

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

**PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-  
CRAFTS DE BENZENO E PROPILENO**

**AMANDA SILVA PIMENTA  
ANNE KAROLINE DE OLIVEIRA  
BÁRBARA ALMEIDA PENNA FIRME  
DANIEL VÍTOR ALVES DE SOUSA  
KARLA ANDREZA GARRETO COSTA  
LUCAS FONSECA GUIMARÃES  
PABLO JANGO LIMA MARQUES  
SUELEN KAROLINE HERMES DE SOUSA  
WILSON BARROSO NETO**

**Orientador: PROF. DR. JOSÉ JOAQUÍN LINARES LEÓN**

**PROJETOS DE ENGENHARIA QUÍMICA 2**

**BRASÍLIA, 25 DE JUNHO DE 2018**

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

**PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-  
CRAFTS DE BENZENO E PROPILENO**

PROJETO DE GRADUAÇÃO DA DISCIPLINA PROJETOS DE ENGENHARIA QUÍMICA 2 DA DIVISÃO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA QUÍMICA.

APROVADO POR:

Prof. Dr. José Joaquín Linares León  
Orientador

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva  
Examinador Interno

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Ribeiro do Carmo Damasceno  
Examinador Interno

**BRASÍLIA, 25 DE JUNHO DE 2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos, primeiramente, a Deus, que testemunhou todos os nossos momentos bons e ruins ao longo deste pedregoso caminho. Mesmo àqueles que não acreditam nele, às vezes somente a fé e a confiança em instâncias superiores podem oferecer força e conforto para seguir adiante, principalmente neste tortuoso caminho que escolhemos.

Não podemos esquecer-nos de dar graças a nossos amigos e familiares, que não apenas nos apoiaram ao longo da confecção desta peça, mas ao longo de todo o curso e, não exagerando, de toda a vida. Não seria possível chegar tão longe sem o suporte e o incentivo de pessoas queridas que secaram nossas lágrimas e nos inundaram com boas vibrações nos momentos que demandavam o máximo de nós, onde precisávamos desafiar cansaço, prazos e severas quedas de autoestima.

Finