHO :	Separação do MVC do HCl + DCE								
4	SEÇÕES DE FRACIONAMENTO (1)									
5	SEÇÃO		ENRIQUECIMENTO			ESGOTAMENTO				
6	DE PRATO REAL / A PRATO REAL		DE	1	A	5	DE	6	A	16
7	PRESSÃO, P	kg/cm ¹		11,62		11,95		12,03		12,86
8	PERDA DE PRESSÃO ADMISSÍVEL	kg/cm ²		0,33				0,83		
9	NÚMERO DE PRATOS TEÓRICOS	-						16		
10	CALOR RETIRADO NA SEÇÃO (2)	Gcal/h		0,000267				7,12		
11	VAPOR AO PRATO									
12	VAZÃO MÁSSICA	kg/h		3,48E+04		3,41E+04		3,50E+04		8,16E+04
13	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h		1,56E+03		1,58E+03		1,61E+03		1,56E+03
14	DENSIDADE @ P,T	Kg/m ³		2,23E+01		2,16E+01		2,18E+01		5,24E+01
15	VISCOSIDADE @ T	cP		1,92E-01		2,93E-01		2,91E-01		1,78E-01
16	TEMPERATURA, T	°C		-1,36E+01		7,81E+00		8,45E+00		8,44E+01
17	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%								
18	LÍQUIDO DO PRATO									
19	VAZÃO MÁSSICA	kg/h		7,58E+03		1,27E+05		1,28E+05		1,73E+05
20	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h		7,61E+00		1,20E+02		1,20E+02		1,96E+02
21	DENSIDADE @ T	kg/m ³		9,96E+02		1,06E+03		1,06E+03		8,82E+02
22	VISCOSIDADE @ T	cSt		1,92E-01		2,93E-01		2,90E-01		1,78E-01
23	TENSÃO SUPERFICIAL @ P,T	Dinas/cm		1,30E+01		1,69E+01		1,68E+01		1,06E+01
24	TEMPERATURA, T	°C		-1,36E+01		7,81E+00		8,45E+00		8,44E+01
25	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%								
26	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA									
27	SYSTEM (FOAMING) FACTOR	-								
28	TENDÊNCIA AO FOULING (baixo/moderado/alto)	-								
29	COMP. CORROSIVOS / TEOR	% p / ppm p								
30	LIMITAÇÕES EM PROJETO DE PRATOS (3)									
31	JET FLOODING, MÁX.	%								
32	DOWNCOMER BACKUP, MÁX.	%								
33	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS (4)									
34	DIÂMETRO INTERIOR DA COLUNA	mm		1.500,00						
35	NÚMERO DE PRATOS	-		16,00						
36	DISTÂNCIA ENTRE PRATOS	mm		550,00						
37	NÚMERO DE PASSES POR PRATO	-								
38	TIPO DE PRATO (Perforado, válvulas,...)	-		VÁLVULAS						
39	ALTURA DE RECHEIO	mm								
40	TIPO DE RECHEIO	-								
41	NOTAS :									
42	(1)	Pratos numerado de cima para baixo. Dividir a coluna em seções com uma variação não superior a +/- 10% no tráfego de correntes. Especificar separadamente os pratos de alimentação e extração total ou parcial.								
43	(3)	Valor positivo é calor agregado, negativo calor retirado.								
44	(3)	Para revamps, flooding e downcomer backup máximos será objeto de recomendação/discussão com o vendedor.								
45	(4)	A confirmar por engenharia de detalhe/vendedor								
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.								
	Rev.	Por								
	Data	Aprovado								

PROJETO		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO nº		C-2		
UNIDADE		COLUNA C-2				Pág.	1	de	2	
R	RECIPIENTES VERTICAIS									
e										
v	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
1										
2	EQUIPAMENTO Nº	C-2								
3	SERVIÇO	Separação do MVC do HCl + DCE								
4	CONDIÇÕES				PRESSÃO (kg/cm ² g)		TEMPERATURA (°C)			
5	POSIÇÃO (1)				Topo	Fundo	Topo	Fundo		
6	DE OPERAÇÃO NORMAL				4,43	5,37	28,2	148,6		
7	DE DESENHO MECÂNICO				6,18	7,17	58,2	178,6		
8	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)									
9	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO									
10	À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)									
11	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO									
12	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA					
13	FLUÍDO			HIDROCARBONETO+ HCl						
14	COMPOSTOS. CORROSIVOS			SIM						
15	TEOR (% / ppm p)			-						
16	DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m3)									
17	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m3)									
18	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)									
19	MATERIAL									
20		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico						
21	Envoltive	AC	3 mm	-						
22	Fundo	AC	3 mm	-						
23	Internos	AC	3 mm	-						
24	Pratos	AC	3 mm	-						
25	Isolamento	-								
26	CONEXÕES				<p>Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...</p>					
27	SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA						Serviço
28	A									SAÍDA DO CONDENSADOR
29	B									PURGA DE VAPOR
30	C									SAÍDA PARA REFERVEDOR
31	D									PURGA DE LÍQUIDO
32	E									INDICADOR DE NÍVEL INFERIOR
33	F									INDICADOR DE NÍVEL SUPERIOR
34	G									BOCAL DE INSPEÇÃO
35	H									ALIMENTAÇÃO
36	I				ENTRADA DE REFLUXO					
37	J				INDICADOR DE TEMPERATURA					
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51	NOTAS :									
52	(1)	Para colunas e recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal e em desenho.								
53										
54										
55										
56										
57										
58										
	Rev.	Por								
	Data	Aprovado								

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO n				
	UNIDADE :	COLUNA C-2				Pág.	2 de 2			
R	PRATOS / RECHEIOS									
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO									
2	EQUIPAMENTO Nº	C-2								
3	SERVIÇO / CASO DE DESENHO :	SEPARAÇÃO DO MVC DO HCL + DCE								
4	SEÇÕES DE FRACIONAMENTO (1)									
5	SEÇÃO		ENRIQUECIMENTO			ESGOTAMENTO				
6	DE PRATO REAL / A PRATO REAL		DE	1	A	11	DE	12	A	25
7	PRESSÃO, P	kg/cm ¹		4,44		4,82		4,87		5,37
8	PERDA DE PRESSÃO ADMISSÍVEL	kg/cm ²		0,38				0,5		
9	NÚMERO DE PRATOS TEÓRICOS	-		25						
10	CALOR RETIRADO NA SEÇÃO (2)	Gcal/h		1,467				21,55		
11	VAPOR AO PRATO									
12	VAZÃO MÁSSICA	kg/h		5,49E+04		5,05E+04		3,35E+04		5,23E+04
13	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h		4,64E+03		4,28E+03		2,79E+03		3,21E+03
14	DENSIDADE @ P,T	kg/m ³		1,18E+01		1,18E+01		1,20E+01		1,63E+01
15	VISCOSIDADE @ T	cP		1,78E-01		2,79E-01		2,89E-01		2,27E-01
16	TEMPERATURA, T	°C		2,82E+01		6,06E+01		5,80E+01		1,49E+02
17	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%								
18	LÍQUIDO DO PRATO									
19	VAZÃO MÁSSICA	kg/h		1,05E+04		8,13E+04		8,03E+04		1,01E+05
20	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m ³ /h		1,18E+01		7,88E+01		7,73E+01		9,68E+01
21	DENSIDADE @ T	Kg/m ³		8,91E+02		1,03E+03		1,04E+03		1,04E+03
22	VISCOSIDADE @ T	cSt		1,78E-01		2,79E-01		2,89E-01		2,27E-01
23	TENSÃO SUPERFICIAL @ P,T	Dinas/cm		1,45E+01		1,83E+01		1,88E+01		1,46E+01
24	TEMPERATURA, T	°C		2,82E+01		6,06E+01		5,80E+01		1,49E+02
25	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%								
26	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA									
27	SYSTEM (FOAMING) FACTOR	-								
28	TENDÊNCIA AO FOULING (baixo/moderado/alto)	-								
29	COMP. CORROSIVOS / TEOR	% p / ppm p								
30	LIMITAÇÕES EM PROJETO DE PRATOS (3)									
31	JET FLOODING, MÁX.	%								
32	DOWNCOMER BACKUP, MÁX.	%								
33	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS (4)									
34	DIÂMETRO INTERIOR DA COLUNA	mm		1.500,00						
35	NÚMERO DE PRATOS	-		25,00						
36	DISTÂNCIA ENTRE PRATOS	mm		550,00						
37	NÚMERO DE PASSES POR PRATO	-								
38	TIPO DE PRATO (Perforado, válvulas,...)	-		VÁLVULAS						
39	ALTURA DE RECHEIO	mm								
40	TIPO DE RECHEIO	-								
41	NOTAS :									
42	(1)	Pratos numerado de cima para baixo. Dividir a coluna em seções com uma variação não superior a +/- 10% no tráfego de correntes. Especificar separadamente os pratos de alimentação e extração total ou parcial.								
43	(3)	Valor positivo é calor agregado, negativo calor retirado.								
44	(3)	Para revamps, flooding e downcomer backup máximos será objeto de recomendação/discussão com o vendedor.								
45	(4)	A confirmar por engenharia de detalhe/vendedor								
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.								
	Rev.	Por								
	Data	Aprovado								

4.3 Reator

PROJETO	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC			EQUIPAMENTO r	R-1		
UNIDADE :	REATOR			Pág.	1	de 1	
R e v	RECIPIENTES VERTICAIS						
	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
EQUIPAMENTO Nº	R-1						
SERVIÇO	REATOR DE CLORAÇÃO						
CONDIÇÕES				PRESSÃO (kg/cm ² g)	TEMPERATURA (°C)		
DE OPERAÇÃO NORMAL				1,55	90		
DE DESENHO MECÂNICO				3,5	120		
DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)				-	-		
DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO				-	-		
À MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)				-	-		
DE LIMPEZA COM VAPORES/INERTIZADO				-	-		
CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO				ESQUEMA			
FLUÍDO	Hidrocarboneto + C12						
COMPOSTOS. CORROSIVOS	SIM						
TEOR (% / ppm p)	-						
DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m ³)	1,74						
DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m ³)	4,43						
NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)	14564						
MATERIAL							
	Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico				
Envolvente							
Fundo							
Internos							
Pratos							
Isolamento							
CONEXÕES				<p>Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...</p>			
SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA				Serviço
							ALIMENTAÇÃO
							CONTROLE DE PRESSÃO
							CONTROLE DE NÍVEL
							SAÍDA SUPERIOR
							SAÍDA INFERIOR
							ALIMENTAÇÃO DE GÁS
							SAÍDA FLUIDO DE SERVIÇO
							ENTRADA FLUIDO DE SERVIÇO
							BOCA DE INSPEÇÃO
							CONTROLE DE TEMPERATURA
NOTAS :							
	(1) Para colunas y recipientes cheios de líquido indicar P, T em topo e fundo em operação normal y em desenho.						
Rev.	Por						
Data	Aprovado						

4.4 Recipientes

PROJETO		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO n		
UNIDADE :		COLUNA C-1				Pág.	1 de 1	
R	RECIPIENTES HORIZONTAIS							
v	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
1	EQUIPAMENTO N C-1							
2	SERVIÇO Acumulo Saída da destilação 1							
3	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm ²)		TEMPERATURA (°C)			
4	DE OPERAÇÃO NORMAL		11,52		-22,06			
5	DE PROJETO MECÂNICO		13,27		7,94			
6	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)							
7	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO							
8	A MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)							
9	DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO							
10	ESQUEMA							
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21	Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...							
22	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CONEXÕES				
23	FLUÍDO	HIDROCARBONETOS		SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA	SERVIÇO
24	COMP. CORROSIVOS	-		A				ALIMENTAÇÃO
25	TEOR (% / ppm p)	-		B				CONTROLE DE PRESSÃO
26	DENS. LÍQ. LEVE @T (kg/m ³)	1020		C				CONTROLE DE NÍVEL
27	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m ³)			D				BOCA DE INSPEÇÃO
28	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)			E				SAÍDA INTERIOR
29	MATERIAL							
30		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico				
31	Envolvente							
32	Fundos							
33	Internos							
34	Isolamento							
35	NOTAS :							
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO n	
	UNIDADE :	COLUNA-2				Pág.	1 de 1
R e v	RECIPIENTES HORIZONTAIS						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO N	C-2					
3	SERVIÇO	Acumulo Saída da destilação 2					
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm ²)		TEMPERATURA (°C)		
5	DE OPERAÇÃO NORMAL		4,13		25,04		
6	DE PROJETO MECÂNICO		5,88		55,04		
7	DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)						
8	DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO						
9	A MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)						
10	DE LIMPEZA COM VAPORES/INERTIZADO						
11	ESQUEMA						
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31	Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...						
32	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO			CONEXÕES			
33	FLUÍDO	HIDROCARBONETOS		SIGLA	Nº	DIA (")	BRIDA
34	COMP. CORROSIVOS	-		A			
35	TEOR (% / ppm p)	-		B			
36	DENS. LÍQ. LEVE @T (kg/m ³)	896,1		C			
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m ³)			D			
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)			E			
39	MATERIAL						
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
41	Envoltente						
42	Fundos						
43	Internos						
44	Isolamento						
45	NOTAS :						
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

4.5 Bombas

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO n	B-1	
	UNIDADE :	BOMBAS				Pág.	1	de 2
R e v	BOMBAS							
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2	CASO DE PROJETO					IMPULSÃO ATÉ T-2		
3	SERVIÇO					IMPULSÃO ATÉ T-2		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA					B-1 (A/B)		
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA					1	1	
6	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)					CENTRÍFUGA		
7	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)					CONTÍNUO / PARALELO		
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO							
9	NATUREZA DO FLUIDO					HIDROCARBONETO		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS					SIM	SIM	
11	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)					NÃO	NÃO	
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)					°C		
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO					°C		
14	TEMPERATURA DE BOMBEO					°C		
15	Densidade @T BOMBEO					kg/m ³		
16	Viscosidade @T BOMBEO					cSt		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEO					kg/cm ² a		
18	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA							
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)					m ³ /h		
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)					m ³ /h		
21	VAZÃO NORMAL					m ³ /h		
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated					kg/cm ² g		
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated					kg/cm ² g		
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated					kg/cm ²		
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)					m		
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)					m		
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)					kg/cm ²		
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO					kg/cm ² g		
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO					kg/cm ² g		
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO					polegadas		
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)					-		
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)					-		
33	condições DE PROJETO MECÂNICO							
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO					°C		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO					kg/cm ² g		
36	CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO							
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA					Motor Elétrico	Motor Elétrico	
38	CONSUMO ELÉTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO					kWh/h	10436,78	10436,78
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO					Kg/h	-	-
40	NOTAS :							
41	(1) O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.							
42	(2) Vazão de processo em condições de "turn-down n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de proteção / recirculação em seu caso.							
43	(3) Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.							
44	(4) Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de operação contínua máx.							
45	(5) Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.							
46	(6) Especificar tracejado, isolamento, flushing se existem requerimentos de processo.							
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58	Para materiais ver a folha de seleção de materiais.							
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		EQUIPAMENTO nº		B-1		
UNIDADE :		BOMBAS		Pág.		2 de 2		
R	FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1	SERVIÇO / CASO :	IMPULSÃO ATÉ T-2						
2	ESQUEMA DE FLUXO :	IMPULSÃO ATÉ T-2						
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16	NATUREZA DO FLUÍDO	-	Hidrocarboneto					
17	T de BOMBEO	°C	90,04		P. IMPULSÃO	Circ. 1	Q Nor	
18	Viscosidade @T	cSt	0,3271			Circ. 2	Circ. 3	
19	Densidade @T	kg/m³	1139			kg/cm² g ó kg/cm² (ΔP)		
20					P. destino	26	-	
21	Capacidade		Q Nor	Q des	ΔP distribuidor	-	-	
22	VAZÃO mássico	kg/h	119645,32	119645,32	Altura estática	-	-	
23	VAZÃO volumétrico	m³/h	95,72	95,72	ΔP linha	-	-	
24					ΔP filtro	-	-	
25	P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	ΔP	-	-	
26	P. recipiente	kg/cm² g	1,55	1,55	ΔP	-	-	
27	H (LT a center line)	kg/cm²	-	-	ΔP	-	-	
28	ΔP linha	kg/cm²	-	-	ΔP	-	-	
29	ΔP filtro	kg/cm²	-	-	ΔP placa	-	-	
30	ΔP outros	kg/cm²	-	-	ΔP Válv. Cont.	-	-	
31	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	1,55	1,55	P. IMPULSÃO	26	-	
32						-	-	
33	NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des		Q des	
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm² a		1,55	P. IMPULSÃO		kg/cm² g	
35	P. vapor @T	kg/cm² a		0,1627	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm² g	
36	Diferença	kg/cm²		1,387	P. Diferencial		kg/cm²	
37	NPSHA	m		3,01	Altura Diferencial		m	
38								
39	Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO			
40	HHP	CV	-	131,26	P. Recipiente (1)	kg/cm² g	1,55	
41	Eficiência bomba	%	-	75	H (HHL-Center line)	kg/cm²	-	
42	BHP	CV	-	175,01	P máx. ASPIRAÇÃO	kg/cm² g	1,89	
43	Motor				P. máx. IMPULSÃO			
44	Eficiência motor	%	0,93	0,93	P difer. máx. motor (2)	kg/cm² g	30	
45	Elettricidade	kWh/h	10436,78	10436,78	P difer. máx. turbina (2)	kg/cm² g	-	
46	Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)	kg/cm² g	66,47	
47	ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg	-	-				
48	Eficiência turbina	%	-	-				
49	Consumo vapor	kg/h	-	-				
50	NOTAS :							
51	(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração						
52	(2)	Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.						
53	(3)	Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.						
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				EQUIPAMENTO n	B-2	
	UNIDADE :	BOMBA DE RELUXO				Pág.	1	de 4
R e v	BOMBAS							
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2	CASO DE PROJETO					REFLUXO DA COLUNA C-1		
3	SERVIÇO					REFLUXO DA COLUNA C-1		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA					B-2 (A/B)		
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA					1	1	
6	TIPO DE BOMBA (centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)					CENTRÍFUGA		
7	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontinuo ; série / paralelo)					CONTÍNUO / PARALELO		
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO							
9	NATUREZA DO FLUIDO					HIDROCARBONETO+HCL		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS					SIM	SIM	
11	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)					NÃO	NÃO	
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)					°C		
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO					°C		
14	TEMPERATURA DE BOMBEO					°C		
15	Densidade @T BOMBEO					kg/m ³	1020	
16	Viscosidade @T BOMBEO					cSt	0,1825	
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEO					kg/cm ² a	49,08	
18	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA							
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)					m ³ /h	10,38	
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)					m ³ /h	5,19	
21	VAZÃO NORMAL					m ³ /h	8,65	
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated					kg/cm ² g	11,66	
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated					kg/cm ² g	11,56	
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated					kg/cm ²	0,1	
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)					m	20,66	
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)					m	2,63	
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)					kg/cm ²	0,35	
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO					kg/cm ² g	12,17	
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO					kg/cm ² g	13	
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO					polegadas	2	2
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)							
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)							
33	condições DE PROJETO MECÂNICO							
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO					°C	-22	
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO					kg/cm ² g	11,56	
36	CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO							
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA					Motor Eléctrico	Motor Eléctrico	
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO					kWh/h	3,39	3,39
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO					Kg/h	-	-
40	NOTAS :							
41	(1)	O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.						
42	(2)	Vazão de processo em condições de "turn-down", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de proteção / recirculação em seu caso.						
43	(3)	Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.						
44	(4)	Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de operação contínua máx.						
45	(5)	Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.						
46	(6)	Especificar tracejado, isolamento, flushing se existem requerimentos de processo.						
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58	Para materiais ver la folha de seleção de materiais.							
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC			EQUIPAMENTO nº	B-2			
	UNIDADE :	BOMBA DE REFLUXO			Pág.	2	de	4	
R	FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS								
1	SERVIÇO / CASO :	REFLUXO DA COLUNA C-1							
2	ESQUEMA DE FLUXO :	REFLUXO DA COLUNA C-1							
3									
16	NATUREZA DO FLUÍDO	-	Hidrocarboneto + HCl				Q Nor		Q Des.
17	T de BOMBEIO	°C	-22,04		P. IMPULSÃO	Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3	
18	Viscosidade @T	cSt	0,1984		kg/cm ² g ó kg/cm ² (ΔP)				
19	Densidade @T	kg/m ³	896,06		P. destino	11,66	-	-	11,66
20					ΔP distribuidor	-	-	-	-
21	Capacidade		Q Nor	Q des	Altura estática	-	-	-	-
22	VAZÃO mássico	kg/h	1020,00	1020,00	ΔP linha	-	-	-	-
23	VAZÃO volumétrico	m ³ /h	8,651	8,651	ΔP filtro	-	-	-	-
24					ΔP	-	-	-	-
25	P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	ΔP	-	-	-	-
26	P. recipiente	kg/cm ² g	11,56	11,56	ΔP	-	-	-	-
27	H (LT a center line)	kg/cm ²	-	-	ΔP	-	-	-	-
28	ΔP linha	kg/cm ²	-	-	ΔP	-	-	-	-
29	ΔP filtro	kg/cm ²	-	-	ΔP placa	-	-	-	-
30	ΔP outros	kg/cm ²	-	-	ΔP Válv. Cont.	-	-	-	-
31	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm ² g	11,56	11,56	P. IMPULSÃO	11,66	-	-	11,66
32									
33	NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des				Q des
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm ² a		11,56	P. IMPULSÃO		kg/cm ² g		11,66
35	P. vapor @T	kg/cm ² a		49,08	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm ² g		11,56
36	Diferença	kg/cm ²		37,52	P. Diferencial		kg/cm ²		0,1
37	NPSHA	m		2,63	Altura Diferencial		m		20,66
38									
39	Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO				
40	HHP	CV	-	15,86	P. Recipiente (1)		kg/cm ² g		11,56
41	Eficiência bomba	%	-	75	H (HHL-Center line)		kg/cm ²		-
42	BHP	CV	-	21,15	P máx. ASPIRAÇÃO		kg/cm ² g		12,17
43	Motor				P. máx. IMPULSÃO				
44	Eficiência motor	%	0,93	0,93	P difer. máx. motor (2)		kg/cm ² g		0,35
45	Elettricidade	kWh/h	3,4	3,4	P difer. máx. turbina (2)		kg/cm ² g		-
46	Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)		kg/cm ² g		12,53
47	ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg	-	-					
48	Eficiência turbina	%	-	-					
49	Consumo vapor	kg/h	-	-					
50	NOTAS :								
51	(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração							
52	(2)	Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.							
53	(3)	Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.							
54									
55									
56									
57									
58									
	Rev.	Por							
	Data	Aprovado							

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC			EQUIPAMENTO n	B-3	
	UNIDADE :	BOMBA DE REFLUXO			Pág.	3	de 4
R e v	BOMBAS						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	CASO DE PROJETO						REFLUXO DA COLUNA C-2
3	SERVIÇO						REFLUXO DA COLUNA C-2
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA						B-3 (A/B)
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA			1			1
6	TIPO DE BOMBA (centrifuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)						CENTRÍFUGA
7	FUNCIONAMENTO (contínuo / descontínuo ; série / paralelo)						CONTÍNUO / PARALELO
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO						
9	NATUREZA DO FLUIDO						HIDROCARBONETO
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS						NÃO
11	SÓLIDOS EN SUSPENSÃO (quantidade / DIÂMETRO Equivalente)						NÃO
12	PONTO DE FLUIDEZ (POUR POINT)	°C					-
13	TEMP. DE AUTO IGNIÇÃO / IGNIÇÃO	°C					-
14	TEMPERATURA DE BOMBEIO	°C					25,04
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m ³					896,06
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt					0,2
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm ² a					5,8
18	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA						
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m ³ /h					13,88
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m ³ /h					6,942
21	VAZÃO NORMAL	m ³ /h					11,57
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm ² g					4,46
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm ² g					4,10
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm ²					0,36
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m					24,25
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m					3
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm ²					1,02
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm ² g					4,64
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm ² g					5,67
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO A SPIRAÇÃO / IMPULSÃO			polegadas	2,5	2,5	
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)						-
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)						-
33	condições DE PROJETO MECÂNICO						
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C					25
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g					4,10
36	CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO						
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA				Motor Elétrico	Motor Elétrico	
38	CONSUMO ELÉTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h			16,35	16,35	
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	Kg/h			-	-	
40	NOTAS :						
41	(1)	O ponto de garantia deve ser para a vazão de projeto (rated) e a altura diferencial indicada.					
42	(2)	Vazão de processo em condições de "turn-dow n", posta em funcionamento ou outras operações. A l. de detalhe / vendedor deve especificar a vazão mínima requerida pela bomba e o sistema de proteção / recirculação em seu caso.					
43	(3)	Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.					
44	(4)	Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de operação contínua máx.					
45	(5)	Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.					
46	(6)	Especificar tracejado, isolamento, flushing se existem requerimentos de processo.					
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58		Para materiais ver a folha de seleção de materiais.					
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC			EQUIPAMENTO nº	B-3		
	UNIDADE :	BOMBA DE REFLUXO			Pág.	4	de	4
R	FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS							
1	SERVIÇO / CASO :	REFLUXO DA COLUNA C-2						
2	ESQUEMA DE FLUXO :	REFLUXO DA COLUNA C-2						
3								
16	NATUREZA DO FLUÍDO	-	Hidrocarboneto				Q Nor	Q Des.
17	T de BOMBEIO	°C	25,04		P. IMPULSÃO	Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3
18	Viscosidade @T	cSt	0,1984		kg/cm ² g ó kg/cm ² (ΔP)			
19	Densidade @T	kg/m ³	896,06		P. destino	4,46	-	-
20					ΔP distribuidor	-	-	-
21	Capacidade		Q Nor	Q des	Altura estática	-	-	-
22	VAZÃO mássico	kg/h	10364,93	10364,94	ΔP linha	-	-	-
23	VAZÃO volumétrico	m ³ /h	11,57	11,57	ΔP filtro	-	-	-
24					ΔP	-	-	-
25	P. ASPIRAÇÃO		Q Nor	Q des	ΔP	-	-	-
26	P. recipiente	kg/cm ² g	4,46	4,46	ΔP	-	-	-
27	H (LT a center line)	kg/cm ²	-	-	ΔP	-	-	-
28	ΔP linha	kg/cm ²	-	-	ΔP	-	-	-
29	ΔP filtro	kg/cm ²	-	-	ΔP placa	-	-	-
30	ΔP outros	kg/cm ²	-	-	ΔP Válv. Cont.	-	-	-
31	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm ² g	4,46	4,46	P. IMPULSÃO	4,46	-	-
32								
33	NPSH desPONÍVEL		Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des			Q des
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm ² a		4,1	P. IMPULSÃO		kg/cm ² g	4,46
35	P. vapor @T	kg/cm ² a		4,1	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm ² g	4,1
36	Diferença	kg/cm ²		1	P. Diferencial		kg/cm ²	0,36
37	NPSHA	m		3	Altura Diferencial		m	3
38								
39	Consumo estimado ACIONAMENTO		Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO			
40	HHP	CV	-	6,07	P. Recipiente (1)		kg/cm ² g	4,1
41	Eficiência bomba	%	-	75	H (HHL-Center line)		kg/cm ²	-
42	BHP	CV	-	8,09	P máx. ASPIRAÇÃO		kg/cm ² g	4,64
43	Motor				P. máx. IMPULSÃO			
44	Eficiência motor	%	0,93	0,93	P difer. máx. motor (2)		kg/cm ² g	1,03
45	Elettricidade	kWh/h	16,35	16,35	P difer. máx. turbina (2)		kg/cm ² g	-
46	Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)		kg/cm ² g	5,67
47	ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg	-	-				
48	Eficiência turbina	%	-	-				
49	Consumo vapor	kg/h	-	-				
50	NOTAS :							
51	(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração						
52	(2)	Especificar n vezes a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.						
53	(3)	Será especificado : P max de aspiração + P diferencial máxima. Para bombas volumétricas o set pressure da válvula de segurança em impulsão será igual à pressão máxima de impulsão.						
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

4.6 Trocadores de calor

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA			EQUIPAMENTO n	T-2	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR			Pág.	1	de 2
R e v	TROCADORES DE CALOR						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº						T-2
3	CASO DE DESENHO						VAPORIZAR TOTALMENTE UMA CORRENTE DE LÍQUIDO
4	SERVIÇO						VAPORIZAR A CORRENTE DE DICLOROETANO
5	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	Casco-tubos		TIPO TEMA		AKT	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)		Termossifão	
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1		Em série / paralelo			
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-	-	
11	NATUREZA	Vapor d'água			Dicloroetano		
12		Entrada	Salida	Entrada	Salida		
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	23389,80	23389,80	119600	119600	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	23389,80		-	119600	
15	INCONDENSÁVEIS (N ₂ ,...)	kg/h	-		-	-	
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	23389,80		-	-	
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-		-	119600	
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h		23389,80	119600000	-	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h		23389,8	-	-	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h		-	119600000	-	
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	PESO MOLECULAR	kg/kmol			98,95	98,95	
23	DENSIDADE @P,T	Kg/m ³			-	82,61	
24	VISCOSIDADE @T	cP			-	0,2023	
25	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K			-	0,0235	
26	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			-	0,3217	
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	DENSIDADE @P,T	kg/m ³			1139,00	-	
29	VISCOSIDADE @T	cSt			0,3271	-	
30	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K			0,0939	-	
31	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			0,3298	-	
32	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm					
33	TEMPERATURA	°C	250,00	250,00	91,28	242,00	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm ² g		26,00		26,00	
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm ²		0,70		0,70	
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m ² h°C / kcal		1,50E+04		2,30E+04	
37	CALOR TROCADO	Gcal/h		0,0126		0,0126	
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%		110		110	
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm ²		1,00		1,00	
40	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g ; °C	28,60	280,00	28,60	272,00	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm ² g ; °C					
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm ² g ; °C					
45		kg/cm ² g ; °C					
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm ² g ; °C					
47	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)		BWG14		
50	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)	20	PITCH (1 pulgada) / TIPO		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1) Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.						
54							
55							
56							
57	Curvas de condensação/vaporização em folha anexe se procede.						
58	Para materiais ver folha de seleção de materiais.						
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA			EQUIPAMENTO n	T-3		
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR			Pág.	1	de 2	
R e v	TROCADORES DE CALOR							
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO							
2	EQUIPAMENTO Nº	T-3						
3	CASO DE DESENHO	TROCAR CALOR PARA MUDANÇA DE FASE DA CORRENTE						
4	SERVIÇO	CONDENSAR A CORRENTE DE PRODUTOS DO CRAQUEAMENTO DO DCE						
5	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	Casco-tubos		TIPO TEMA		AES		
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)				
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1		Em série / paralelo				
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
9	LADO	CASCO			TUBOS			
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	HCl		0,375		-		
11	NATUREZA	DCE, MVC e HCl			Hidrocarboneto leve			
12		Entrada		Saída		Entrada		
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	119600		119600		9712,60	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	119600		-		9712,60	
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-		-		-	
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-		-		-	
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	119600		-		9712,60	
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-		119600		9712,60	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-		-		-	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-		119600		9712,60	
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)							
22	PESO MOLECULAR	kg/kmol	61,85		-		-	
23	DENSIDADE @P,T	Kg/m3	24,93		-		-	
24	VISCOSIDADE @T	cP	1,1590		-		-	
25	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	0,0355		-		-	
26	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,3091		-		-	
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)							
28	DENSIDADE @P,T	kg/m3	-		61,85		-	
29	VISCOSIDADE @T	cSt	-		1076		-	
30	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	-		0,1051		-	
31	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-		0,3406		-	
32	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-		-		-	
33	TEMPERATURA	°C	500,00		6,00		-48,35	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	25,3		25,3		-	
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,7		0,7		-	
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	2,10E-04		2,30E-04		-	
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	0,025		0,025		-	
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		-	
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	1,00		1,00		-	
40	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO							
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura		
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	27,83		530		27,83	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C						
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C						
45		kg/cm2 g ; °C						
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C						
47	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)							
48	MÁX. DIÁMETRO CASCO (60 polegadas)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)					
49	DIÁMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)				BWG14	
50	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)	20	PITCH (1 pulgada) / TIPO				<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)					
52	NOTAS :							
53	(1)	Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.						
54								
55								
56								
57		Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.						
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.						
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA			EQUIPAMENTO n	T-4	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR			Pág.	1	de 2
R e v	TROCADORES DE CALOR						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº	T-4					
3	CASO DE DESENHO	TROCAR CALOR PARA MUDANÇA DE FASE DA CORRENTE					
4	SERVIÇO	CONDENSAR PARCIALMENTE A CORRENTE DE HCl - REFLUXO DE TOPO					
5	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	Casco-tubos		TIPO TEMA		AES	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)		Termossifão	
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1		Em série / paralelo			
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	HCl		0,99		-	
11	NATUREZA	HCl			Hidrocarboneto leve		
12		Entrada		Saída		Entrada	
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	34840,00	7659,00	282,75	282,75	282,75
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	34840,00	-	-	-	282,75
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	-
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-	-
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	282,75
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	7659,00	282,75	-	-
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	-
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	282,75	-	-
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	PESO MOLECULAR	kg/kmol	36,43	-	-	-	-
23	DENSIDADE @P,T	Kg/m3	22,34	-	-	-	-
24	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	-
25	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	0,0133	-	-	-	-
26	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,2270	-	-	-	-
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	DENSIDADE @P,T	kg/m3	-	1020,00	-	-	-
29	VISCOSIDADE @T	cSt	-	-	-	-	-
30	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	-	0,1168	-	-	-
31	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	0,4360	-	-	-
32	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	12,10	-	-	-
33	TEMPERATURA	°C	-13,61	-22,06	-48,35	-48,35	-48,35
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	11,25		11,15		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,1		0,7		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	1,70E-04		2,30E-04		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	0,0007		0,0007		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,15		1,00		
40	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	13,05	-43,61	12,95	-78	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C					
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C					
45		kg/cm2 g ; °C					
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C					
47	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)				BWG14
50	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)	20	PITCH (1 pulgada) / TIPO				△ □ ◇
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.					
54							
55							
56							
57		Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.					
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.					
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA			EQUIPAMENTO n	T-5	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR			Pág.	1	de 2
R e v	TROCADORES DE CALOR						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº	T-5					
3	CASO DE DESENHO	TROCAR CALOR PARA MUDANÇA DE FASE DA CORRENTE					
4	SERVIÇO	VAPORIZAR A CORRENTE DE DCE E MVC - REFLUXO DE FUNDO					
5	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	Casco-tubos	TIPO TEMA		AKT		
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal	Circulação (Termosif., forçada)		Termossifão		
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1	Em série / paralelo				
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-	-	-
11	NATUREZA	Vapor d'água			DCE, MVC		
12		Entrada	Salida	Entrada	Salida		
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	971,39	971,39	173100,00	80600,00	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	971,39	-	-	80600,00	
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	971,39	-	-	-	
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	80600,00	
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	971,39	173100,00	-	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	971,39	-	-	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	173100,00	-	
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	6,48E+01	
23	DENSIDADE @P,T	Kg/m3	0,5538	-	-	31,47	
24	VISCOSIDADE @T	cP	1,57E-02	-	-	0,0124	
25	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	2,71E-02	-	-	0,0142	
26	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	0,2639	
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	DENSIDADE @P,T	kg/m3	-	-	882,00	-	
29	VISCOSIDADE @T	cSt	-	-	-	-	
30	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	-	-	8,17E-02	-	
31	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	0,3912	-	
32	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	-	10,58	-	
33	TEMPERATURA	°C	190,00	190,00	84,37	96,97	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	12,45		12,5		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,075		0,70		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	0,00015		0,00023		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	5,78E+04		5,78E+04		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,15		1,00		
40	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	14,25	210,00	14,30	126,97	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C					
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C					
45		kg/cm2 g ; °C					
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C					
47	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)		BWG14		
50	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)	20	PITCH (1 pulgada) / TIPO		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.					
54							
55							
56							
57		Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.					
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.					
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA			EQUIPAMENTO n	T-6	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR			Pág.	1	de 2
R e v	TROCADORES DE CALOR						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº	T-6					
3	CASO DE DESENHO	TROCAR CALOR PARA MUDANÇA DE FASE DA CORRENTE					
4	SERVIÇO	CONDENSAR A CORRENTE DE MVC - REFLUXO DE TOPO					
5	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	Casco-tubos	TIPO TEMA			AES	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal	Circulação (Termosif., forçada)			Termossifão	
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1	Em série / paralelo				
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-	-	-
11	NATUREZA	Hidrocarboneto leve			MVC		
12		Entrada	Saída	Entrada	Saída		
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	1605,94	1605,94	54970,00	10360,00	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	-	1605,94	54970,00	-	
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-	
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	1605,94	54970,00	-	
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	1605,94	-	-	10360,00	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	1605,94	-	-	10360,00	
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	PESO MOLECULAR	kg/kmol			62,47	-	
23	DENSIDADE @P,T	Kg/m3			11,84	-	
24	VISCOSIDADE @T	cP			9,78E-03	-	
25	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K			9,60E-03	-	
26	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			0,2192	-	
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	DENSIDADE @P,T	kg/m3			-	896,10	
29	VISCOSIDADE @T	cSt			-	-	
30	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K			-	0,1051	
31	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C			-	0,3571	
32	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm			-	14,99	
33	TEMPERATURA	°C	-48,35	-48,35	28,22	25,04	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	4,29		3,95		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,10		0,70		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	2,30E-04		2,30E-04		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	4,13E-03		4,13E-03		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	1,15		1,00		
40	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	6,09	-78	5,75	58	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C					
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C					
45		kg/cm2 g ; °C					
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C					
47	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)			BWG14	
50	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)	20	PITCH (1 pulgada) / TIPO			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.					
54							
55							
56							
57		Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.					
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.					
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA			EQUIPAMENTO n	T-7	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR			Pág.	1	de 2
R e v	TROCADORES DE CALOR						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº	T-7					
3	CASO DE DESENHO	TROCAR CALOR PARA MUDANÇA DE FASE DA CORRENTE					
4	SERVIÇO	VAPORIZAR A CORRENTE DE DCE - REFLUXO DE FUNDO					
5	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	Casco-tubos	TIPO TEMA			AKT	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal	Circulação (Termosif., forçada)			Termossifão	
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1	Em série / paralelo				
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-	-	-
11	NATUREZA	Vapor d'água			DCE		
12		Entrada	Saída	Entrada	Saída		
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	5829,90	5829,90	100700,00	52850,00	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	5829,90	-	-	52850,00	
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	5829,90	-	-	-	
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	52850,00	
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	5829,90	100700,00	-	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	5829,90	-	-	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	100700,00	-	
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	98,88	
23	DENSIDADE @P,T	Kg/m3	0,5538	-	-	16,62	
24	VISCOSIDADE @T	cP	1,57E-02	-	-	1,21E-02	
25	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	2,71E-02	-	-	0,0134	
26	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	0,2398	
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	DENSIDADE @P,T	kg/m3	-	-	1040,00	-	
29	VISCOSIDADE @T	cSt	-	-	-	-	
30	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	-	-	0,0792	-	
31	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	0,3669	-	
32	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	-	14,57	-	
33	TEMPERATURA	°C	190,00	190,00	148,70	150,00	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	5,3		5,3		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,075		0,7		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	1,50E-04		2,30E-04		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	3,77E-03		3,77E-03		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,10		1,00		
40	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	7,10	210,00	7,10	180,00	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C					
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C					
45		kg/cm2 g ; °C					
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C					
47	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (60 polegadas)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)			BWG14	
50	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)	20	PITCH (1 pulgada) / TIPO			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.					
54							
55							
56							
57		Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.					
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.					
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CLORETO DE VINILA			EQUIPAMENTO n	T-8	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR			Pág.	1	de 2
R e v	TROCADORES DE CALOR						
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº	T-8					
3	CASO DE DESENHO	TROCAR CALOR PARA RESFRIAR A CORRENTE					
4	SERVIÇO	RESFRIAR A CORRENTE DE DCE - RECICLO DA PLANTA					
5	TIPO (casco-tubos / placas / tubo duplo)	Casco-tubos		TIPO TEMA		AES	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)			
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	1		Em série / paralelo			
8	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-			-		
11	NATUREZA	DCE			Água de refrigeração		
12		Entrada		Salida		Entrada	
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	47860,00	47860,00	43684,31	43684,31	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	-				
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-				
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-				
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-				
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	47860,00	47860,00	43684,31	43684,31	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-		43684,31	43684,31	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	47860,00	47860,00	-		
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-				
23	DENSIDADE @P,T	Kg/m3	-				
24	VISCOSIDADE @T	cP	-				
25	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	-				
26	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-				
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	DENSIDADE @P,T	kg/m3	1038,00	1140,00	996,38	990,24	
29	VISCOSIDADE @T	cSt	0,2164	0,3272	0,85	0,61	
30	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	0,0789	0,094	1,2700	1,32	
31	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	0,3678	0,3296	0,99	0,99	
32	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-			71,50	68,70
33	TEMPERATURA	°C	150,00	90,00	28,00	45,00	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	5,3		5,3		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,7		0,7		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	2,30E-04		3,00E-04		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	9,98E+04		9,98E+04		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	1,00		1,00		
40	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	7,1	180,00	7,1	75,00	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C					
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C					
45		kg/cm2 g ; °C					
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C					
47	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)						
48	MÁX. DIÁMETRO CASCO (60 polegadas)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)				
49	DIÁMETRO EXTERIOR TUBOS (3/4 pulgada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)				BWG14
50	COMPRIMENTO TUBOS (20 ft)	20	PITCH (1 pulgada) / TIPO				△ □ ◇
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)		VEL. MÁX./ MÍN. PERM.CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Anotar se há limitações diferentes às normais indicadas e/ou requerimentos de processo.					
54							
55							
56							
57		Curvas de condensação/vaporização em folha anexo se procede.					
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.					
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

4.7 Forno

	PROJETO :	Planta de produção de MVC			EQUIPAMENTO n	H-1	
	UNIDADE :	Forno			Pág.	1	de 1
R	FORNOS						
e							
v							
1	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO						
2	EQUIPAMENTO Nº						H-1
3	CASO DE PROJETO						Planta de produção de MVC
4	SERVIÇO						Pirólise do 1,2-dicloroeteno
5	NÚMERO DE PASSES ESTIMADOS	-	TIPO DE FORNO (CABINE/CILÍNDRICO)			Caixa	
6	CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E DADOS DE OPERAÇÃO						
7	SERPENTINA	PROCESSO			AUXILIAR		
8	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	22.11%		-	-	
9	NATUREZA	1,2-dicloroeteno			Óleo combustível		
10			Entrada	Saída	Entrada	Saída	
11	VAZÃO TOTAL	kg/h	11,96*10 ⁴	11,96*10 ⁴	3,12*10 ³	3,12*10 ³	
12	VAZÃO TOTAL VAPOR ÚMIDO	kg/h	11,96*10 ⁴	11,96*10 ⁴	-	-	
13	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
14	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-	
15	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	3,12*10 ³	-	
16	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	3,12*10 ³	-	
17	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
18	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	3,12*10 ³	-	
19	PROPRIEDADES FASE VAPOR (ÚMIDA)						
20	PESO MOLECULAR	kg/kmol	98.95	61.85			
21	DENSIDADE @P,T	kg/m3	82.61	24.93			
22	VISCOSIDADE @T	cP	1,67*10 ⁻²	2,89*10 ⁻²			
23	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	W/ m K	2,27*10 ⁻²	4,13*10 ⁻²			
24	CALOR ESPECÍFICO @T	kJ/kg °C	1,33*10 ³	80.05			
25	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (SECA)						
26	DENSIDADE @P,T	kg/m3	-	-	9,90*10 ²		
27	VISCOSIDADE @T	cSt	-	-	3,00*10 ²		
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m K	-	-			
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-			
30	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	-			
31	TEMPERATURA	°C	2,42*10 ²	5,00*10 ²		9,27*10 ²	
32	PRESSÃO DE ENTRADA	atm	25.31		-		
33	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	1.75		-		
34	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	-		-		
35	CALOR TROCADO	Gcal/h	22.27		29.69		
36	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	-		-		
37	PERDA DE CARGA PERMITIDA A VAZ. MÁX.	kg/cm2	-		-		
38	CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
39	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
40	DESENHO MECÂNICO ELÁSTICO (1)	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
41	DESENHO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
42	DECOQUIZAMENTO	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
43		kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
44	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E LIMITAÇÕES NO PROJETO TÉRMICO (2)						
45	FLUXO TÉRMICO MED. RADIAÇÃO (kcal/h m2)	5,45*10 ⁴	EFICÁCIA ESTIMADA (%) (3)				
46	FLUXO TÉRMICO MÁX. RADIAÇÃO (kcal/h m2)	-	CALOR LIBERADO NORMAL, Gcal/h		29.69		
47	FLUXO TÉRMICO MÁX. CONV. (kcal/h m2)	-	PODER CAL. INF. (FO/FG) (kcal/kg)		9527.95		
48	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	CONSUMO ESTIM. NORMAL (FO/FG) (kg/h)		3,12*10 ³		
49	MÁX T. DE PROCESSO A RADIANTE (°C)	-	CONSUMO ESTIM. PROJETO (FO/FG) (kg/h)		-		
50	NOTAS :						
51	(1)	Curvas de evaporação em folha anexa se necessário.					
52	(2)	Para materiais ver folhas de seleção de materiais.					
53							
54							
55							
56							
57							
58							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

4.8 Tubulações

PROJETO: PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		TUBULAÇÕES DE PROCESSO									
UNIDADE: PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		TUBULAÇÕES DE PROCESSO									
		Pag. 1 de 2									
1	TUBULAÇÃO Nº	TU1	TU2	TU3	TU4	TU5	TU6	TU7	TU8	TU9	
2	PR&d nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	DE			R-1	T	B-1	T-2	F-1	T-3	V-6	
4											
5	A	R-1	R-1	T	B-1	T-2	F-1	T-3	V-6	C-1	
6											
7											
8	NATUREZA DO FLUIDO	NATUREZA, FASE E VAZÃO									
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm)	Halogênio	HC	HC	HC	HC	HC	HC + ácido	HC + ácido	HC + ácido	HC + ácido
10	FASE (1) / VAPOORIZADO (% peso)	V 100	V 100	L 0	L 0	L 0	V 100	V 100	L 0	L 0	L 0
11	VAZÃO VOLUMÉTRICO VAPORES @P, T	1,18E+04	1,17E+04	-	-	-	1,45E+03	4,80E+03	-	-	-
12	VAZÃO VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @P, T	-	-	6,30E+01	1,05E+03	1,05E+02	-	-	1,11E+02	-	1,12E+02
13											
14	PESO MOLECULAR GAS	70,91	28,05	98,96	98,96	98,96	98,96	61,85	61,85	61,85	61,85
15	DENSIDADE GAS / LÍQUIDO @P, T	4,43	1,74	-	1,139,00	-	1141,00	82,61	-	24,93	-
16	VISCOSIDADE GAS / LÍQUIDO @P, T	0,01	0,01	-	0,33	-	0,32	0,02	-	0,03	-
17	PONTO DE FLUIZ (POUR POINT)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18											
19	TEMPERATURA OPERAÇÃO / PROJETO	25,00	50,00	90,00	115,00	90,04	115,04	91,28	116,28	242,00	267,00
20	PRESSÃO OPERAÇÃO / PROJETO	1,55	3,35	1,55	3,35	1,55	3,35	26,86	28,66	26,15	27,95
21											
22	DÍMETRO NOMINAL	12	10	6	6	6	6	10	12	6	6
23	APCALCULADA / PERMITIDA (2)	8,15E+02	8,15E+02	2,19E+02	5,90E+02	5,88E+02	5,63E+02	7,61E+02	7,61E+02	6,19E+02	6,20E+02
24	VELOCIDADE CALCULADA / PERMITIDA (2)	4,43E+01	6,43E+01	9,59E+01	1,60E+00	1,60E+00	7,94E+00	1,83E+01	1,83E+01	1,69E+00	1,70E+00
25	ISOLAMENTO, TRAVEJADO (3)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
26											
27	NOTAS:	(1) Especificar se é vapor (V), líquido (L), ou fase mista (M).									
28		(2) Indicar ap e velocidade máxima permitida só se é um requerimento de processo, corrosão, sólidos, fluidos especiais, etc.									
29		(3) Se é requerido especificar. P: proteção pessoal. H: conservação de calor. ST: tracionamento com vapor. ET: tracionamento elétrico. SJ: encamisado com vapor, etc.									
30											
31											
32											
33											
34		Para materiais ver a folha de seleção de materiais.									
	Rev.										
	Data										
	Por										
	Aprovado										

R e v		TUBULAÇÕES DE PROCESSO															
1	TUBULAÇÃO Nº	TU10	TU11	TU12	TU13	TU14	TU15	TU16									
2	PRId m³	10	11	12	13	14	15	16									
3	DE	C-1	C-1	V-11	C-2	C-2	T-8	V-17									
4																	
5	A	L-1	V-11	C-2		T-8	V-17	T									
6																	
7	NATUREZA DO FLUIDO	NATUREZA, FASE E VAZÃO															
8	Ácido	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC	HC		
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm p)	100															
10	FASE (1) / APOZADO (% peso)	V	L	M	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L		
11	VAZÃO VOLUMÉTRICO / VAPOR @ P. T	1,21E+03		23,09													
12	VAZÃO VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @ P. T		9,96E-01	7,22E-01	4,99E-01	4,61E-01	4,20E-01	4,20E-01	4,20E-01	4,20E-01	4,20E-01	4,20E-01	4,20E-01	4,20E-01	4,20E-01		
13																	
14	PESO MOLECULAR GAS	36,888	77,200	64,230													
15	DENSIDADE GAS / LÍQUIDO @ P. T	22,47	928,20	12,73	1035,00	896,10	1140,00	1139,00									
16	VISCOSIDADE GAS / LÍQUIDO @ P. T	0,01	0,19	0,27	0,20	0,22	0,33	0,33									
17	PONTO DE FLUIDEZ (FOUR POINT)																
18																	
19	TEMPERATURA OPERAÇÃO / PROJETO	-22,06	96,98	59,95	84,95	25,04	50,04	115,11	90,11	115,11	90,11	115,11	90,11	115,11	90,11		
20	PRESSÃO OPERAÇÃO / PROJETO	11,52	13,32	5,17	6,97	4,08	5,88	7,28	4,76	6,56	4,76	6,56	4,76	6,56	4,76		
21																	
22	DIÂMETRO NOMINAL	8	6	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
23	AP CALCULADA / PERMITIDA (2)	3,5E+02	4,9E+02	6,7E+02	1,2E+01	1,1E+01	8,0E+02	8,1E+02	8,0E+02	8,1E+02	8,0E+02	8,1E+02	8,0E+02	8,1E+02	8,0E+02		
24	VELOCIDADE CALCULADA / PERMITIDA (2)	1,0E+01	1,5E+00	8,0E+00	1,7E+00	1,6E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00		
25	ISOLAMENTO, TRAVEZIA DO (3)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P		

NOTAS:
 (1) Especificar se é vapor (V), líquido (L), o fase mista (M).
 (2) Indicar Ap e velocidade máxima permitida só se é um requerimento de processo, corrosão, sólidos, fluidos especiais, etc.
 (3) Se é requerido especificar. P: proteção pessoal. H: conservação rito, ST: iracejado com vapor, ET: iracejado com vapor, C: conservação decalor, C: conservação pessoal, C: conservação rito, ST: iracejado com vapor, ET: iracejado com vapor, etc.

26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
	Rev.														
	Data														
	Por														
	Aprovado														

Para materiais ver a folha de seleção de materiais.

4.9 Instrumentação e controle

	PROJETO :	Planta para produção de MVC				Válvula de CONTROLE	
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta				Pág.	1 de 9
	VÁLVULAS DE CONTROLE						
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS						
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-1		FCV-2			
3	SERVIÇO	Entrada R-1:Corrente 1		Entrada R-1:Corrente 2			
4	CASO	Vazão		Vazão			
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 1		Página 1			
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica/Inorgânica		Organica/Inorgânica			
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não		Não		
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h					
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	2,04E+04	2,04E+04	5,14E+04	5,14E+04	
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h					
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60		
14	TEMPERATURA	°C	25	25	25	25	
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³					
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt					
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a					
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a					
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	28,05	28,05	70,91	70,91	
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³	1,74	1,74	4,43	4,43	
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	9,91E-01	9,91E-01	9,82E-01	9,82E-01	
22	Cp / Cv	-	1,24	1,24	1,34	1,34	
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA						
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g	1,55	1,55	1,55	1,55	
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g					
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g					
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO					
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%					
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP		
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não		
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -					
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES						
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-					
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-					
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-					
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE						
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-					
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-					
39	NOTAS :						
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI .					
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula					
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)					
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida					
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.					
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	Planta para produção de MVC				Válvula de CONTROLE	
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta				Pág.	2 de 9
2	VÁLVULAS DE CONTROLE						
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS						
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-3			FCV-4		
3	SERVIÇO	Reator C-1			Reator C-1		
4	CASO	Temperatura			Pressão		
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 1			Pagina 1		
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica			Organica/Inorgânica		
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não			Não	
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	6,12E+11	6,12E+11	7,18E+04	7,18E+04	
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h					
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h					
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60		
14	TEMPERATURA	°C	28	28	90	90	
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³			1,14E+03	1,14E+03	
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt			0,33	0,33	
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a					
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a					
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-					
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³					
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-					
22	Cp / Cv	-					
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA						
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g	4,5	4,5	1,55	1,55	
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g					
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g					
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO					
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%					
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP		
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não		
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -					
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES						
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-					
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-					
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-					
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE						
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-					
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-					
39	NOTAS :						
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.					
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula					
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)					
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida					
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.					
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	Planta para produção de MVC				Válvula de CONTROLE	
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta				Pág.	3 de 9
2 3 /	VÁLVULAS DE CONTROLE						
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS						
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-5			FCV-6		
3	SERVIÇO	Vapor T-2			Refrigerante T-3		
4	CASO	Temperatura			Temperatura		
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 1			Pagina 1		
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica			Água		
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não			Não	
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	2,34E+04	2,34E+04			
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h					
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h					
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60				
14	TEMPERATURA	°C	250	250	-48,35	-48,35	
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³					
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt					
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a					
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a					
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-					
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³					
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-					
22	Cp / Cv	-					
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA						
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g					
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g					
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g					
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO					
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%	FP		FP		
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	Não		Não		
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO					
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -					
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES						
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-					
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-					
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-					
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE	-					
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-					
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-					
39	NOTAS :						
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.					
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula					
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)					
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida					
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.					
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvula de CONTROLE			
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta			Pág.	4	de	9
2	VÁLVULAS DE CONTROLE							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-7			FCV-8			
3	SERVIÇO	Entrada C-1			Refrigerante T-4			
4	CASO	Pressão			Temperatura			
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 1			Pagina 1			
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica/Inorgânica			Organica			
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não			Não		
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	1,20E+05	1,20E+05	2,83E+02	2,83E+02		
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h						
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h						
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60			
14	TEMPERATURA	°C	6	6,45	-48,35	-48,35		
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	1,08E+03	1,07E+03				
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,29	0,29				
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a						
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a						
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-						
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³						
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-						
22	Cp / Cv	-						
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g	25,44	12,58				
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g						
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g						
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO						
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%						
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP			
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -						
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-						
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-						
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-						
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE							
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-						
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-						
39	NOTAS :							
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.						
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula						
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)						
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida						
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvula de CONTROLE			
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta			Pág.	5	de	9
2	VÁLVULAS DE CONTROLE							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-9			FCV-10			
3	SERVIÇO	Saída B-2			Saída C-1			
4	CASO	Nível			Nível			
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 1			Pagina 1			
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica/Inorgânica			Organica/Inorgânica			
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não			Não		
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	8,82E+03	8,82E+03	9,25E+04	9,25E+04		
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h						
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h						
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60			
14	TEMPERATURA	°C	-22,06	-22,06	96,98	96,98		
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	2,25E+01	2,25E+01	9,28E+02	9,28E+02		
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,52	0,52	0,1912	0,1912		
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a						
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a						
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-						
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³						
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-						
22	Cp / Cv	-						
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g	11,52	11,52	12,92	12,92		
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g						
26	PRESSÃO PARA VÁLVULA FECHADA	kg/cm ² g						
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO						
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%						
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP			
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -						
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-						
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-						
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-						
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE							
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-						
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-						
39	NOTAS :							
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.						
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula						
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)						
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida						
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvula de CONTROLE			
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta			Pág.	6	de	9
2	VÁLVULAS DE CONTROLE							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-11		FCV-12				
3	SERVIÇO	Vapor T-5		Entrada Coluna C-2				
4	CASO	Temperatura		Pressão				
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 1		Pagina 2				
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA			
8	NATUREZA DO FLUIDO	Água		Organica/Inorgânica				
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não		Não			
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	7,14E+04	7,14E+04	9,25E+04	9,25E+04		
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h						
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h						
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60			
14	TEMPERATURA	°C	190	190	96,98	59,95		
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³			9,28E+02	6,30E+01		
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt			0,19	0,01		
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a						
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a						
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-						
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³						
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-						
22	Cp / Cv	-						
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g			12,92	5,17		
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g						
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g						
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO						
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%						
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP			
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -						
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-						
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-						
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-						
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE							
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-						
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-						
39	NOTAS :							
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.						
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula						
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)						
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida						
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvula de CONTROLE			
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta			Pág.	7	de	9
2	VÁLVULAS DE CONTROLE							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-13			FCV-14			
3	SERVIÇO	Saída B-3			Coluna C-2			
4	CASO	Nível			Temperatura			
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 2			Pagina 2			
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica/Inorgânica			Organica			
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não			Não		
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	4,46E+04	4,46E+04	9,71E+02	9,71E+02		
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h						
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h						
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60			
14	TEMPERATURA	°C	25,04	25,04	-48,35	-48,35		
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	8,96E+02	8,96E+02				
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,2	0,2				
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a						
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a						
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-						
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³						
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-						
22	Cp / Cv	-						
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g	4,08	4,08				
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g						
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g						
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO						
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%						
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP			
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -						
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-						
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-						
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-						
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE							
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-						
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-						
39	NOTAS :							
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.						
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula						
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)						
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida						
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvula de CONTROLE			
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta			Pág.	8	de	9
2	VÁLVULAS DE CONTROLE							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-15			FCV-16			
3	SERVIÇO	Saída C-2			Vapor T-7			
4	CASO	Nível			Temperatura			
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 2			Pagina 2			
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica/Inorgânica			Água			
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não			Não		
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	4,79E+04	4,79E+04	5,83E+03	5,83E+03		
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h						
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h						
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60			
14	TEMPERATURA	°C	150	150	190	190		
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	1,04E+03	1,04E+03				
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,22	0,22				
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a						
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a						
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-						
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³						
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-						
22	Cp / Cv	-						
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g	5,476	5,476				
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g						
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g						
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO						
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%						
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP			
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -						
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-						
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-						
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-						
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE	-						
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-						
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-						
39	NOTAS :							
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.						
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula						
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)						
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida						
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvula de CONTROLE			
	UNIDADE :	Sistema de controle da planta			Pág.	9	de	9
2	VÁLVULAS DE CONTROLE							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-17			FCV-18			
3	SERVIÇO	Refrigerante T-8			Corrente 16			
4	CASO	Temperatura			Pressão			
5	LOCALIZADA EM P&ID	Pagina 2			Pagina 1			
6	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO							
7			ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA		
8	NATUREZA DO FLUIDO	Organica			Organica/Inorgânica			
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	Não			Não		
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	4,37E+04	4,37E+04	4,79E+04	4,79E+04		
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h						
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h						
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60			
14	TEMPERATURA	°C	25	48	90	90,11		
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m ³			1,14E+03	1,14E+03		
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt			0,33	0,33		
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm ² a						
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm ² a						
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-						
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m ³						
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-						
22	Cp / Cv	-						
23	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm ² g			4,762	1,55		
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm ² g						
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm ² g						
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SI / NO						
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA (2)	%						
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FP		FP			
30	AÇÃO TUDO / NADA	SI / NO	Não		Não			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SI / -						
32	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-						
34	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-						
35	CURVA DA VÁLVULA (4)	-						
36	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE							
37	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-						
38	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-						
39	NOTAS :							
40	(1)	Válvula estagnada significa classe V o VI.						
41	(2)	Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula						
42	(3)	Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)						
43	(4)	Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida						
44	(5)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA

1	INSTRUMENTO Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)				CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO																
				NATUREZA FLUIDO	COMPUST CORROSIVOS O TÓXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)	TEMPERATURA (°C)		PONTOS CONSIGNA (°C)			LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO / RECIPIENTE											
								MÍN.	NORM.	MÁX.	ALARME	ENCRAV.		ALTO										
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
5	TI-1	Reator R-1	L	Org/Inorg	Não	L	90	90	91,28		PL													R-1
6	TI-2	Entrada T-2		Org/Inorg	Não	L	91,28		91,28		PL	60	110											5
7	TI-3	Entrada T-3		Org/Inorg	Não	G	500		500		PL	400	600											7
8	TI-4	Entrada T-4		Org/Inorg	Não	G/L	-12,93		-12,93		PL	-15	-5											C-1
9	TI-5	Coluna C-1		Org/Inorg	Não	G/L	12,44		12,44		PL	5	20											C-1
10	TI-6	Entrada T-6		Org/Inorg	Não	G/L	28,22		28,22		PL	20	35											C-2
11	TI-7	Coluna C-2		Org/Inorg	Não	G/L	60,92		60,92		PL	50	70											C-2
12	TI-8	Entrada T-8		Org/Inorg	Não	L	150		150		PL	120	170											14
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								

NOTAS:

- (1) Especificar se é gás (G), líquido (L), vapor de água (V) o mista (M).
- (2) Especificam-se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tunelagem ou equipamento associado.
- (3) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).

Rev.	Por																								
Data	Aprovado																								

PROJETO :		Planta para produção de MVC				Instrumentos de NÍVEL		
UNIDADE :		Painel de Controle				Pág. 1 de 1		
R	INSTRUMENTOS DE NÍVEL							
e								
v								
1	INSTRUMENTO Nº	LI-1	LI-2	LI-3	LI-4			
2	SERVIÇO	Nível L-1	Nível C-1	Nível L-2	Nível C-2			
3	CASO DE PROJETO							
4	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO							
5	NATUREZA DO FLUIDO SUPERIOR / INFERIOR	Orgânico/Inorgânico	Orgânico/Inorgânico	Orgânico/Inorgânico	Orgânico/Inorgânico			
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm p)	Não	Não	Não	Não			
7	TIPO DE INTERFASE (1)	L-L	L-L	L-L	L-L			
8	TEMPERATURA	°C	9,70E+01	2,50E+01	1,50E+02			
9	PRESSÃO	kg/cm ² g	1,29E+01	4,08E+00	5,48E+00			
10	PROPRIEDADES DO FLUIDO							
	DENSIDADE DE FASE SUP. @ P, T	kg/m ³						
	VISCOSIDADE DE FASE SUP. @ T	cP / cSt						
11	DENSIDADE DE FASE INF. @ P, T	kg/m ³	9,28E+02	8,96E+02	1,04E+03			
12	VISCOSIDADE DE FASE INF. @ T	cP / cSt	2,90E-01	1,98E-01	2,16E-01			
13	CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO							
14	TIPO ELEMENTO PRIMARIO							
15	SITUAÇÃO (2)							
16	PONTOS CONSIGNA (NÍVEL NORMAL :) (3)		1458,70	897,6	1515			
17	ALARME ALTO / MUITO ALTO	mm	1945,00	1436,16	2020			
18	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO	mm	583,50	718,08	606			
19	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO	mm						
20	TRAVEJADO, FLUSHING							
21	LOCALIZADO EM RECIPIENTE							
22	NOTAS :							
23	(1) Especificar se é líquido (L-L) ou líquido - vapor (L-V)							
24	(2) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL)							
25	(3) Indicar o nível normal em mm sobre LT o % intervalo medida e os pontos de consigna de ALARMEs e encravamentos nas mesmas unidades							
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
	Rev.		Por					
	Data		Aprovado					

PROJETO :		Planta para produção de MVC		Instrumentos de vazão	
UNIDADE :		Painel de Controle		Pág. 1 de	
R					
e					
v					
INSTRUMENTOS DE VAZÃO					
1	INSTRUMENTO Nº	FI-1	FI-2	FI-3	FI-4
2	SERVIÇO	Corrente 1:Entrada R-1	Corrente 2:Entrada R-1	Refluxo C-1	Refluxo C-2
3	CASO DE PROJETO				
4		DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO			
5	NATUREZA DO FLUIDO	HC	Inorgânico	Org/horg	Org/horg
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm)	Não	Não	Não	Não
7	FASE (1)	G	G	L	L
8	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @ P.T	m³/h		8,65	11,57
9	GAS @ P.T	m³/h	1,16E+04		
10	VAPOR DE AGUA	kg/h			
11	VAZÃO MÍNIMA / MÁXIMA	%	60/120	60/120	60/120
12	TEMPERATURA ENTRADA	°C	2,50E+01	-22,06	25,04
13	PRESSÃO ENTRADA	kg/cm² g	1,55E+00	11,52	4,08
14		PROPRIEDADES DO FLUIDO			
15	PESO MOLECULAR GAS		7,09E+01		
16	DENSIDADE LÍQUIDO @ P.T	Sp. Gr.		22,47	896,1
17	POUR POINT DO LÍQUIDO	°C			
18	DENSIDADE @ P. T	kg/m³	1,74E+00	22,47	896,1
19	VISCOSIDADE @ T	cP (G) / cSt (L)	1,02E-02	0,52	0,2
20		CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO			
21	TIPO ELEMENTO PRIMÁRIO				
22	SITUAÇÃO (2)				
23	PONTOS CONSIGNA (VAZÃO NORMAL : 100%)				
24	ALARME ALTO / MUITO ALTO	%			
25	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO	%			
26	ENGRAVAMENTO ALTO / BAIXO	%			
27	TRACEJADO / DIAFRAGMA / FLUSHING				
28	LOCALIZADO EM TAMANHO/ IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO				
29	NOTAS :				
30	(1) Especificar se é gas (G), líquido (L) ou vapor de água (V).				
31	(2) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL).				
32					
33					
34					
	Rev.		Por		
	Data		Aprovado		

INSTRUMENTOS DE PRESSÃO

INSTRUMENT N°	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	NATUREZA FLUIDO	COMPOSTOS CORROSIVOS OU TÓXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)	PRES. (kg/cm² g)			SITUAÇÃO (3)	CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO					TRAC. (sim/não)	LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO / RECIPIENTE
							MIN	NORM	MAX		ALA RMES		ENCRAV.		TRAC.		
											PAL	PALL	PAH	PAHH			
PI-1	Reator R-1		Org/Inorg	Não	G	500	1,55			PL	1,02	3,54					8
PI-2	Entrada C-1		Org/Inorg	Não	G	500	26,15			PL	10,43	35,54					8
PI-3	Entrada C-2		Org/Inorg	Não	L	96,98	12,92			PL	5,65	22,65					11
PI-4	Corrente 16:Entrada B-1		Org/Inorg	Não	L	90	4,76			PL	1,23	7,65					15

NOTAS :

(1) Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de água (V) ou mista (M).

(2) Especificam-se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tunulação ou equipamento associado.

(3) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL).

Rev.	Por
Data	Aprovado

4.10 Válvulas de segurança

PROJETO :		Planta para produção de MVC			Válvulas de segurança			
UNIDADE :		PSV-1			Pág.	1	de	6
R		VÁLVULAS DE SEGURANÇA						
v		1 CARACTERÍSTICAS GERAIS						
1		VÁLVULA Nº			PSV-1			
2		Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)						
3		EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)			Reator R-1			
4		PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g		1,55			
5		TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C		90			
6		PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g		2,33			
7		TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C		99			
8		NATUREZA DO FLUIDO			Organico/Inorganico			
9		COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)						
10		CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)						
11		12 CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA						
12		PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm ² g	1,4				
13		MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	10				
14		PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm ² g	1,54				
15		TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	90				
16		VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h					
17		PESO MOLECULAR	kg/kmol					
18		Cp/Cv	-					
19		FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-					
20		VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m ³ /h	6,30E+01				
21		DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	1,14E+03				
22		VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	0,33				
23		24 CONDIÇÕES DE DESCARGA À SALIDA DA VÁLVULA						
24		TEMPERATURA	°C	126				
25		VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h					
26		PESO MOLECULAR	kg/kmol					
27		FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-					
28		VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m ³ /h	6,30E+01				
29		DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	1,25E+03				
30		VÁLVULA DESCARGA A... (Atm/ tocha,...) (3)	-	tocha	tocha	tocha	tocha	
31		CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm ² g					
32		CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm ² g					
33		CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm ² g					
34		35 CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA						
35		PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)	kg/cm ² g					
36		PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm ² g					
37		BALANCEADA (sim/não)	~					
38		PILOTADA (sim/não)	~					
39		ÁREA CALCULADA / SELECIONADA	polegadas 2					
40		ORIFÍCIO API ESTIMADO	~					
41		42 COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES						
42		MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm ² g					
43		PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm ² g					
44		BALANCEADA (sim/não)	~					
45		PILOTADA (sim/não)	~					
46		ORIFÍCIO API INSTALADO	~					
47		VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~					
48		NOTAS :						
49		(1)	Indicar caso considerado: fogo, bloqueio, exp. térmica, ruptura de tubos, sobreenchimento, falha de instrumentação falha elétrica local, falha elétrica geral, falha de refrigeração, falha de refluxo ou refluxo circulante, reação química, etc.					
50		(2)	No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-à vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.					
51		(3)	Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.					
52		(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.					
53								
54								
55								
56								
57								
58								
		Rev.	Por					
		Data	Aprovado					

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvulas de segurança			
	UNIDADE :	PSV-2			Pág.	2	de	6
R e v	VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	VÁLVULA Nº						PSV-2	
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)							
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)						Forno F-1	
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g					26,15	
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C					500	
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g					39,23	
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C					550	
9	NATUREZA DO FLUIDO						Organico/Inorganico	
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)							
12	CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA							
13	PRESSÃO DE A CIONAMENTO	kg/cm ² g	23,54					
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	10					
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm ² g	25,88					
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	500					
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	4,80E+03					
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	61,85					
19	Cp/Cv	-	1,114					
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-						
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m ³ /h						
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³						
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt						
24	CONDIÇÕES DE DESCARGA À SALIDA DA VÁLVULA							
25	TEMPERATURA	°C	700					
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	4,80E+03					
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	49,48					
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	1,114					
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m ³ /h						
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³						
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	tocha	tocha	tocha	tocha		
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm ² g						
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm ² g						
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm ² g						
35	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)	kg/cm ² g						
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm ² g						
38	BALANCEADA (sim/não)	~						
39	PILOTADA (sim/não)	~						
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2						
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~						
42	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm ² g						
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm ² g						
45	BALANCEADA (sim/não)	~						
46	PILOTADA (sim/não)	~						
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~						
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~						
49	NOTAS :							
50	(1)	Indicar caso considerado: fogo, bloqueio, exp. térmica, ruptura de tubos, sobreenchimento, falha de instrumentação falha elétrica local, falha elétrica geral, falha de refrigeração, falha de refluxo ou refluxo circulante, reação química, etc.						
51								
52	(2)	No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-à vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.						
53								
54	(3)	Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.						
55	(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvulas de segurança			
	UNIDADE :	PSV-3			Pág.	3	de	6
R e v	VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	VÁLVULA Nº						PSV-3	
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)							
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)						Coluna C-1	
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g					12,2	
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C					14,64	
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g					17,08	
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C					20,5	
9	NATUREZA DO FLUIDO						Organico/Inorganico	
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)							
12	CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA							
13	PRESSÃO DE A CIONAMENTO	kg/cm ² g	10,98					
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	10					
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm ² g	12,08					
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	14,64					
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	3,55E+04					
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	57,05					
19	Cp/Cv	-	1,194					
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-						
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m ³ /h	1,23E+02					
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	4,75E+02					
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	0,36					
24	CONDIÇÕES DE DESCARGA À SALIDA DA VÁLVULA							
25	TEMPERATURA	°C	20,496					
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	3,55E+04					
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	51,345					
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	1,194					
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m ³ /h	1,23E+02					
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	5,23E+02					
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	tocha	tocha	tocha	tocha		
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm ² g						
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm ² g						
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm ² g						
35	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)	kg/cm ² g						
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm ² g						
38	BALANCEADA (sim/não)	~						
39	PILOTADA (sim/não)	~						
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2						
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~						
42	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm ² g						
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm ² g						
45	BALANCEADA (sim/não)	~						
46	PILOTADA (sim/não)	~						
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~						
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~						
49	NOTAS :							
50	(1)	Indicar caso considerado: fogo, bloqueio, exp. térmica, ruptura de tubos, sobreenchimento, falha de instrumentação falha elétrica local, falha elétrica geral, falha de refrigeração, falha de refluxo ou refluxo circulante, reação química, etc.						
51								
52	(2)	No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-à vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.						
53								
54	(3)	Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.						
55	(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvulas de segurança			
	UNIDADE :	PSV-4			Pág.	4	de	6
R e v	VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	VÁLVULA Nº						PSV-4	
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)							
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)						Recipiente L-1	
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g					11,52	
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C					-22,06	
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g					13,54	
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C					-17,43	
9	NATUREZA DO FLUIDO						Inorganico	
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)							
12	CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA							
13	PRESSÃO DE A CIONAMENTO	kg/cm ² g	10,21					
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	10					
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm ² g	11,231					
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	-22,06					
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h						
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol						
19	Cp/Cv	-						
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-						
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m ³ /h	1,21E+03					
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	2,25E+01					
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	0,52					
24	CONDIÇÕES DE DESCARGA À SALIDA DA VÁLVULA							
25	TEMPERATURA	°C	-13,236					
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h						
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol						
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-						
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m ³ /h	1,21E+03					
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	2,47E+01					
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	tocha	tocha	tocha	tocha		
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm ² g						
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm ² g						
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm ² g						
35	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)	kg/cm ² g						
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm ² g						
38	BALANCEADA (sim/não)	~						
39	PILOTADA (sim/não)	~						
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2						
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~						
42	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm ² g						
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm ² g						
45	BALANCEADA (sim/não)	~						
46	PILOTADA (sim/não)	~						
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~						
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~						
49	NOTAS :							
50	(1)	Indicar caso considerado: fogo, bloqueio, exp. térmica, ruptura de tubos, sobreenchimento, falha de instrumentação falha elétrica local, falha elétrica geral, falha de refrigeração, falha de refluxo ou refluxo circulante, reação química, etc.						
51								
52	(2)	No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-à vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.						
53								
54	(3)	Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.						
55	(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvulas de segurança			
	UNIDADE :	PSV-5			Pág.	5	de	6
R e v	VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	VÁLVULA Nº						PSV-5	
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)							
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)						Coluna C-2	
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g					4,867	
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C					60,92	
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g					6,8138	
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C					67,012	
9	NATUREZA DO FLUIDO						Organico/Inorganico	
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)							
12	CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA							
13	PRESSÃO DE A CIONAMENTO	kg/cm ² g	4,3803					
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	10					
15	PRES. DE DESCARGA (Pdis+SOBREPRESSÃO)	kg/cm ² g	4,81833					
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	60,92					
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	5,05E+04					
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	80,71					
19	Cp/Cv	-	1,303					
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-						
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m ³ /h	7,89E+01					
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	9,67E+02					
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	0,21					
24	CONDIÇÕES DE DESCARGA À SALIDA DA VÁLVULA							
25	TEMPERATURA	°C	85,288					
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	5,05E+04					
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	72,639					
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	1,303					
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m ³ /h	7,89E+01					
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	1,06E+03					
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	tocha	tocha	tocha	tocha		
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm ² g						
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm ² g						
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm ² g						
35	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)	kg/cm ² g						
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm ² g						
38	BALANCEADA (sim/não)	~						
39	PILOTADA (sim/não)	~						
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2						
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~						
42	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm ² g						
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm ² g						
45	BALANCEADA (sim/não)	~						
46	PILOTADA (sim/não)	~						
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~						
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~						
49	NOTAS :							
50	(1)	Indicar caso considerado: fogo, bloqueio, exp. térmica, ruptura de tubos, sobreenchimento, falha de instrumentação falha elétrica local, falha elétrica geral, falha de refrigeração, falha de refluxo ou refluxo circulante, reação química, etc.						
51								
52	(2)	No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-à vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.						
53								
54	(3)	Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.						
55	(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO :	Planta para produção de MVC			Válvulas de segurança			
	UNIDADE :	PSV-6			Pág.	6	de	6
R	VÁLVULAS DE SEGURANÇA							
e								
v								
1	CARACTERÍSTICAS GERAIS							
2	VÁLVULA Nº						PSV-6	
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)							
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)						Recipiente L-2	
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm ² g					4,081	
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C					25,04	
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm ² g					5,7134	
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C					27,544	
9	NATUREZA DO FLUIDO						Organico	
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS (% peso / ppm p)							
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)							
12	CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA							
13	PRESSÃO DE A CIONAMENTO	kg/cm ² g	3,6729					
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	10					
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm ² g	4,04019					
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	25,04					
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h						
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol						
19	Cp/Cv	-						
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-						
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m ³ /h	7,18E+04					
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	8,96E+02					
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	0,20					
24	CONDIÇÕES DE DESCARGA À SALIDA DA VÁLVULA							
25	TEMPERATURA	°C	35,056					
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h						
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol						
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-						
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m ³ /h	7,18E+04					
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m ³	9,86E+02					
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	tocha	tocha	tocha	tocha		
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm ² g						
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm ² g						
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm ² g						
35	CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA							
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA)	kg/cm ² g						
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm ² g						
38	BALANCEADA (sim/não)	~						
39	PILOTADA (sim/não)	~						
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2						
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~						
42	COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES							
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm ² g						
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm ² g						
45	BALANCEADA (sim/não)	~						
46	PILOTADA (sim/não)	~						
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~						
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~						
49	NOTAS :							
50	(1)	Indicar caso considerado: fogo, bloqueio, exp. térmica, ruptura de tubos, sobreenchimento, falha de instrumentação falha elétrica local, falha elétrica geral, falha de refrigeração, falha de refluxo ou refluxo circulante, reação química, etc.						
51								
52	(2)	No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-à vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.						
53								
54	(3)	Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.						
55	(4)	Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.						
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

4.11 Serviços auxiliares

	PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				SERVIÇOS AUXILIARES			
	UNIDADE :	SERVIÇOS AUXILIARES				Pág.	1	de	4
R e v	CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (AGUA DE REFRIGERAÇÃO)								
1	CASO DE PROJETO :								
2	EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO			CONSUMO (m³/h) (1,2)		NOTAS		
3									
4	T-4	TROCADOR DE CALOR			239,61		USO DE ETILENO		
5									
6	T-6	TROCADOR DE CALOR			1360,97		USO DE ETILENO		
7									
8	T-3	TROCADOR DE CALOR			8231,02		USO DE ETILENO		
9									
10	T-1	TROCADOR DE CALOR			6,13E+08				
11	T-8	TROCADOR DE CALOR			43,68				
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41	TOTAL								
42	NOTAS :								
43	✓ (1)	Os valores com sinais positivos são vazões circundantes de água refrigeração com o deltaT do projeto. Indicar deltaT considerado para queles casos onde seja diferente do normal (ex. condensadores de turbina,...).							
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
	Rev.	Por							
	Data	Aprovado							

R e v	CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (CONSUMO DE VAPOR E GERAÇÃO DE CONDENSADOS)
-------------	--

1	CASO DE PROJETO
---	-----------------

	EQUIPAMENTO	VAPOR (t/h)					CONDENSADOS (t/h)					NOTAS
		MUITO ALTA	ALTA	MÉDIA	BAIXA	MUITO BAIXA	MUITO ALTA	ALTA	MÉDIA	BAIXA	MUITO BAIXA	
		kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	kg/cm ² g	
		700 °C	400 °C	265 °C	180 °C	100 °C	°C	°C	°C	°C	°C	
2												
3												
4												
5												
6	T-5				0,97							
7	T-7				5,83							
8	T-2			23,38								
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25	TOTAL											

26	NOTAS :
----	---------

- | | |
|----|---|
| 27 | (1) Valores com sinais positivos são consumo, valores com sinais negativos são produções |
| 28 | (2) Os valores entre parênteses são consumos de equipamentos em reserva não aditivos para o consumo total da unidade |
| 29 | (3) Os valores entre aspas são consumos intermitentes para alguma operação especial. Nestes casos se se adicionará uma nota indicando a circunstância em que se necessita o serviço |
| 30 | |
| 31 | |
| 32 | |
| 33 | |
| 34 | |

Rev.	Por								
Data	Aprovado								

PROJETO : PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC		SERVIÇOS AUXILIARES				
UNIDADE : SERVIÇOS AUXILIARES		Pág. 3	de 4			
R e v	CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (COMBUSTÍVEL)					
1	CASO DE PROJETO :					
2	EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL (Gcal/h)			NOTAS
3			Fuel Oil	Fuel gás	Gas Natural	
4	F-1	FORNO	31,2			
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41	TOTAL					
42	NOTAS:					
43	(1)	Valores com sinais positivos são consumo, valores com sinais negativos são produções				
44	(2)	Os valores entre parênteses são consumos de equipamentos em reserva não aditivos para o consumo total da unidade				
45	(3)	Os valores entre aspas são consumos intermitentes para alguma operação especial. Nestes casos se se adicionar uma nota indicando a circunstância em que se necessita o serviço.				
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE MVC				SERVIÇOS AUXILIARES			
UNIDADE :		SERVIÇOS AUXILIARES				Pág.	4	de	4
R	CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (ELETRICIDADE)								
e									
v									
1	CASO DE PROJETO :								
2	EQUIPAMENTO		DESCRIÇÃO			CONSUMO (kw h/h)		NOTAS	
3									
4	B-1		BOMBA			10436,78			
5	B-2		BOMBA DE REFLUXO			3,4			
6	B-3		BOMBA DE REFLUXO			16,35			
7			COMPRESSOR DE ETILENO			428,28			
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41	TOTAL								
42	NOTAS :								
43	(1) Valores com sinais positivos são consumo, valores com sinais negativos são produções								
44	(2) Os valores entre parênteses são consumos de equipamentos em reserva não aditivos para o consumo total da unidade								
45	(3) Os valores entre aspas são consumos intermitentes para alguma operação especial. Nestes casos se se adicionar uma nota								
46	indicando a circunstância em que se necessita o serviço.								
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
	Rev.	Por							
	Data	Aprovado							

5 ANÁLISE HAZOP

5.1 Metodologia

Em uma planta industrial, é necessário levar em conta a segurança geral da planta. É essencial ter uma produção lucrativa, eficiente, mas também é essencial a garantia de segurança e de saúde de todos os indivíduos, tanto operários quanto comunidade local. Por isso, é imprescindível o monitoramento e controle de potenciais situações de risco.

A planta de cloreto de vinila envolve processos de alto risco além do manuseio de produtos químicos altamente tóxicos e perigosos. A fim de reduzir os perigos associados a estes processos, foi feito um estudo de HAZOP, onde foram identificados na produção pontos que podem oferecer sérios riscos aos funcionários e ao entorno das instalações da planta e, por isso, necessitam de atenção redobrada. Os pontos identificados são: reator de cloração R-1 e trocador de calor T-2.

A partir disso, são levantados questionamentos sobre as possíveis formas que a operação pode se desviar da intenção do projeto. Para isso, utilizam-se alguns parâmetros para cada equipamento analisado, além de palavras-chave a fim de direcionar essas questões e assegurar que todas as formas de desvios sejam exploradas.

Após a consideração de todos os desvios, associam-se as causas que podem gerá-los e as possíveis consequências (perigos e dificuldade na operação). Por fim, baseado em todas as etapas anteriores, medidas de ações corretivas e/ou preventivas são sugeridas e, após o fim da análise, implantadas com o intuito de garantir a segurança da planta, dos trabalhadores e da população nas imediações e de obter a maior eficiência em todo o processo.

5.2 Palavras-chave

As palavras-chaves utilizadas para esta análise HAZOP com seus respectivos significados foram listadas na tabela a seguir.

Tabela 4. Palavras-chave utilizadas.

Palavra-chave	Significado
NÃO	Ausência do parâmetro analisado no equipamento
MAIS	Excesso do parâmetro analisado no equipamento
MENOS	Escassez do parâmetro analisado no equipamento

5.3 Análise de desvios

5.3.1 Reator de cloração R-1

O cloro encontra-se em estado gasoso na temperatura e pressão ambientes e possui alta viscosidade quando comparado ao ar. A utilização deste como matéria-prima do MVC proporciona alto risco em caso de vazamentos, pois forma uma nuvem densa e de difícil dispersão. Apesar do cloro não ser inflamável, ele sustenta a combustão, sendo necessário que as instalações sejam a prova de fogo (Leite e Gonçalves). Os principais possíveis desvios considerados na análise foram ausência, excesso, escassez e inversão no fluxo de entrada de reagentes no reator e excesso e escassez de temperatura e de pressão (DRY *et al.*, 2003).

A análise HAZOP efetuada para este reator encontra-se detalhada na tabela 5 a seguir.

Tabela 5. Formulário da análise HAZOP do Reator R-1.

Parâmetro	Palavra chave	Desvio	Causas	Consequências	Ação
FLUXO DE REAGENTES	NÃO	Sem fluxo de reagentes para o reator	Bloqueio na tubulação dos reagentes	Explosão da tubulação / Ineficiência na reação	Instalar controlador de vazão e alarme do tipo FAL
	MAIS	Excesso no fluxo de reagentes para o reator	Problema na fonte de reagente gerando aumento na vazão das correntes de entrada do reator	Aumento de pressão nas tubulações / Explosão	Instalar controlador de vazão e alarme do tipo FAH
	MENOS	Pouco fluxo de reagentes	Vazamento nas tubulações	Liberação de produtos tóxicos	Instalar controlador de vazão e alarme

		para o reator		ao ambiente	do tipo FAL
	INVERSO	Fluxo inverso de reagentes	Bloqueio na tubulação da corrente de saída do reator	Ineficiência na reação	Instalar controlador de vazão e alarme do tipo FAL
PRESSÃO	MAIS	Alta pressão no reator	Aumento da vazão de entrada/Diminuição da vazão da saída	Explosão do reator	Instalar controlador de pressão
	MENOS	Baixa pressão no reator	Fluxo inverso dos reagentes	Ineficiência da reação / Prejuízo nas etapas pós-reator	Instalar controlador de pressão
TEMPERATURA	MAIS	Temperatura excessiva no reator	Mal funcionamento da camisa do reator/falta de fluido de resfriamento	Mudança na composição dos produtos/explosão do reator	Instalar controlador de temperatura e alarme do tipo TAH
	MENOS	Temperatura baixa no reator	Entrada de reagentes em temperatura abaixo da especificação	Ineficiência da reação / Mudança na composição dos produtos	Instalar controlador de temperatura e alarme do tipo TAL

Com base nessa análise, o diagrama P&ID do equipamento será construído utilizando os instrumentos indicados.

5.3.2 Trocador de calor T-2

O trocador T-2 é responsável por levar o dicloroetano líquido a 91 °C e 26 atm para o estado vapor a 242 °C para, nessas condições, entrar no forno. Devido à operação a alta

pressão e temperatura, este trocador de calor também deve ser o foco da análise HAZOP para segurança e bom funcionamento de toda a planta.

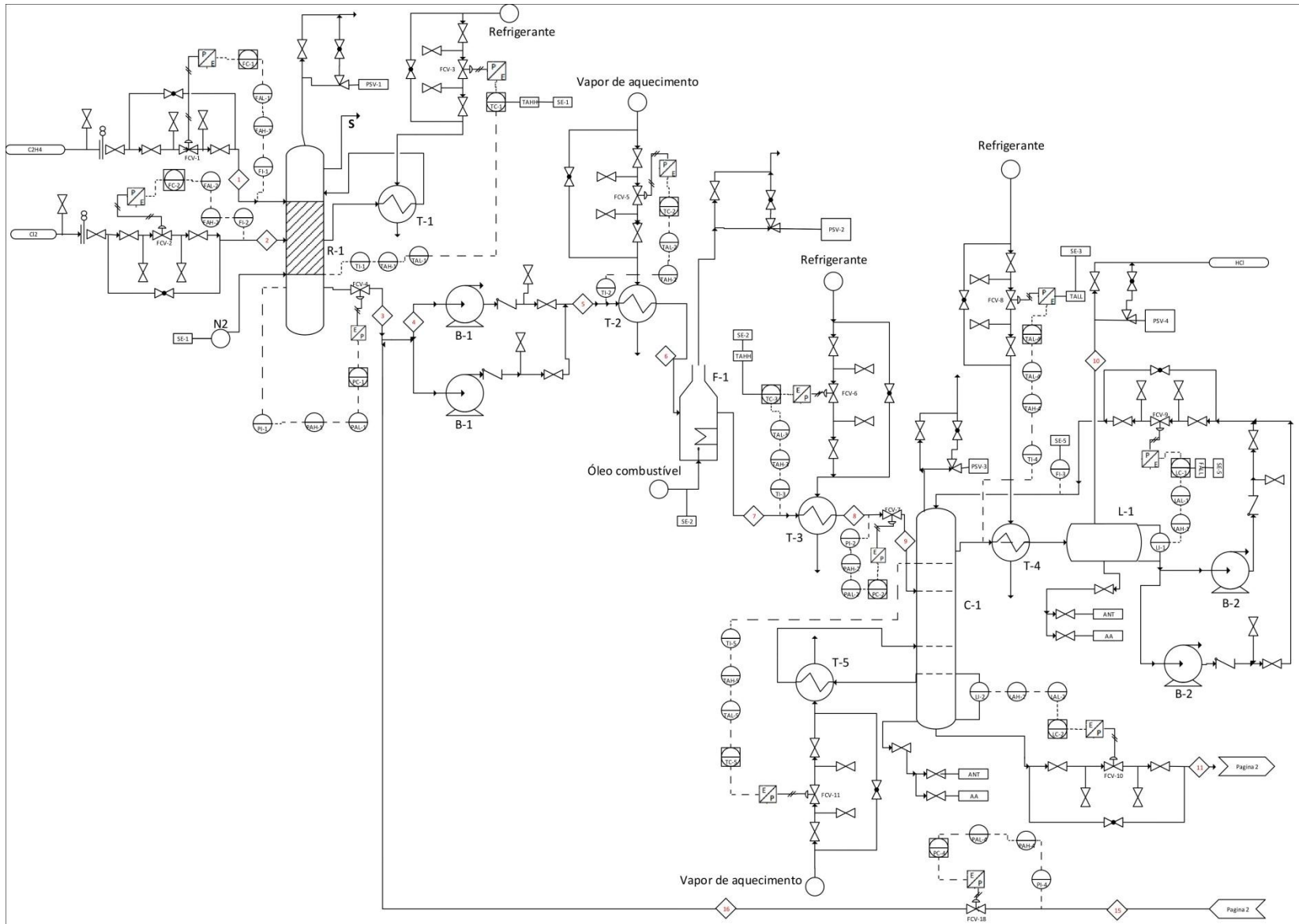
A análise HAZOP encontra-se na tabela a seguir.

Tabela 7. Formulário da análise HAZOP do Trocador T-2.

Parâmetro	Palavra chave	Desvio	Causas	Consequências	Ação
TEMPERATURA	MAIS	Alta temperatura dentro do trocador	Vazão excessiva de vapor de aquecimento	Corrente de saída com temperaturas excessivamente altas	Instalar sensor e controlador de temperatura e alarme do tipo TAH
	MENOS	Baixa temperatura dentro do trocador	Baixa vazão ou baixa temperatura de vapor de aquecimento	Corrente de saída fora da especificação	Instalar sensor e controlador de temperatura e alarme do tipo TAL

5.4 Diagrama P&ID

O diagrama P&ID resultante da análise HAZOP é mostrado na figura a seguir:



5.5 Conclusão da análise

Por meio da análise, conclui-se que as ações e os instrumentos de controle idealizados devem ser implementados para melhor eficiência da produção, melhor desempenho da planta e, principalmente, maior segurança e diminuição das chances de acidentes.

5.6 Análise de segurança – alarmes e travas

Os alarmes são sinais, sonoros ou luminosos, que se ativam quando alguma variável de interesse está fora do limite desejado. O principal objetivo desse dispositivo é informar ao responsável pela planta que o processo passa por flutuações indesejadas e que pode ser necessário optar por medidas corretoras. Esses devem ser instalados para monitorar variáveis de extrema importância para o bom andamento da planta, não sendo recomendada a utilização em muitos equipamentos, para que sua importância seja preservada. No projeto desenvolvido, esses dispositivos foram instalados de forma estratégica para o controle e a segurança da planta. A maioria dos alarmes se concentra nos reatores e nas colunas de destilação, pois são as unidades mais sensíveis às variações das condições estabelecidas. Além, dos equipamentos citados todos os recipientes possuem alarmes que monitoram seus níveis para garantir fluxo constante entre as unidades da planta. Na Tabela 8 são encontrados todos os alarmes sugeridos no projeto.

Tabela 8. Alarmes disponíveis na planta de produção de cloreto de vinila.

Instrumento Associado	Tipo de Alarme	Descrição
FI-1	FAL	Baixa vazão na entrada 1 do reator R-1
FI-1	FAH	Alta vazão na entrada 1 do reator R-1
FI-2	FAL	Baixa vazão na entrada 2 do reator R-1
FI-2	FAH	Alta vazão na entrada 2 do reator R-1
TI-1	TAH	Alta temperatura no reator R-1
TI-1	TAL	Baixa temperatura no reator R-1
TC-1	TAHH	Muito alta temperatura no reator R-1
PI-1	PAH	Alta pressão no reator R-1
PI-1	PAL	Baixa pressão no reator R-1
TI-2	TAH	Alta temperatura na entrada do trocador T-2

TI-2	TAL	Baixa temperatura na entrada do trocador T-2
TI-3	TAH	Alta temperatura na entrada do trocador T-3
TI-3	TAL	Baixa temperatura na entrada do trocador T-3
TC-3	TAHH	Muito alta temperatura na entrada do trocador T-3
PI-2	PAH	Alta pressão na entrada da coluna C-1
PI-2	PAL	Baixa pressão na entrada da coluna C-1
TI-4	TAH	Alta temperatura na entrada do trocador T-4
TI-4	TAL	Baixa temperatura na entrada do trocador T-4
TC-4	TALL	Muito baixa temperatura na entrada do trocador T-4
LI-1	LAH	Alto nível no recipiente L-1
LI-2	LAL	Baixo nível no recipiente L-1
TI-5	TAH	Alta temperatura na entrada do trocador T-5
TI-5	TAL	Baixa temperatura na entrada do trocador T-5
LI-2	LAH	Alto nível no líquido de fundo da coluna C-1
LI-2	LAL	Baixo nível no líquido de fundo da coluna C-1
PI-3	PAH	Alta pressão na entrada da coluna C-2
PI-3	PAL	Baixa pressão na entrada da coluna C-2
TI-6	TAH	Alta temperatura na entrada do trocador T-6
TI-6	TAL	Baixa temperatura na entrada do trocador T-6
TC-6	TALL	Muito baixa temperatura na entrada do trocador T-6
FI-3	FALL	Baixa vazão no refluxo de topo da coluna C-1
FI-4	FALL	Baixa vazão no refluxo de topo da coluna C-2
LI-3	LAH	Alto nível no recipiente L-2
LI-3	LAL	Baixo nível no recipiente L-2
LI-4	LAH	Alto nível no líquido de fundo da coluna C-2
LI-4	LAL	Baixo nível no líquido de fundo da coluna C-2
TI-7	TAH	Alta temperatura na entrada do trocador T-7
TI-7	TAL	Baixa temperatura na entrada do trocador T-7
TI-8	TAH	Alta temperatura na entrada do trocador T-8
TI-8	TAL	Baixa temperatura na entrada do trocador T-8
PI-4	PAH	Alta pressão no refluxo para a bomba B-1
PI-4	PAL	Baixa pressão no refluxo para a bomba B-1

Além dos alarmes, outra medida de segurança sugerida é o uso dos encravamentos. Esses são ativados quando a variável monitorada pelo alarme está muito alta ou muito baixa. Nesses casos, o encravamento é responsável por abrir ou fechar uma válvula de forma a deixar a planta em uma situação segura (MARTÍNEZ, 2010). Na planta de produção de MVC, 6 encravamentos são sugeridos e estão localizados no reator, no forno e nas colunas de destilação. Caso a temperatura dos reatores fique muito elevada ou os refluxos das colunas de destilação operem de forma indevida, os encravamentos, individuais de cada unidade, se encarregam de colocar a planta em uma situação segura. Todos os encravamentos do processo bem como suas implicações se encontram na tabela abaixo.

Tabela 9. Sistema de encravamento da planta de produção de cloreto de vinila.

Instrumento Associado	Tipo de Alarme	Encravamento	Proteção	Sinal	Ação Corretora
TC-1	TAHH	SE - 1	Reator C-1	Alta temperatura em C-1	Inserir vapor inerte no recipiente C-1 Parar o fornecimento de óleo em F-1 e/ou fechar a válvula FCV-6
TC-3	TAHH	SE - 2	Forno F-1	Alta temperatura em F-1	Parar o fornecimento de refrigerante em T-4 fechando a válvula FCV-8
TC-4	TALL	SE - 3	Coluna C- 1	Muito baixa temperatura de saída de topo da coluna C-1	

TC-6	TALL	SE – 4	Coluna C-2	Muito baixa temperatura de saída de topo da coluna C-2	Parar o fornecimento de refrigerante em T-6 fechando a válvula FCV-14
FI-3	FALL	SE - 5	Coluna C-1	Muita baixa vazão de refluxo em C-1	Abrir o fornecimento de liquido em L-1 abrindo a válvula FCV-9
FI-4	FALL	SE - 6	Coluna C-2	Muita baixa vazão de refluxo em C-2	Abrir o fornecimento de liquido em L-2 abrindo a válvula FCV-13

6 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

A produção de MVC em uma planta envolve vários riscos devido a periculosidade da matéria prima. Os insumos, etileno e cloro, devem ser utilizados com muito cuidado e com extremo controle das condições do processo. O gás cloro é altamente tóxico, como dito anteriormente, e corrosivo e a exposição a ele pode causar irritação nas vias respiratórias, dermatite e irritação nos olhos podendo até levar a cegueira. No meio ambiente, o cloro causa contaminação dos cursos d'água, da fauna e da flora. O etileno por sua vez é altamente inflamável e sua exposição a altas quantidades pode causar efeitos diversos, desde náuseas e falta de ar, até fraqueza e desmaio (CARBOCLORO, 2006).

Em uma planta de produção de MVC, há também a produção de muitos subprodutos. Alguns subprodutos são muito perigosos para o meio ambiente e para a saúde humana. Por isso, a produção tem que ser otimizada para diminuir a quantidade de resíduos gerados e o que

for gerado deve ser eliminado de forma segura. Para o tratamento de subprodutos da produção de MVC é necessário todo um processo pois os resíduos gerados são clorados e muitos deles não têm uso comercial e não podem ser descartados no meio ambiente (DRY *et al.*, 2003). Há muitas técnicas de tratamento que podem incluir condensação dos vapores, absorção, queima e incineração térmica com catalisador. A planta deve seguir e atender às legislações ambientais quanto a forma de descarte de resíduos (BRASKEM, 2015).

Além dos produtos químicos, a planta tem um alto consumo de energia e água, que devem ser usados da forma mais eficiente para evitar desperdício. Integração energética diminui o consumo de energia e a reutilização da água em outras partes do processo diminui o desperdício de água (BRASKEM, 2015). Além disso, a planta deve ter um sistema de tratamento de água interno para que, ao devolver a água ao meio ambiente, ela esteja dentro dos padrões ambientais e da legislação.

Um fator importante para a análise de segurança ambiental é a localização da planta. Ela deve ficar a distância considerável de risco para a população, uma vez que a inflamabilidade do eteno pode causar explosão. Além disso, a qualidade do ar nas proximidades da planta não é boa devido a quantidade e qualidade de gases emitidos (DRY *et al.*, 2003). Deve haver um estudo prévio e minucioso do local da planta industrial para que não prejudique a flora e a fauna da região.

7 ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica de uma planta química é realizada a partir de certos parâmetros, como os investimentos, rendas, custos e rentabilidade. Para um projeto ser realizado, o primeiro passo é que sejam utilizados reagentes de baixo valor e produtos de alto valor agregado, de modo que o projeto seja rentável. A rentabilidade é analisada na comparação dos lucros pela venda dos produtos com os investimentos iniciais de construção da planta e todos os custos de operação (combustível, energia elétrica, água, salário de funcionários, entre outros).

É necessário que a engenharia econômica seja feita nas fases iniciais do projeto, já que um projeto não rentável não é atrativo para os investidores e geralmente não é realizável. Dessa forma, podem ser feitas alterações no projeto para que ele prossiga e seja viável na realidade. No entanto, em fases iniciais de projeto não é possível determinar o custo exato de execução da planta, mas podem ser feitas estimativas precisas dos gastos necessários (PETERS,1968).

A planta deve sempre funcionar em um ótimo econômico, ou seja, devem ser feitas regulações nos equipamentos e partes da planta de modo que o custo seja menor possível, sem que haja modificações nas especificações de produto e que sejam mantidas condições de segurança e regulamentações ambientais (TOWLER,2008).

7.1 Investimentos

Quando um projeto é feito, deve-se levar em conta quem são os investidores. Se a planta é financiada com recursos próprios, o projeto é factível se a rentabilidade for maior que outros investimentos que poderiam ser feitos, como poupanças ou aplicações bancárias. No caso, mais comum, em que existem financiadores externos, considera-se também as taxas de juros aplicadas ao investimento (DUEÑAS et. al., 2010).

7.1.1 Capital Imobilizado

O capital imobilizado é um investimento de pouca fluidez, ou seja, é relativamente fixo e é investido nas instalações, equipamentos, terrenos e pagamentos de licenças. Ele é necessário para que as atividades da empresa sejam iniciadas. Representa uma grande quantidade dos recursos ativos da empresa, e é um investimento que não é destinado à venda, sendo assim, de longa permanência, em geral na indústria para mantê-la em funcionamento (LEMOS, 2003).

Segundo Towler (2008), o investimento de capital imobilizado é composto por:

1. o investimento interno (ISBL) - o custo da planta em si;
2. as modificações e melhorias que devem ser feitas para a infraestrutura da planta, conhecido como investimento externo ou OSBL;
3. custos de engenharia e construção;
4. taxas de contingência.

7.1.2 Investimento interno (ISBL)

O ISBL inclui o custo de aquisição e instalação de todo o equipamento de processo que compõe a fábrica, os custos diretos incluem:

- todos os principais equipamentos de processo, tais como, reatores, colunas, fornos, trocadores de calor, refrigeradores, bombas e compressores;
- itens como tubulações, válvulas, fiação, instrumentos, estruturas, isolamentos, tintas, óleos lubrificantes, solventes, catalisadores etc .;

- obras civis, como estradas, fundações, pilares, edifícios, esgotos, valas, taludes, etc.;

O catalisador utilizado na planta é o cloreto férrico, FeCl_3 , que é um catalisador de custo relativamente baixo. Ele é solúvel em água, e desta forma sua separação e recuperação é facilmente realizada. Devido ao seu custo, recuperação e quantidade utilizada, ele tem pouca influência no investimento total da planta e por isso não possui uma parcela significativa na fatoração dos custos diretos de ISBL. No entanto, seu custo foi aproximado por 2% do volume reacional e foi adicionado posteriormente ao cálculo do custo total de ISBL.

Além dos custos diretos, haverá custos indiretos no campo, incluindo:

- os custos de construção, tais como aluguel de equipamentos de construção, construção temporária, água e energia temporária, oficinas de construção, etc.;
- despesas e serviços de campo, como cantinas, custos de especialistas, pagamento de horas extras e custos climáticos adversos;
- seguro de construção;
- benefícios e encargos trabalhistas;
- outros itens gerais, tais como taxas de agentes, custos legais, direitos de importação, custos especiais de frete, impostos locais, taxas de patentes ou royalties, despesas gerais corporativas, etc.

Nos estágios iniciais de um projeto, é importante definir cuidadosamente o escopo do investimento interno, já que outros custos do projeto são geralmente estimados a partir deste custo. A economia global do projeto pode ser mal calculada se o escopo do investimento interno estiver mal definido. Adiante, são utilizados métodos para calcular os custos.

Métodos de fatoração de custos apresentam uma precisão de cerca de +/- 25%. Essa faixa de variação é devida, principalmente, às incertezas presentes nos custos indiretos. Porém, de uma forma geral, em quase todas as estimativas de custos de projetos, é esse o método mais aceito (HALL, 1982).

7.1.3 Investimento externo (OSBL)

O investimento externo inclui os custos das adições que devem ser feitas para a infraestrutura acomodar a adição de uma nova planta ou aumentar a capacidade de uma planta

existente. Investimentos externos podem incluir subestações elétricas, instalações de geração de energia, caldeiras, rede de vapor, linhas de condensado, bombas de abastecimento, torres de refrigeração, bombas de circulação, rede de água de refrigeração, tratamento de água de arrefecimento, tubos de água, desmineralização da água, estação de tratamento de águas residuais, drenagem e esgotos, pontes de tubulação, alimentação e oleodutos de produtos, tanques, instalações de carga, transportadores, docas, armazéns, ferrovias, caminhões de elevação, laboratórios, equipamentos analíticos, escritórios, cantinas, vestiários, salas de controle central, serviços de emergência, equipamentos de combate a incêndio, hidrantes, instalações médicas, segurança do campo, etc. (TOWLER, 2008).

Os investimentos externos envolvem muitas vezes interações com empresas de serviços públicos, como fornecedores de eletricidade ou água. Eles podem estar sujeitos a um escrutínio igual ou maior do que os investimentos da ISBL devido ao seu impacto na comunidade local através do consumo e descarga de água, tráfego, etc. (TOWLER, 2008).

Os custos externos são geralmente estimados como uma proporção dos custos ISBL nos estágios iniciais do projeto. Os custos OSBL geralmente estão no intervalo de 10% a 100% dos custos ISBL, dependendo do escopo do projeto e seu impacto na infraestrutura do site. Para projetos petroquímicos típicos, os custos externos são geralmente entre 20% e 50% do custo ISBL.

Por outro lado, se a infraestrutura precisar de reparo ou atualização para atender a novos regulamentos, ou se a planta for construída em um lugar completamente novo ("*greenfield*"), os custos externos serão maiores (TOWLER, 2008).

7.1.4 Custos de engenharia

Segundo Towler (2008), os custos de engenharia incluem os custos de design detalhado e outros serviços de engenharia necessários para realizar o projeto:

- engenharia detalhada de design de equipamentos de processo, sistemas de tubulação, sistemas de controle e *offsites*, layout de plantas, elaboração, engenharia de custos, modelos de escala e engenharia civil;
- aquisição de itens e granéis de plantas principais;
- supervisão e serviços de construção;
- cargos administrativos, incluindo supervisão de engenharia, gerenciamento de projetos, expedição, inspeção, despesas de viagem, e despesas gerais do *home office*;

- o lucro do empreiteiro.

Os custos de engenharia são mais bem estimados individualmente com base no escopo do projeto, pois não são diretamente proporcionais ao tamanho do projeto. Uma regra para custos de engenharia é de 30% do custo ISBL mais OSBL para projetos menores e 10% do custo ISBL mais OSBL para projetos maiores (TOWLER, 2008).

7.1.5 Taxas de contingência

Segundo Towler (2008), as taxas de contingência são custos extras adicionados ao orçamento do projeto para permitir a variação da estimativa de custo. Todas as estimativas de custo são incertas e o custo final instalado de muitos itens não é conhecido até a instalação ter sido concluída com sucesso. Além dos erros na estimativa de custo, os custos de contingência também ajudam a cobrir mudanças no escopo do projeto, mudanças nos preços (por exemplo, preços do aço, cobre, catalisador, etc.), flutuações cambiais, disputas trabalhistas, problemas de subcontratados, e outros problemas inesperados.

Uma taxa de contingência mínima de 10% do custo ISBL mais OSBL deve ser usada em todos os projetos (TOWLER, 2008).

7.1.6 Estimativa do capital imobilizado

A estimativa do capital necessário foi realizada conforme a Equação 8 que se segue, utilizando o método das porcentagens:

$$C_B = a + b \cdot S^n \quad (8)$$

Em que C_B corresponde ao custo do equipamento no ano base (2006), a , b e n são parâmetros tabelados para cada tipo de equipamento e S corresponde a um parâmetro de projeto do equipamento. Os valores de a , b , e n , e a unidade do parâmetro S para cada tipo de equipamento empregado, encontram-se na Tabela 10 a seguir:

Tabela 10. Parâmetros para o cálculo do custo dos equipamentos.

Equipamento	Unidade do S	a	B	N
Reator (recipiente)	Massa da carcaça (kg)	-400	230	0,6
Trocador de calor	Área, (m ²)	10 ⁴	88	1
Trocador de calor (Kettle reboiler)	Área, (m ²)	1,4·10 ⁴	83	1

Forno (caixa)	Potência, (MW)	$7 \cdot 10^3$	$7,1 \cdot 10^4$	0,8
Bomba (centrífuga)	Fluxo, (L/s)	$3,3 \cdot 10^3$	48	1,2
Bomba (turbina)	Consumo de energia, (kW)	$-1,9 \cdot 10^3$	820	0,8
Coluna de destilação	Massa da carcaça, (kg)	-400	230	0,6
Pratos (válvulas)	Diâmetro, (m)	130	146	2
Compressor (K-1)	Potência, (kW)	$8,4 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^4$	0,6

Fonte: Towler, 2008.

Todas as equações apresentadas fornecem o custo dos equipamentos em dólares (US\$). Para a conversão dos valores em reais (R\$) para os valores em dólares americanos (US\$), foi considerada uma taxa de câmbio fixa em 3,30 R\$/US\$. Para o reator e a bomba foi considerado um sobredimensionamento de 1,5 e 1,2, respectivamente. O valor empregado para os trocadores de calor foi 1,1, exceto para caldeiras e condensadores das torres de destilação. Para os demais equipamentos não houve sobredimensionamento.

Os métodos de estimativas de custos utilizam dados históricos e são previsões de custos futuros. Os preços dos materiais de construção e os custos do trabalho estão sujeitos à inflação. Algum método deve ser usado para atualizar dados de custo antigo para uso na estimativa na fase de projeto e para prever o custo de construção futuro da planta. O método geralmente usado para atualizar dados históricos de custo faz uso de índices de custos publicados. Estes relacionam os custos atuais com os custos passados e são baseados em dados de custos trabalhistas, materiais e energéticos publicados em estatísticas governamentais (TOWLER, 2008).

Para o cálculo do índice CEPCI global é necessário utilizar pesos (fatores de normalização) tabelados (VAZOLLER, 2017). O cálculo é ilustrado pela Equação 9:

$$I_{\text{CEPCI}} = \frac{\sum_i i_j \cdot p_j}{P} \quad (9)$$

Onde

i_j = subíndice ou componente do índice no ano j ;

p_j = fator de normalização ou peso para o subíndice ou componente do índice;

P = CEPCI composto (peso para normalização).

Após a determinação desses índices, pode-se calcular o custo dos equipamentos relacionando custos atuais com os custos passados. Neste trabalho, usa-se os índices anuais já determinados para o ano de 2006 e 2016 (Chemical Engineering, 2017).

Segundo Vazoller (2017), a regra dos 5 anos determina que estimativas baseadas em índices que utilizam até 5 anos como estimativa possuem faixas de erro no orçamento de \mp 20% a \mp 30%. Utilizar em períodos superiores a esse, implica em margens de erro ainda maiores, porém, devido a impossibilidade de acesso a dados recentes, a diferença será de 10 anos.

Os índices e os custos corrigidos para o ano 2016 dos equipamentos empregados na planta industrial, são descritos na tabela a seguir, conforme a Equação 10 .

$$\text{Custo}_{2016} = \text{Custo}_{2006} \frac{\text{índice}_{2016}}{\text{índice}_{2006}} \quad (10)$$

Tabela 11. Índices anuais de custos.

Ano	Índice CEPCI global
2006	499,6
2016	541,7

Determinou-se o custo dos equipamentos conforme seus parâmetros conforme a Tabela 12. a seguir:

Tabela 12. Custos dos equipamentos.

Equipamento	Parâmetro de Estimação	Valor	Sobredim.	Custo 2006 (U\$)	Custo 2016 (R\$)
T-1	Área (m ²)	347,92	1,1	4,37·10 ⁴	1,56·10 ⁵
T-2	Área (m ²)	192,68	1,1	2,86·10 ⁴	1,02·10 ⁵
T-7	Área (m ²)	47,22	1,1	1,46·10 ⁴	5,2·10 ⁴
F-1	Potência (MW)	25,90	1	9,66·10 ⁵	3,46·10 ⁶
R-1	Massa (kg)	3,18·10 ⁴	1,2	1,15·10 ⁵	4,13·10 ⁵
B-1	Fluxo (L/s)	29,17	1,2	6,72·10 ³	2,4·10 ⁴
C-1	Massa (kg)	1,63·10 ⁴	1,2	8,60·10 ⁴	3,08·10 ⁵

	Diâmetro (m)	1,6	1	335,84	$1,20 \cdot 10^3$
	Número de pratos	16	1	$5,37 \cdot 10^3$	$1,92 \cdot 10^4$
T-3	Área (m ²)	36,75	1	$1,32 \cdot 10^4$	$4,74 \cdot 10^4$
B-2	Fluxo (L/s)	2,40	1,2	$3,47 \cdot 10^4$	$1,24 \cdot 10^4$
T-4	Área, m ²	80,98	1	$2,07 \cdot 10^4$	$7,41 \cdot 10^4$
	Massa, kg	$1,08 \cdot 10^4$	1,2	$6,72 \cdot 10^4$	$2,40 \cdot 10^5$
C-2	Diâmetro, m	1,59	1	519,90	$1,86 \cdot 10^3$
	Número de pratos	25	1	$1,30 \cdot 10^4$	$4,65 \cdot 10^4$
T-5	Área, m ²	76,90	1	$1,68 \cdot 10^4$	$5,60 \cdot 10^4$
B-3	Fluxo, L/s	3,21	1,2	$3,54 \cdot 10^3$	$1,27 \cdot 10^4$
T-6	Área, m ²	128,95	1	$2,47 \cdot 10^4$	$8,84 \cdot 10^4$
K-1	Potência, kW	428,28	1	$1,26 \cdot 10^5$	$4,51 \cdot 10^5$

7.2 Capital de Giro

O capital de giro é o dinheiro adicional necessário, acima do custo para construir a planta, iniciá-la e executá-la até que comece a ganhar renda (TOWLER, 2008). É considerado um investimento de alta fluidez. O capital de giro normalmente inclui:

1. valor do inventário de matérias-primas (normalmente estimado como 2 semanas de custo entre as matérias-primas);
2. valor do inventário do produto e dos subprodutos - estimado em 2 semanas de custo de produção;
3. dinheiro estimado como o custo de produção de 1 semana;
4. contas a receber - produtos enviados, mas ainda não pagos - estimados em 1 mês de custo de produção;
5. crédito para contas a pagar - matérias-primas, solventes, catalisadores, embalagens, etc., recebido, mas ainda não pago - estimado como custo entregue de 1 mês;
6. inventário de peças sobressalentes - estimado como 1% a 2% do custo de investimento ISBL mais OSBL.

Pode ver-se que a soma dos itens 1 a 5 é cerca de 7 semanas de custo de produção menos 2 semanas de custos de matéria-prima (o item 5 é um crédito).

O capital de giro pode variar de até 5% do capital fixo para um processo simples, de produto único, com pouco ou nenhum armazenamento de produtos acabados. Uma figura típica para plantas petroquímicas é de 15% do capital fixo (ISBL mais custo OSBL) (TOWLER,2008). Neste trabalho considerou-se uma porcentagem de 15% exibida na Tabela 13.

Tabela 13. Estimativa do Capital de Giro

Critério Adotado	Custo 2016 (MR\$)
15% (ISBL + OSBL)	2,43

7.3 Custos variáveis de produção

Os custos variáveis de produção são custos que são proporcionais à produção da planta ou à taxa de operação. Estes incluem os custos de matérias-primas consumidas pelo processo, utilidades (combustível queimado em aquecedores de processo, vapor, água de refrigeração, eletricidade, água bruta, e outros serviços trazidos de outros locais), consumíveis (solventes, materiais inertes, inibidores de corrosão, aditivos, catalisadores e adsorventes que requerem substituição contínua ou frequente), eliminação de efluentes e embalagem e transporte (TOWLER, 2008).

A Tabela 14. exibe os valores dos custos variáveis para produção de MVC.

Tabela 14. Custos variáveis.

Serviços auxiliares	Consumo	Custo	Unidade	Custo total R\$/h	Custo anual (R\$)
Água de refrigeração	43,68	0,4	R\$/ton	17,47	$1,40 \cdot 10^5$
Vapor de aquecimento	24,33	10	R\$/ton	243,26	$1,95 \cdot 10^6$
Eteno	11,91	3145	R\$/ton	$3,75 \cdot 10^4$	$8,99 \cdot 10^5$
Combustível	$3,12 \cdot 10^3$	1,182	R\$/kg	$3,69 \cdot 10^3$	$2,95 \cdot 10^7$
Ar de instrumentação	36	0,24	R\$/Nm ³	8,64	$6,91 \cdot 10^4$
Eletricidade do Compressor	500,81	0,54	R\$/kWh	268,07	$2,14 \cdot 10^6$
Eletricidade Bomba B-1	$1,04 \cdot 10^4$	0,54	R\$/kWh	$5,59 \cdot 10^3$	$4,47 \cdot 10^7$

Eletricidade Bomba B-2	3,40	0,54	R\$/kWh	1,82	$1,45 \cdot 10^4$
Eletricidade Bomba B-3	16,36	0,54	R\$/kWh	8,75	$7,00 \cdot 10^4$

Observa-se um custo total variável anual de 79,48 MR\$.

O custo total dos serviços auxiliares é feito ao ano, nas 8000 horas de operação, com exceção do etileno.

- Água de refrigeração: a água foi utilizada como fluido de arrefecimento de trocadores de calor. Assumiu-se para o custo de água de refrigeração o valor comum de projeto de 0,4 reais por tonelada (TOWLER, 2008).
- Vapor de aquecimento: o vapor de água foi utilizado como fluido quente em trocadores de calor. Assumiu-se para o custo de vapor de aquecimento o valor comum de projeto de 10 reais por tonelada (TOWLER, 2008).
- Eteno: para os trocadores de calor que precisam abaixar a temperatura do fluido de trabalho além dos limites que a água de refrigeração permite, foi utilizado o eteno, que já estava presente na planta, como fluido de refrigeração. Como consideramos que este eteno é reaproveitado pelo uso do compressor, assume-se seu custo total somente no período de 24 horas. O custo de eteno é de 3145 reais por tonelada (TOURTON, 2008).
- Combustível: o combustível é destinado ao forno. Utiliza-se o óleo combustível e seu custo é de 1182 reais por tonelada (ANP, 2016).
- Ar de instrumentação: ar utilizado no funcionamento das 18 válvulas do sistema de controle. Cada válvula utiliza vazão de 2 Nm³/h. Assume-se custo, para efeitos de cálculo, de 0,24 R\$/Nm (TOWLER, 2008).
- Eletricidade: os equipamentos que contribuem para o consumo de eletricidade são as bombas e o compressor. A partir do consumo desses equipamentos em

kW e do custo de eletricidade médio para a indústria no Brasil em 2016 de 0,54 R\$/kWh, calcula-se o consumo total (FIRJAN, 2016).

7.4 Custos fixos de produção

Os custos fixos de produção são custos que são incorridos independentemente da taxa de operação da planta ou saída. Se a planta reduzir sua produção, esses custos não são reduzidos. Os custos fixos incluem:

- Trabalho operacional;
- Supervisão (25% do trabalho operacional);
- Despesas salariais diretas (40 a 60% do trabalho operacional mais supervisão);
- Manutenção, que inclui materiais e mão-de-obra (geralmente é estimada em 3 a 5% do investimento ISBL);
- Impostos e seguros de propriedade (1 a 2% do capital fixo ISBL);
- Outros gastos gerais.

Os custos fixos nunca devem ser negligenciados, mesmo nos primeiros estágios de design, pois podem ter um impacto significativo na economia do projeto e são mais acessíveis ao controle no nível corporativo do que o nível da planta (TOWLER, 2008).

O custo do trabalho operacional é estimado a partir do número de operários requeridos para operação da planta, sendo calculado pela Equação 11:

$$N_{OP} = (6,29 + 31,7 \cdot P^2 + 0,23 \cdot N_{NP})^{0,5} \quad (11)$$

Em que P corresponde ao o número de processos que envolvem a participação de materiais sólidos, que neste caso foi considerado igual a 1, referente à separação do catalisador sólido por filtração após a reação, e N_{NP} corresponde ao número de equipamentos que não envolvem o manuseio de sólidos particulados, ou seja, todos os 15 equipamentos. Desse modo, o custo da mão de obra é considerado multiplicando-se o número de operários por turno e pelo salário (TORALLES, 2016). Neste trabalho considerou-se um salário de R\$ 4.000 com encargos.

A Tabela 15 a seguir apresenta os valores dos custos fixos de produção seguindo o valor médio das porcentagens exibidas acima.

Tabela 15. Custos fixos de produção.

Critérios Adotados Custos anuais (R\$)		
Trabalho Operacional	R\$ 4000/mês	$3,09 \cdot 10^5$
Supervisão	25% do T.O.	$7,72 \cdot 10^4$
Despesas salariais diretas	50% do T.O.	$1,54 \cdot 10^5$
Manutenção	4% do ISBL	$4,8 \cdot 10^5$
Impostos e seguros de propriedade	1,5% do ISBL	$1,80 \cdot 10^5$
	Total	$1,20 \cdot 10^6$
Gastos gerais		
Gastos comerciais	7,5% C.F.	$9,01 \cdot 10^4$
Gerência	4% C.F.	$4,81 \cdot 10^4$
	Total	$1,38 \cdot 10^5$
Matérias primas	Consumo (ton/h)	
Gás Cloro	51,44	$3,07 \cdot 10^8$
Etileno	20,35	$2,90 \cdot 10^8$
	Total	$5,97 \cdot 10^8$
	Total Custos Fixos	$5,98 \cdot 10^8$

7.5 Investimento Total

O investimento total é calculado pela soma do capital imobilizado e do capital de giro.

Tabela 16. Investimento total.

	Custo 2016 (MR\$)
Capital Imobilizado	22 ,70
Capital de Giro	2,43
Investimento Total	25 ,14

7.6 Receitas

As receitas de um projeto são os rendimentos obtidos com as vendas dos principais produtos e subprodutos. A taxa de produção do produto principal é geralmente especificada na base do projeto e é determinada com base em previsões de crescimento geral do mercado. Determinar quais subprodutos para recuperar, purificar e vender geralmente é mais difícil do que determinar o produto principal. Alguns subprodutos são produzidos pela estequiometria

de reação principal e são inevitáveis (TOWLER, 2008). No caso deste projeto, temos a produção de MVC como produto principal e a produção HCl como subproduto.

O MVC será vendido normalmente a um preço de venda de 543,17 dólares por tonelada e o cloreto de hidrogênio (gás) será encaminhado a outra unidade para geração de ácido clorídrico (líquido). Desta forma, não consideramos a preparação e venda de HCl nesta análise econômica.

Tabela 17. Receita da planta.

Produto	Vazão (kg/h)	Vazão (ton/ano)	Preço de venda (R\$/ton)	Preço de venda anual (MR\$)
MVC	$4,46 \cdot 10^4$	$3,57 \cdot 10^5$	$1,79 \cdot 10^3$	639,69

7.7 Margem

A soma das receitas de produtos e subprodutos, menos os custos das matérias-primas, é conhecida como margem bruta (TOWLER, 2008).

A margem bruta é um conceito útil, uma vez que os custos das matérias-primas são quase sempre o maior contribuinte para os custos de produção (tipicamente 80 a 90% do custo total de produção).

A Tabela 18 exibe os valores anuais de receita, custo da matéria-prima e margem bruta.

Tabela 18. Cálculo da margem bruta da planta.

Valores anuais (MR\$)	
Receitas	639,69
Matérias-primas	596,86
Margem Bruta	42,83

7.8 Rentabilidade

Para um projeto ser realizado, uma condição essencial é que ele seja rentável. A rentabilidade do projeto depende de alguns fatores: custos e vendas ao ano, capital requerido e impostos. Para simular uma situação real, considera-se a operação da planta ao longo de 15 anos (tempo comum para operação de plantas) e as variações de inflação intrínsecas para esse

período de tempo. Destes 15 anos, três são destinados para colocar a planta em funcionamento, e os 12 anos restantes são destinados para operação (TOWLER, 2008).

Já que é feita uma análise ao longo do tempo, deve-se considerar a amortização, que é a perda de valor atrelada à investimentos em projetos. Ela depende do valor inicial do investimento imobilizado.

O valor atualizado líquido (VAL) quantifica a rentabilidade da planta, já que ele soma a movimentação de fundos ao longo da operação do projeto, estes que são corrigidos a cada ano. Define-se um tipo de juros (K), que fixará o valor da rentabilidade acima da qual o projeto gerará lucro líquido ou não. Se o VAL for negativo, a planta não é rentável; se for próximo ou igual a zero, não há lucro significativo com o projeto e ele não é interessante, se for positivo o projeto é rentável.

Para a análise de rentabilidade deste projeto, usa-se o método do valor atualizado líquido (VAL). Os dados necessários para sua aplicação são exibidos na Tabela 18.

Tabela 19. Informações para cálculo do VAL.

Horizonte temporal	3 anos de posta em funcionamento + 12 anos de operação
Capital Imobilizado	22,70 MR\$
	Ano 0: 10%
Curva de investimento	Ano 1: 30%
	Ano 2: 60%
Capital de giro	2,43 MR\$
Receita	639,69 MR\$
Amortização	Linear 10 % por 10 anos
Impostos	35%
Inflação	5%
Juros de referência	10%

Através dos dados da tabela, realizou-se os cálculos necessários para avaliar a rentabilidade, considerando os seguintes requisitos:

- para o cálculo do capital imobilizado nos 3 anos de projeto foi considerada a curva de investimento, onde investiu-se 10% do total no ano zero, 60% no primeiro ano e 30% no segundo ano, considerando que não houve resíduo do imobilizado;

- o capital de giro é gasto no segundo ano e recuperado no último ano de operação;
- os fundos investidos em um ano são a soma do capital imobilizado e do capital de giro (investimento total) do ano;
- considera-se a inflação de 5% a cada ano para o cálculo das vendas e dos custos anuais;
- a amortização é linear por 10 anos. Isso equivale a 10% do valor imobilizado por ano;
- os benefícios brutos (BAI), ou seja, antes dos impostos são as vendas menos a soma dos custos e amortização;
- os impostos considerados para cálculo são 35% dos benefícios antes dos impostos;
- os benefícios líquidos (BDI) são os benefícios brutos menos os impostos;
- os fundos gerados são os benefícios líquidos menos a amortização;
- os fluxos de caixa “*cash flow*” são os fundos gerados menos os investidos de cada ano;
- a correção anual dos fluxos de caixa é feita de acordo com os juros de referência, nesse caso 10%.

Para o cálculo do valor atualizado líquido (VAL) utiliza-se a seguinte Equação 12:

$$VAL_k = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1+k)^i} \quad (12)$$

Onde F_i é o fluxo de caixa de cada ano i e k o juros de referência do projeto adotado como 0,1.

O valor atualizado líquido (VAL) corresponde a uma rentabilidade de MR\$ 183,636. Este valor positivo, indica que o projeto é rentável. O fluxo de caixa que o indica é exibido na Figura 1.

Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imobilizado	-6,811	-2,270	-13,622													
Giro			-2,433													2,433
Fundos investidos	-6,811	-2,270	-16,055													2,433
Vendas				639,693	671,678	705,262	740,525	777,551	816,429	857,250	900,113	945,119	992,375	1041,993	1094,093	1148,798
Custos				598,201	628,111	659,516	692,492	727,117	763,473	801,646	841,729	883,815	928,006	974,406	1023,126	1074,283
Amortização				2,270	2,270	2,270	2,270	2,270	2,270	2,270	2,270					
Benefícios antes de impostos (BAI)				39,222	41,297	43,475	45,762	48,164	50,686	53,334	56,114	61,304	64,369	67,587	70,966	74,515
Impostos				13,728	14,454	15,216	16,017	16,857	17,740	18,667	19,640	21,456	22,529	23,655	24,838	26,080
Benefícios depois de impostos (BDI)				25,494	26,843	28,259	29,746	31,307	32,946	34,667	36,474	39,847	41,840	43,932	46,128	48,435
Fundos gerados = BDI + amortização				27,765	29,113	30,529	32,016	33,577	35,216	36,937	38,744	39,847	41,840	43,932	46,128	48,435
Cash flow	-6,811	-2,270	-16,055	27,765	29,113	30,529	32,016	33,577	35,216	36,937	38,744	39,847	41,840	43,932	46,128	50,867

Fluxo de Caixa anual atualizado	-6,811	-2,064	-13,269	20,860	19,885	18,956	18,072	17,230	16,429	15,665	14,062	13,966	13,331	12,725	12,147	12,177
Fluxo de caixa anual acumulado	-6,811	-8,875	-22,144	-1,284	18,601	37,557	55,630	72,860	89,289	104,954	119,016	132,982	146,314	159,039	171,186	183,363

Figura 1: Fluxo de caixa

O diagrama do fluxo de caixa ao decorrer dos 15 anos é exibido na Figura 2. A seguir:

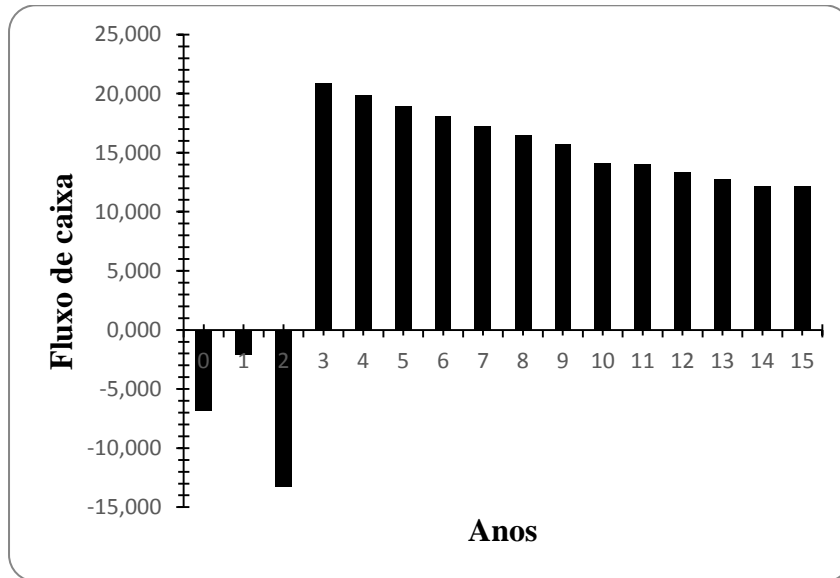


Figura 2. Fluxo de caixa anual.

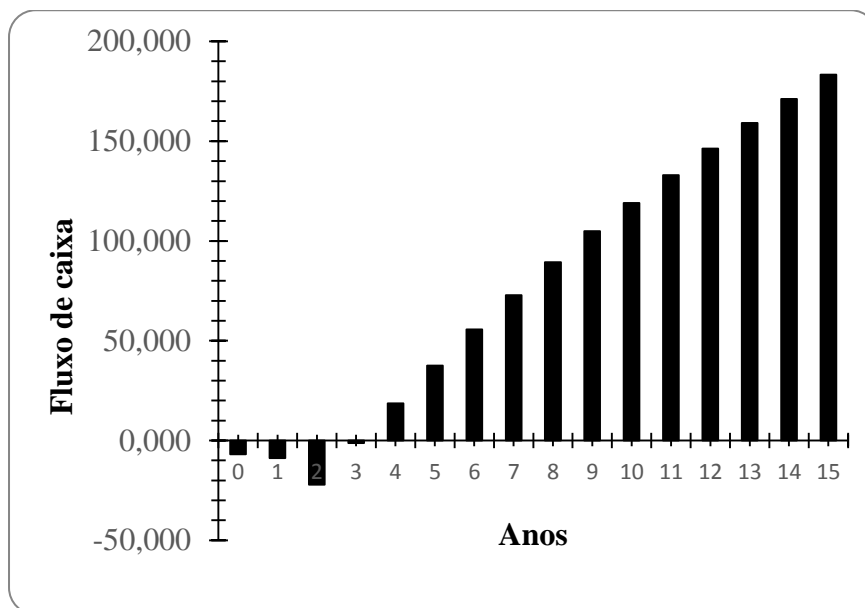


Figura 3. Fluxo de caixa acumulado.

Analisando os diagramas de fluxo de caixa, é possível observar quando a planta começa a gerar lucros. O diagrama de fluxo de caixa acumulado mostra que a partir do segundo ano de operação a planta gera lucros e se torna rentável.

7.8.1 Cálculo da Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)

O valor do TIR corresponde ao valor de juros de referência (k) quando o valor atualizado líquido (VAL) se iguala a zero. Dessa forma, é feita a variação do k na fórmula do VAL até convergir a zero, segundo a Equação 13.

$$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1 + TIR)^i} = 0 \quad (13)$$

O projeto é rentável se o valor da taxa interna de rentabilidade for maior que os juros de referência (k). O valor do TIR obtido foi de 157,3, valor extremamente elevado que indica a rentabilidade do projeto.

7.9 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade mostra a robustez econômica da planta.

7.9.1 Sensibilidade da rentabilidade variando o câmbio

Neste projeto, primeiramente, ela é feita ao variar o valor da moeda brasileira em relação ao dólar. Para isto, manteve-se todos os investimentos, vendas e custos constantes e variou-se a taxa de câmbio do dólar. Dessa forma, observou-se uma mudança positiva na rentabilidade, ou seja, no valor líquido acumulado. Variando o câmbio de 3,30 R\$/US\$ a 50,00 R\$/US\$ observa-se que o valor líquido acumulado aumenta à medida que o câmbio aumenta, ou seja, o projeto não sofre prejuízos com esse acréscimo e continua sendo rentável. Isto se explica pelo alto valor das vendas, que compensa os custos e o aumento do dólar torna o projeto vantajoso.

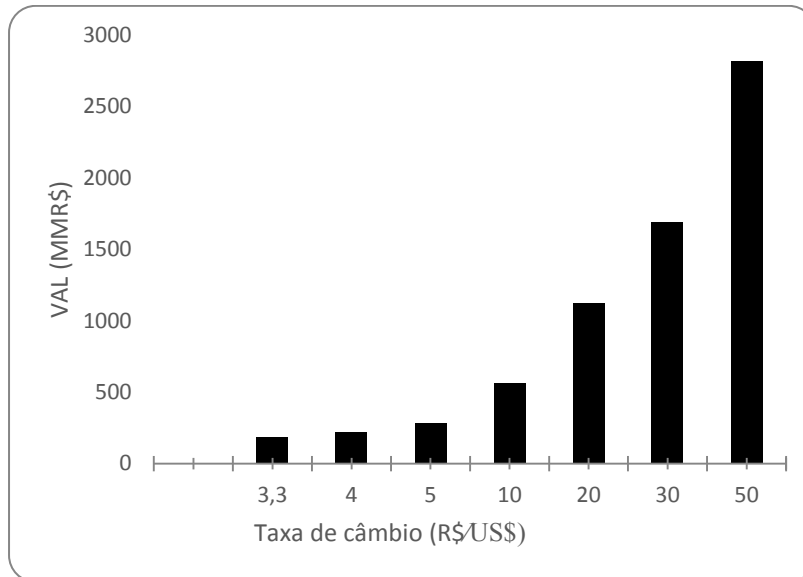


Figura 4. Sensibilidade ao câmbio.

7.9.2 Verificação da sensibilidade da rentabilidade do projeto ao investimento (400%)

Como análise de sensibilidade, aplicou-se um aumento de 400% nos capitais de giro e imobilizado, a fim de se obter uma influência na alta rentabilidade. Os valores de investimentos quadruplicados usados na estimação da rentabilidade são exibidos na Tabela 20.

Tabela 20. Investimentos quadruplicados.

Investimentos	Custo 2016 (R\$)
Capital Imobilizado	90,81
Capital de Giro	9,73
Investimento Total	100,5468684

Tabela 21. Fluxo de caixa para um investimento 400% maior.

Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imobilizado	-27,245	-9,082	-54,490													
Giro			-9,730													9,730
Fundos investidos	-27,245	-9,082	-64,220													9,730
Vendas				639,693	671,678	705,262	740,525	777,551	816,429	857,250	900,113	945,119	992,375	1041,993	1094,093	1148,798
Custos				598,201	628,111	659,516	692,492	727,117	763,473	801,646	841,729	883,815	928,006	974,406	1023,126	1074,283
Amortização				9,082	9,082	9,082	9,082	9,082	9,082	9,082	9,082					
Benefícios antes de impostos (BAI)				32,411	34,486	36,664	38,951	41,353	43,875	46,522	49,303	61,304	64,369	67,587	70,966	74,515
Impostos				11,344	12,070	12,832	13,633	14,474	15,356	16,283	17,256	21,456	22,529	23,655	24,838	26,080
Benefícios depois de impostos (BDI)				21,067	22,416	23,832	25,318	26,879	28,519	30,240	32,047	39,847	41,840	43,932	46,128	48,435

Aplicando a modificação no investimento total, o valor líquido acumulado (VAL) passa a valer 126,563, ou seja, um valor 31% menor do que o anterior. O projeto continua rentável, passando a obter lucros a partir do quinto ano de operação, conforme segue no diagrama de fluxo de caixa acumulado na Figura 5.

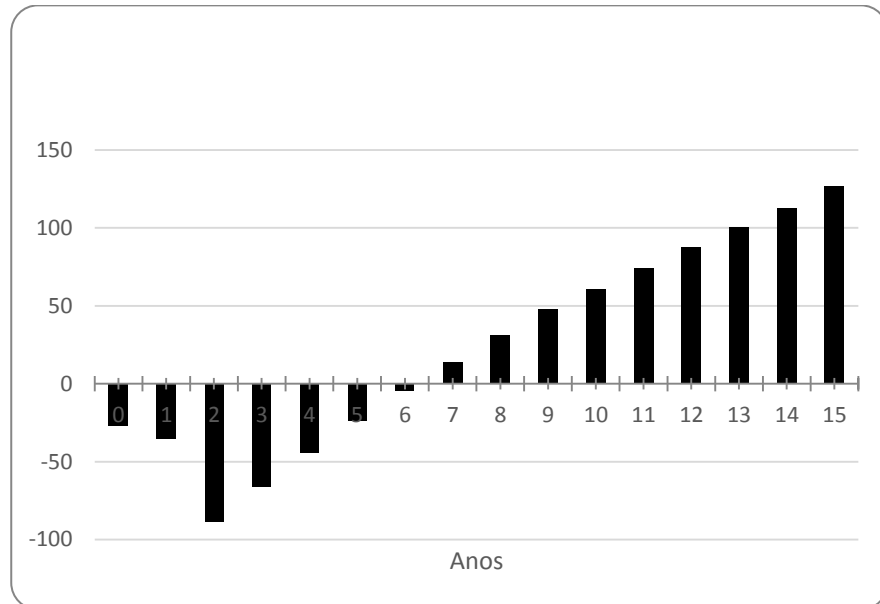


Figura 5. Fluxo acumulado para um investimento 400% maior.

8 MELHORIAS NO PROJETO

Propõe-se como melhoria no processo de produção de MVC uma etapa oxicloração para reutilizar o HCl ou projeto de uma etapa de preparação do HCl gasoso em ácido clorídrico comercial. O cloreto de hidrogênio é formado em grandes quantidades na planta e foi necessário pensar em alternativas para lidar com esse composto, alternativas essas que podem não ser fiéis à realidade, além do fato de que o HCl gera um problema na questão de segurança por ser um ácido forte.

Outra questão seria adicionar as reações de formação de subprodutos que não foram incluídos na simulação, principalmente por uma limitação do simulador em ter dificuldades em lidar com múltiplas reações e fases. Além disso, a simulação foi realizada com base em fluxos no estado estacionário, o que impede de realizar avaliações de variações de fluxos de entrada e de energia, não só em quesitos técnicos, mas também econômicos.

O forno também foi um desafio pois cada projeto de forno é exclusivo e não existe muita informação na literatura, principalmente quando se trata de projetar a seção convectiva. Em próximos trabalhos sugere-se avaliar melhor o projeto desse equipamento, até por ser um item importante de segurança.

No quesito de segurança, seria interessante fazer uma análise completa de HAZOP em todos os componentes da planta, para uma melhor geração de dados e informação. A realização de síntese de controladores para os equipamentos, apesar de desafiadora, levaria a um estudo completo em termos de confiabilidade de projeto.

Realizadas essas considerações, o projeto de uma planta que produz MVC estará mais fiel à realidade.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICLOR. São Paulo, 2017. Disponível em <www.abiclor.com.br/a-industria-no-brasil/tecnologias>. Acesso em: 08 de junho de 2017.

ALMEIDA, J. A. **Equipamentos Térmicos: equipamentos de troca térmica - parte II**. Rio Grande do Sul, 2003.

ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**, p.166, 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf>. Acesso em: 13 de junho de 2017.

ASPENTECH. **Optimize Hydrocarbon Processes with Aspen Hysys**. 2017 Disponível em: <<http://www.aspentech.com/products/aspen-hysys/>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

AZAPAGIC, A., PERDAN, S., CLIFT, R. **Sustainable development in practice. Case Studies for Engineers and Scientists**, Wiley, West Sussex, UK, 2004.

BOWEN, R. M., MARK, H. F. **Encyclopedia of polymer science and engineering**. 1989.

BRASKEM. **O Setor Petroquímico**. 2015. Disponível em: <<http://www.braskem-ri.com.br/o-setor-petroquimico>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

BRASKEM. São Paulo, 2017. Disponível em <www.braskem.com/site.aspx/PE-Verde-Produtos-e-Inovacao>. Acesso em: 08 de junho de 2017.

CLEGG, I. M., HARDMAN, R. **Vinyl chloride production process**. U.S. Patent n. 5,728,905, 17 mar. 1998.

CRAWLEY, F.; PRESTOM, M.; TYLER, B. **HAZOP: Guide to best practice. Guidelines to best practice for the process and chemical industries**. Chemical Industries, United Kingdom, 2000.

DAVIES, C. J. *et al.* **Vinyl chloride monomer production catalysed by gold: A review.** Chinese Journal Of Catalysis, [s.l.], v. 37, n. 10, p.1600-1607, out. Elsevier BV. 2016.

DIMIAN, A. C., BILDEA, C. S. **Chemical process design: computer-aided case studies.** John Wiley & Sons, 2008.

DRY, J.; LAWSON, B.; LE, P.; OSISANYA, I.; PATEL, D.; SHELTON, A. **Vinyl Chloride Production.** Oklahoma. 81 p. Capstone Design Project. University of Oklahoma, 2003.

DUEÑAS, A. L. M. **Metodologías del diseño aplicado y gestion de proyectos para ingenieros Químicos.** 2010.

FÁTIMA S. **Polímeros do futuro - tendências e oportunidades.** ABpol, São Carlos, 2003.

FIRJAN. **Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil?**, 2016. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A559C8BA001563303D3744A1B&inline=1>> . Acesso em 13 de junho de 2017.

HAZOP Guidelines. **Hazardous Industry Planning Advisory Paper No 8.** Consultation Draft, 2008. NSW Government, Department of Planning. Australia, 2000.

INSTITUTO DO PVC. São Paulo, 2017. Disponível em: <www.institutodopvc.org/publico>. Acesso em: 08 de junho de 2017.

KERN, D.; **Process Heat Transfer.** McGraw - Hill Book Company. New York, 1965.

LOBO, W. E, J. E. E., **Trans. AIChE**, 35, 743. 1939.

MARTÍNEZ, A. *et al.* **Metodologías Del Diseño Aplicado y Gestión de Proyectos para Ingenieros Químicos.** Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. 2010.

NASS, L. I.; HEIBERG, C. A. (editores). **Encyclopedia of PVC –Volume 1: Resin**

manufacture and properties. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1986.

RODOLFO. A.. **Resinas de PVC obtidas pelo processo de polimerização em suspensão.** 100 pp. Monografia apresentada no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie. 1999.

RODOLFO JR., A., NUNES, L. R., ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC.** 3ª Edição Proeditores/Braskem, São Paulo, 2006.

SEIDER, W. D., SEADER, J. D., LEWIN, D. R., WIDAGDO, S. **Product and Process Design Principles.** 3ª Edição. John Wiley and Sons Inc, 2008.

SOUZA, M. M. V. M. **Processos Inorgânicos.** Synergia, Rio de Janeiro, 2012.

SUMMERS, J. W. **A review of vinyl technology.** Journal of Vinyl and Additive Technology, v. 3, n. 2, p. 130-139, 1997.

TEIXEIRA E. G., **Análise do mercado brasileiro de PVC utilizado na construção civil.** UFRGS, 2013.

TOURTON *et al*, 2008; **Polymer Update.** 2016; Index Mundi, 2016.

TOWLER, R. K. S. **Chemical Engineering Design.** 2nd Edition. 2008.

ZAIŁNCZ, S. - **Estudo do efeito da plastificação interna do PVC quimicamente modificado,** Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

10 ANEXOS

ANEXO I. Dimensionamento de colunas de destilação

A destilação é uma operação unitária que utiliza a relação de equilíbrio que se estabelece entre as fases líquido e vapor. Para o contato íntimo entre estas fases, utilizam-se dispositivos como pratos ou recheios. Os pratos são colocados uns sobre os outros, geralmente com espaçamento regular, dentro de uma estrutura cilíndrica denominada coluna ou torre (DOHERTY *et al*, 2008).

A separação de uma mistura líquida por destilação depende da diferença de volatilidade entre os componentes. Quanto maior a volatilidade relativa, mais fácil é a separação (TOWLER, 2008).

A primeira coluna de destilação C-1 recebe a corrente de produtos da reação de craqueamento, composta por ácido clorídrico, MVC e DCE, que antes de entrar na coluna, passa pelo trocador T-2 e por uma válvula para a diminuição da temperatura e despressurização, respectivamente. Nesta coluna, o ácido clorídrico, subproduto da produção, é retirado pelo topo (componente mais volátil) e a corrente de DCE e MVC é encaminhada para segunda coluna C-2. Nesta, ocorre a separação do MVC, o produto de interesse, do DCE, que é reciclado para a planta. O MVC purificado é utilizado para a produção de seu polímero, o policloreto de vinila (PVC).

A fim de se obter o melhor cenário econômico, determinou-se o número ótimo de pratos das colunas de destilação. Para isso, varia-se este número e verifica-se as mudanças nos parâmetros de projeto, levando em consideração os equipamentos necessários para a existência dos refluxos de topo e fundo da coluna, sendo estes: o condensador, o refulvedor e a bomba de refluxo.

Após a determinação do número ótimo de pratos, as colunas foram dimensionadas em função deste número e, também, da vazão volumétrica de vapor (Q_v) e de líquido do fundo (Q_b), das densidades do líquido (ρ_L) e vapor (ρ_v) e do tempo de residência (τ), sendo este igual a 10 minutos.

Primeiramente, a velocidade limite (v_{lim}) é calculada pela equação de York:

$$v_{lim} = 0,3048 \cdot 0,23 \cdot k \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}} \quad (1)$$

A partir disso, encontra-se a área e o diâmetro mínimo dos pratos pelas equações (2) e (3):

$$S = \frac{Q}{v_{lim}} \quad (2)$$

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (3)$$

Em seguida, determina-se a altura do fundo da coluna (h_{fundo}) utilizando a área dos pratos e o volume do fundo (equações 4 e 5):

$$V_{fundo} = \frac{Q_B}{\tau} \quad (4)$$

$$h_{fundo} = \frac{V_{fundo}}{S} \quad (5)$$

Em seguida, a altura total da coluna (h_{total}) é determinada considerando a altura do fundo da mesma, o espaçamento entre os pratos (H_d), que é normalmente considerado 0,46 m; 0,61m para o prato da alimentação e 0,91 m como distância de folga no topo e no fundo (equação 6):

$$h_{total} = 0,46 \cdot (n - 1) + 0,61 + 2 \cdot 0,91 \quad (6)$$

Por fim, calcula-se o peso do recipiente (W) através das equações 7 e 8, já que este é um importante parâmetro para a determinação do custo do equipamento.

$$e = \frac{P_D \cdot \left(\frac{d}{2}\right) \cdot 1000}{0,85 \cdot St + 0,6 \cdot P_D} + CA \quad (7)$$

$$W = 24,6 \cdot d_{min}(h_{total} + 0,8d) \cdot (e + X) \quad (8)$$

onde, e é a espessura, P_D , a pressão do desenho (14,3 atm), CA , a sobresspessura do equipamento, St , o número de Stanton (St) e X , o fator de complexidade da unidade, considerando igual a 8, por ser um projeto complexo.

Tabela 22. Parâmetros necessários para dimensionamento das colunas.

Parâmetro	Coluna 1	Coluna 2
Número de pratos	16	25
Velocidade limite (m/s)	0,36	0,65
Diâmetro (m)	1,60	1,60
Altura da coluna (m)	19,50	20,20
Peso do recipiente (kg)	16312,90	10823,30

ANEXO II. Dimensionamento de reator

Os reatores são o coração do processo químico. É o único local no processo onde a matéria-prima é convertida em produtos. O design do reator é, portanto, uma parte vital no design do processo.

O projeto de um reator industrial químico deve satisfazer alguns requisitos como:

- Fator químico: Cinética da reação. O projeto deve fornecer tempo de residência suficiente para a reação desejada e assim alcançar o grau de conversão necessário.
- Fator de transferência de massa: Com reações heterogêneas a taxa de reação pode ser controlada pela taxa de difusão das espécies reagentes ao invés da cinética química.
- Fator de transferência de calor: Remoção ou adição de calor na reação.
- Fator de segurança: O confinamento de reagentes e produtos perigosos; e o controle da reação e das condições do processo.

A necessidade de satisfazer esses fatores correlacionados e muitas vezes contraditórios torna o projeto de um reator uma tarefa complexa e trabalhosa. Contudo, em muitos casos, um desses fatores será predominante e irá determinar a escolha e o tipo de reator (TOWLER, 2008).

Nesse trabalho, foi adotado um reator CSTR, um reator perfeitamente agitado contínuo. É um dos tipos mais usados na indústria e seu tamanho pode chegar de alguns litros até milhares de litros. São muito usados para reações homogêneas e heterogêneas, líquido-líquido e líquido-gás e para reações que envolvem partículas sólidas suspensas. Devido a essa versatilidade, e, para a reação desse processo onde o eteno e o cloro entram na fase gasosa e o produto sai na fase líquida, foi escolhido o reator CSTR (TOWLER, 2008).

A partir da cinética da reação e dos dados de volume de entrada e saída do reator foi definido o volume necessário para a reação ocorrer. O reator foi projetado com 50% de margem de segurança para o volume do projeto. O reator R-1 apresenta um volume total de 234 m³ dos quais 78 m³ corresponde ao volume de segurança.

Por meio de análises em torno do ponto ótimo, obteve-se o valor correspondente a (L/D)min. A estimativa do custo foi realizada a partir das equações seguintes:

$$e = \frac{P_d \cdot \left(\frac{D}{2}\right) \cdot 1000}{St \cdot E - 0,6 \cdot P_d} + C. A. \quad (9)$$

$$W = 24,6 \cdot D \cdot (L + 0,8D) \cdot (e + X) \quad (10)$$

$$C = -2500 + 200W^{0,6} \quad (11)$$

Onde “e” é a espessura do recipiente (mm), D é o diâmetro (m), P_d é a pressão de desenho ($\text{kg/cm}^2\text{g}$), $St = 1055$ (aço carbono), $E = 0,85$, C.A é a sobre-espessura de corrosão (mm), W é o peso (kg) e X é o fator de complexidade.

Tabela 23. Características geométricas do reator CSTR R-1 e custo total; *dólares-gulf para o ano de 2006.

L/D	D (m)	L (m)	e (mm)	W (kg)	C (\$)*
2,0	5,301	10,602	13,369	3,36E+04	119189,1
2,5	4,921	12,303	12,626	3,27E+04	117183
3,0	4,631	13,893	12,058	3,22E+04	116115,3
3,5	4,399	15,396	11,605	3,19E+04	115570,4
4,0	4,207	16,830	11,230	3,18E+04	115339,7
4,5	4,045	18,205	10,913	3,18E+04	115308
5,0	3,906	19,529	10,640	3,19E+04	115407,3

A partir da estimação de custo, pode-se concluir que $(L/D)_{\min} = 4,5$.

ANEXO III. Dimensionamento de bombas

As bombas são máquinas geratrizes que deslocam líquidos por escoamento. Elas transformam trabalho mecânico em energia hidráulica, em que uma parte pode ser cedida ao fluido na forma de energia cinética, de pressão ou ambas (CREMASCO, 2014).

Os objetivos principais da utilização de bombas consistem em transportar líquidos na planta, atingir pressões necessárias para cada processo e também vencer as perdas de pressão causadas pela tubulação. A escolha certa das bombas e o correto dimensionamento é fundamental para o processo, afim de se minimizar o consumo de energia no transporte dos fluidos e, conseqüentemente, diminuir o custo operacional.

Existe uma grande variedade de equipamentos de bombeamento devido à variedade das propriedades físicas e químicas dos fluidos usados nos processos industriais. As bombas são geralmente classificadas de acordo com a forma que a energia mecânica é transferida para o fluido. Dessa forma, as bombas são classificadas como bombas de deslocamento positivo ou volumétricas e as bombas dinâmicas ou turbo-bombas.

Nas bombas dinâmicas, também chamadas bombas centrífugas, a energia cinética é transformada em energia potencial de pressão. Ela contém uma peça rotatória, denominada rotor, que é responsável por fornecer energia ao fluido. Esse tipo de bomba é o mais utilizado na indústria devido a sua fácil construção, baixo custo, versatilidade, o fluido é descarregado sem pulsações e com pressão uniforme, permite bombear líquidos com sólidos, entre outras características.

Nas bombas de deslocamento positivo, também conhecidas como volumétricas, uma determinada quantidade de fluido entra na câmara da bomba e um elemento propulsor vai transferir energia mecânica na forma de pressão, provocando o escoamento do fluido. Essas bombas hidrostáticas fornecem um fluxo pulsante sem a variação de pressão no sistema. Esse tipo de bomba é mais recomendável para fluidos de alta viscosidade, que necessitam de altas pressões e baixas vazões (CREMASCO,2014).

Para o caso da bomba B-1 pode-se montar a seguinte tabela contendo informações sobre os parâmetros mais importantes dentro do equipamento:

Tabela 24. Especificações da bomba B-1; **aproximação feita.

Variável	Parâmetro	Valor	Unidade
Q_{adm}	Vazão de admissão	105,00	m^3/h
Q_{imp}	Vazão de impulsão	104,83	m^3/h
P_{vap}	Pressão de vapor	0,011	kg/cm^2_g
$P_{esp(adm)}$	Pressão Especificada (admissão)	1,55	kg/cm^2_g
$P_{esp(imp)}$	Pressão Especificada (impulsão)	26,86	kg/cm^2_g
ΔP	Diferença de Pressão	25,31	kg/cm^2_g
ΔP_{max}	Diferença de Pressão Máxima	30	kg/cm^2_g

A bomba selecionada para o projeto é do tipo centrífuga devido a sua versatilidade e uniformidade na vazão do fluido. Nesse caso, é necessário que haja também uma bomba reserva com as mesmas especificações, caso a primeira venha a apresentar algum problema.

O primeiro parâmetro a se obter é a carga da bomba, H. A carga de uma bomba é a altura, em metros, de fluido que esta pode impulsionar a uma determinada diferença de pressão de aspiração e impulsão. Esse parâmetro é calculado por meio da seguinte equação:

$$H = \frac{10\Delta P \left(\frac{kg}{cm^2 \cdot g} \right)}{\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right)} \quad (11)$$

O próximo parâmetro é a potência da bomba, W, que é a potência real utilizada para custeio do sistema, para isto, deve-se considerar a potência absorvida, a potência hidráulica e a potência do motor. A potência absorvida não leva em conta as perdas do fluido por atrito e trocas de calor, enquanto que a potência hidráulica não considera as trocas de energia no motor. Logo, é necessário levar em conta as eficiências de cada uma, ou seja, as eficiências hidráulica e do motor. As equações seguintes mostram o cálculo dessas potências:

$$W_a = Q_{\text{imp}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \cdot \Delta P (\text{kPa}) \quad (12)$$

$$W_h = \frac{W_a}{\eta_{h_a}} \quad (13)$$

$$W_m = \frac{W_h}{\eta_m} \quad (14)$$

A eficiência hidráulica da bomba situa-se na faixa de 0,3-0,6. Foi considerado então um valor médio de 0,45. Já a eficiência do motor se encontra na faixa de 0,9-0,95 e assim o valor considerado foi de 0,925.

Em seguida, o parâmetro calculado é a carga positiva líquida de sucção (NSPH), ou seja, a altura que a bomba deve ter para que a pressão de vapor do líquido impulsionado não seja maior do que a pressão de aspiração, evitando assim a vaporização do fluido e consequente cavitação da bomba. Esse parâmetro é obtido a partir da seguinte equação:

$$\text{NSPH} = (P_{\text{aspiração}} - P_{\text{vap}}) \cdot \frac{\rho_{\text{liquido}}}{10} \quad (15)$$

A pressão de aspiração é obtida somando-se todas as contribuições de pressão na entrada da bomba e subtraindo-se todas as perdas de carga devido às estruturas. A tabela abaixo mostra as pressões utilizadas para esse cálculo e outros parâmetros importantes:

Tabela 25. Pressão de aspiração para a bomba B-1.

Variável	Parâmetro	Valor	Unidade
f_1	Fator de Conversão 1 de kg/cm^2 para Pa	98067	u.a.
G	Gravidade	9,810	m/s^2
P_{carga}	Perda de carga devido à tubulação	1,597	$\text{kg}/\text{cm}^2_{-g}$
P_r	Pressão advinda do equipamento anterior	1,550	$\text{kg}/\text{cm}^2_{-g}$
P_{pr}	Pressão de projeto	1,550	$\text{kg}/\text{cm}^2_{-g}$
$P_{\text{aspiração}}$	Pressão de Aspiração Total	1,503	$\text{kg}/\text{cm}^2_{-g}$

P_{preq}	Pressão Máxima advinda do equipamento anterior	0,342	kg/cm ² _g
$P_{aspiraçãoMAX}$	Pressão máxima de Aspiração	1,891	kg/cm ² _g

Dessa forma, a equação que define a pressão de aspiração será dada por:

$$P_{aspiração} = P_r + P_{pr} - P_{carga} \quad (16)$$

A pressão máxima de aspiração é o valor máximo que a pressão pode atingida entrada da bomba e é calculada por:

$$P_{aspiraçãoMAX} = P_r + P_{pr} \quad (17)$$

Analogamente, tem-se a mesma tabela para a pressão de impulsão.

Tabela 26. Pressão de impulsão para a bomba B-1.

Variável	Parâmetro	Valor	Unidade
P_{carga}	Perda de carga devido à tubulação	1,597	kg/cm ² _g
P_{troc}	Pressão devida ao trocador	26,86	kg/cm ² _g
$P_{impulsão}$	Pressão de impulsão no recipiente de destino	26,86	kg/cm ² _g
$P_{impulsãoTOTAL}$	Pressão de impulsão total	55,32	kg/cm ² _g
P_{dif}	Pressão diferencial	53,82	kg/cm ² _g
$\Delta P_{impulsãoMAX}$	Máxima diferença de Pressão a impulsão fechada	64,59	kg/cm ² _g
$P_{impulsãoMAX}$	Pressão máxima de impulsão	66,48	kg/cm ² _g

A pressão de impulsão total é o valor das pressões que a bomba precisa vencer até que o fluido chegue ao seu recipiente destino. Por isto, as perdas por cargas são somadas. E assim, a equação que define a pressão de impulsão total será dada por:

$$P_{\text{impulsãoTOTAL}} = P_{\text{impulsão}} + P_{\text{troc}} + P_{\text{carga}} \quad (18)$$

A máxima diferença de pressão à impulsão fechada que é a variação de pressão dentro do equipamento, porém máxima, ou seja, sobredimensionado em 120%, é a diferença entre as pressões totais multiplicada por 1,2, ou seja:

$$\Delta P_{\text{impulsãoMAX}} = 1,2 \cdot P_{\text{impulsão}} \quad (19)$$

Outros parâmetros importantes para a bomba são as vazões. As vazões mínimas (Q_{min}) e de projeto (Q_{proj}) consistem em 60% e 120% da vazão normal da corrente que se deseja bombear.

BOMBAS DE REFLUXO

O refluxo é o líquido condensado que retorna ao topo da coluna. Para que retorne é necessário fornecer energia que vai ser providenciada pela bomba.

Para determinar a potência da bomba calcula-se a pressão de aspiração e a de impulsão que são importantes para estimar o custo da bomba de refluxo da coluna, usando-se as equações seguintes:

$$P_{\text{adm}} = P_h + P_{\text{condensador}} \quad (20)$$

$$P_{\text{imp}} = P_h + P_{\text{topo da coluna}} \quad (21)$$

A diferença entre as pressões de impulsão e de admissão, P_{imp} e P_{adm} , respectivamente, fornece a pressão diferencial (ΔP). A vazão mássica (m_{refluxo}) pode ser obtida com a vazão volumétrica (q_{refluxo}) e a densidade da corrente de refluxo ($\rho_{\text{líquido}}$) e com isso obter a potência da bomba:

$$\Delta P = P_{\text{imp}} - P_{\text{adm}} \quad (22)$$

$$m_{\text{refluxo}} = \frac{q_{\text{refluxo}}}{3600 \rho_{\text{líquido}}} \quad (23)$$

$$\text{Potência}_{\text{bomba}} = \frac{m_{\text{refluxo}} \Delta P}{1000} \quad (24)$$

ANEXO IV. Dimensionamento de trocadores de calor

A transferência de calor entre os fluidos de processos é uma parte essencial da maioria dos processos químicos (TOWLER, 2008). Esta operação tem por objetivo aquecer ou resfriar uma corrente ou modificar seu estado físico através de operações de evaporação ou condensação (CAO, 1983).

O trocador de calor mais comumente utilizado é do tipo casco e tubo. Nestes equipamentos, a troca de calor se dá entre as correntes de processo e de serviço sem que haja contato direto entre as mesmas. As correntes de processo são aquelas que integram a operação e, assim, participam do balanço de massa, como por exemplo, os produtos de reação e os obtidos no processo de separação. Já as correntes de serviço proporcionam o calor necessário para resfriar, aquecer ou mudar de fase as correntes de processo (CAO, 1983).

Para a planta de MVC, foram projetados oito trocadores de calor, sendo o primeiro a camisa do reator R-1, de forma a manter a temperatura do mesmo em 90°C. O segundo T-2 tem como objetivo vaporizar a corrente de DCE antes de entrar no forno F-1, utilizando, para isso, vapor d'água. O terceiro T-3 tem por finalidade condensar os produtos obtidos no craqueamento do DCE, utilizando etileno como fluido de refrigeração. Na coluna C-1, há o condensador T-4 e o refeedor T-5. O primeiro condensa parcialmente o cloreto de hidrogênio, um subproduto da produção de MVC, enquanto que o segundo vaporiza totalmente a corrente descendente de líquido composta por uma mistura de DCE e MVC, a qual uma parte retorna à coluna, funcionando como refluxo de fundo da mesma, enquanto a outra é direcionada para a coluna C-2. O trocador de calor T-6 condensa totalmente a corrente de MVC, produto de interesse, enquanto o T-7 vaporiza a de DCE. Por fim, tem-se o trocador T-8 que resfria a corrente de DCE que retorna à planta como reciclo.

O projeto de trocadores do tipo casco e tubo envolve a determinação da área de troca térmica (A) dos mesmos, já que este parâmetro é o principal para o cálculo dos custos. Para isso, utiliza-se a Equação (25)

$$Q=U.A.F_t.\Delta T_{ml} \quad (25)$$

Onde que Q é o calor trocado (kcal/h) obtido na simulação, U é o coeficiente global de troca térmica (kcal/h.m².°C), F_t é o fator de correção e ΔT_{ml}, a diferença de temperatura média logarítmica (°C).

O coeficiente global de troca térmica é definido por:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h'} + \frac{1}{h''} + r' + r \quad (26)$$

em que h' e h'' são coeficientes individuais de transmissão de calor para os fluidos quente e frio, respectivamente, obtidos na literatura; e r' e r'' são coeficientes de incrustação, especificados nos critérios de projeto. Os valores utilizados encontram-se na tabela a seguir:

Tabela 27. Coeficientes de transmissão de calor.

Valores de h (kcal/h.m ² .°C)	
Sem mudança de fase	
Água	5700
Gases industriais	6453,16
Produtos condensando	
Vapor de água	9950
Hidrocarbonetos leves	1450
Produtos evaporando	
Hidrocarbonetos leves	1100

A diferença média logarítmica, ΔT_{ml} , para o fluxo em contracorrente, é dada pela equação abaixo:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{1,q} - T_{2,f}) - (T_{2,q} - T_{1,f})}{\ln\left(\frac{T_{1,q} - T_{2,f}}{T_{2,q} - T_{1,f}}\right)} \quad (27)$$

Em que $T_{1,f}$ e $T_{2,f}$ são as temperaturas de entrada e saída do fluido frio e $T_{1,q}$ e $T_{2,q}$, as temperaturas de entrada e saída do fluido quente, respectivamente. Com os dados da tabela 27 e a Equação 27 encontra-se ΔT_{ml} .

Para obter F_t , é necessário calcular previamente os parâmetros R e S .

$$R = (T_{1,q} - T_{2,q}) / (T_{2,f} - T_{1,f}) \quad (28)$$

$$S = (T_{2,f} - T_{1,f}) / (T_{1,q} - T_{1,f}) \quad (29)$$

O fator de correção também dependerá da configuração do trocador. Quando há mudança de fase, o F_t pode ser considerado igual à 1, tornando o cálculo mais simples. Apenas em um dos trocadores na planta de MVC não há mudança de fase dos componentes. Assim, para este trocador, o F_t será determinado utilizando o gráfico do trocador 1-2, ou seja, um passe na carcaça e dois no tubo.

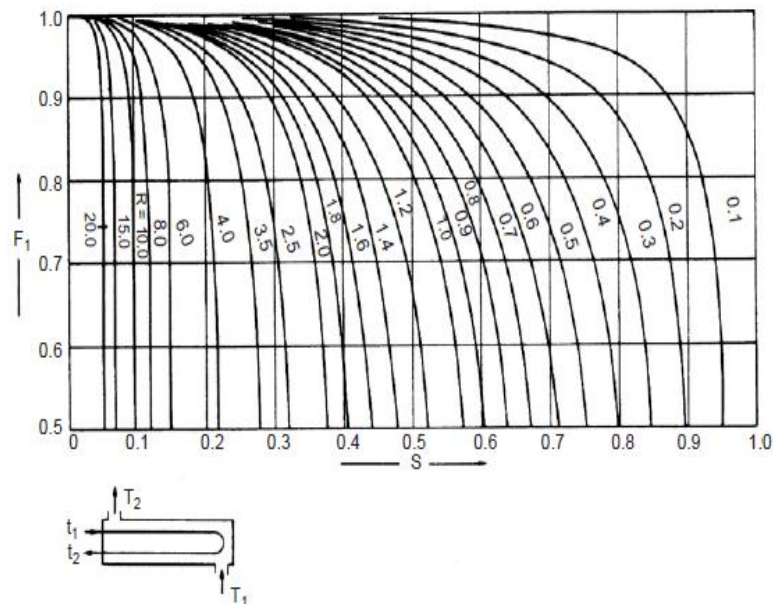


Figura 6. Fator de correção: um passe na carcaça, dois passes nos tubos.

Tendo todos os parâmetros necessários calculados e o calor trocado obtido através da simulação é possível determinar a área de troca térmica de cada trocador a partir da Equação 34. Por fim, determina-se o número de tubos, N_t , definido pela equação a seguir:

$$A = \pi \cdot d_0 \cdot L \cdot N_t \quad (30)$$

em que d_0 é o diâmetro externo do tubo e L , o comprimento, especificados no projeto.

Para todos os trocadores, foi escolhida a geometria triangular para a disposição dos tubos, pois esta possibilita o uso de mais tubos em uma mesma seção.

Os parâmetros principais para o dimensionamento dos trocadores, encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 28. Dimensionamento dos trocadores de calor da planta de MVC.

Trocador de calor	Área de troca térmica (m²)	Número de tubos
T-2	347,92	954
T-3	192,63	528
T-4	47,22	130
T-5	36,75	101
T-6	80,98	221
T-7	76,90	211
T-8	128,95	353

Os trocadores de calor além de serem classificados pelo tipo de configuração são classificados também pela forma dos cabeçotes frontal e posterior e do casco, segundo a Norma TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*). A classificação é feita por três letras.

Tabela 29. Norma TEMA para trocadores.

Tipo de serviço	Norma TEMA
Resfriamento	AES
Aquecimento	AKT

O cabeçote frontal é do tipo A e é caracterizado por ser removido sem a necessidade de interferência no restante do equipamento e também por permitir a inspeção dos tubos sem a necessidade de remover o cabeçote (ALMEIDA, 2003). O casco do tipo K é usado para refervedores e possui maior espaço para a circulação do vapor e o do tipo E é a construção mais utilizada. Os cabeçotes posteriores dos tipos S e T tem espelho flutuante com anel bipartido e espelho flutuante removível pelo carretel, respectivamente (KERN, 1965).

ANEXO V. Dimensionamento do forno

FORNO DE PIRÓLISE

Os fornos, junto com os refeedores geradores de vapor, são os principais equipamentos que utilizam as aplicações dos cálculos de transferência de calor por radiação. O forno utilizado na planta de MVC é do tipo caixa, que consiste em uma câmara de combustão na qual estão os queimadores e as tubulações que fluem o fluido de trabalho estão dispostas em suas paredes. Para a combustão é utilizado o óleo combustível (*fuel oil*) na presença de ar, com vapor de atomização. A escolha deste combustível foi realizada devido ao seu comum uso em fornos de refinarias. Esses fornos são usados para temperaturas de até 1500 °F ou uma combinação de pressão e temperatura de 1600 psig e 1100 °F. Fornos do tipo caixa têm capacidades na faixa de 25 a 100 MBtu/h. As faixas de temperatura, pressão e capacidades possíveis para o forno tipo caixa estão de acordo com os valores necessários para o projeto, de 932 °F, 31,94 psig e 88,37 MBtu/h. Devido às altas temperaturas e corrosão presentes neste forno, foi utilizado liga Monel de 67% Níquel e 30% Cromo para sua confecção. (KERN, 1965).

O método utilizado para o dimensionamento do forno foi de Lobo e Evans devido à sua simplicidade e adequação ao forno proposto. Segundo Kern (1965), este método, em um ensaio de 85 testes em 19 diferentes fornos de refinarias, apresenta um pequeno desvio médio de 5,3% entre o calor absorvido calculado e o observado. O método consiste, de maneira resumida, na determinação do calor retirado dos gases de combustão pelo uso do coeficiente de troca geral f e uma equação do tipo Stefan-Boltzmann.

Fornos são equipamentos complexos e de operação perigosa, apesar disso, pode-se estimar suas dimensões.

A similaridade do processo de craqueamento térmico comum nas refinarias à reação de pirólise do DCE é mostrada na dissertação de Ingrid Nyeng (2015). Desta forma, o método de Lobo e Evans para o forno tipo caixa foi similarmente usado no projeto do forno de pirólise.

A reação de pirólise do DCE pode gerar subprodutos além do MVC e HCl. No entanto, foi considerado que não há formações de subprodutos devido à complexidade da cinética do sistema desse sistema e pela dificuldade em separar estes subprodutos em menor concentração. Considera-se uma conversão de 60% (SEIDER, 2009).

Para aumentar a seletividade da reação para MVC, utiliza-se a temperatura de reação de 500 °C. (DRY, 2003, p.6-7)

Os dados iniciais que temos para desenvolver o problema estão disponíveis na tabela a seguir:

Tabela 30. Dados principais necessários para projeto do forno.

Dado	Valor	Unidade
T_S	932	°F
T_A	400	°F
Q_T	88,37	MBtu/h
Q	12000	Btu/h · ft ²
C_F	17130	Btu/lb
C_A	82	Btu/lb
C_G	476	Btu/lb
D	5	Pol
L	462,18	Pol
$\frac{s}{D}$	2	-
Excesso de ar	0,25	-
H	0,75	-
$\frac{lb_S}{lb_F}$	0,30	-
$\frac{lb_A}{lb_F}$	17,44	-

Vale ressaltar que estas informações foram obtidas pela simulação do processo ou pelo livro de KERN (1965). A densidade de fluxo de calor é um valor convencional para fornos tipo caixa, que pode ser usado como primeira estimativa. A eficiência de combustão, as razões mássicas entre os componentes, o espaçamento, diâmetro e comprimento dos tubos também são valores convencionais. O número de tubos vai ser posteriormente calculado para que se tenha a área de troca térmica necessária.

Primeiro, assume-se que:

$$\frac{\Sigma Q}{\alpha \cdot A_{cp} \cdot f} = \frac{2 \cdot q}{f} \quad (31)$$

A partir desta estimativa de fluxo de calor e da temperatura dos tubos, T_S , é possível determinar por um método gráfico a temperatura de saída do gás (T_G), de 1760 °F, necessária para este fluxo de calor.

O calor que deve ser liberado pelo combustível é dado pela razão do fluxo de calor que deve ser fornecido ao fluido de trabalho do forno pela eficiência de combustão:

$$Q_F = \frac{Q_T}{\eta} \quad (32)$$

A partir deste calor, determinam-se as vazões mássica necessárias de combustível, ar e vapor de atomização:

$$m_F = \frac{Q_F}{C_F} \quad (33)$$

$$m_A = m_F \cdot \frac{lb_A}{lb_F} \quad (34)$$

$$m_S = m_F \cdot \frac{lb_S}{lb_F} \quad (35)$$

Em seguida, é calculado o calor do ar de combustão:

$$Q_A = m_A \cdot C_A \quad (36)$$

O calor perdido pelas paredes do forno é geralmente em uma faixa de 1 a 10% do calor fornecido pelo combustível, sendo que 2% é um bom valor de desenho:

$$Q_W = 0,02 \cdot Q_F \quad (37)$$

O calor que sai devido aos efluentes gasosos é determinado pelo produto do fluxo de combustível, razão do efluente gasoso por combustível, calor específico médio do efluente gasoso entre diferença entre as temperaturas T_G e 520°R .

$$Q_G = m_F \cdot \left(1 + \frac{lb_A}{lb_F}\right) \cdot (T_G - 520) \quad (38)$$

O balanço de energia é mostrado a seguir:

$$\Sigma Q = Q_F + Q_A - Q_W - Q_G \quad (39)$$

Assim que a comprimento e diâmetro de tubos foi determinado, calcula-se a área superficial de um tubo.

$$A = \pi \cdot D \cdot L \quad (40)$$

O número de tubos estimados é:

$$N_t = \frac{Q}{q \cdot A} \quad (41)$$

Área da superfície plana equivalente, por tubo, corresponde à energia não absorvida e é dada por:

$$A_{cp} = s \cdot L \quad (42)$$

O fator de comparação entre dois planos paralelos (α) é determinado por método gráfico, dados o diâmetro da tubulação e sua separação (KERN, 1965, p.688). Assim, calcula-se o produto da área da superfície plana equivalente para o número total de tubos pelo fator de comparação.

$$\alpha \cdot A_{cp} \cdot N_t = s \cdot L \cdot \alpha \cdot N_t \quad (43)$$

A disposição geométrica dos tubos no forno foi feita segundo Kern (1965, p.703) A altura e o comprimento foram calculados a partir do comprimento dos tubos e a separação entre os tubos. O comprimento do forno foi considerado equivalente ao comprimento dos tubos.

A área total do forno (A_T) foi determinada pela soma das áreas de todas as paredes do forno. A área refratária efetiva foi calculada da seguinte forma:

$$A_R = A_T - \alpha \cdot A_{cp} \quad (44)$$

A emissividade do gás efluente foi determinada a partir de gráficos, sabendo a pressão parcial de vapor de água e CO₂ presentes. O novo fator de troca (f) é determinado graficamente a partir da emissividade e da razão entre A_R e A_{cp} .

Em seguida, recalcula-se a equação 31 com o novo valor de f e o valor de $\sum Q$ obtido pela equação 39. Deste novo valor para a equação 31, obtêm-se o novo T_G . Se este for suficientemente próximo do anterior, não é necessário redimensionar o forno. Segundo Kern (1965, p. 704), uma diferença de 30 °F não gera variações significativas no projeto.

A tabela a seguir mostra as principais características encontradas para este forno:

Tabela 31. Principais informações obtidas para o forno.

Parâmetro	Valor	Unidade
m_F	6878,37	lb/h
Número de tubos	106	-
Altura	28,32	Ft
Comprimento	38,50	Ft
Largura	40,82	Ft
A_R	4001,44	ft ²
T_G	1700	°F

ANEXO VI. Dimensionamento de tubulações

As variáveis necessárias a se determinar no projeto de tubulações são diâmetro nominal, velocidade e perda de carga.

O comprimento das tubulações entre equipamentos neste projeto foi considerado igual a 40 metros. Com este valor de comprimento e considerando o padrão de dimensões Schedule 40 e os valores dos parâmetros das correntes que vão percorrer os tubos, simulou-se as tubulações entre equipamentos no software Aspen Hysys, obtendo os valores de diâmetro (para perdas de carga menores que 0,12 kg/cm²) e de perda de carga.

Tendo o diâmetro e a perda de carga de cada pedaço de tubulação, calculou-se o valor de sua área seccional circular por meio da seguinte fórmula:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \quad (45)$$

Usando este valor e a vazão volumétrica Q que passa pelos tubos, também fornecida pelo Hysys, obteve-se a velocidade das correntes nas tubulações:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (46)$$

Como material das tubulações da planta, utiliza-se aço carbono devido ao baixo custo, temperatura de operação de -40°C a 450°C e diâmetros de 1/8” a 24” (Norma ANSI B-31).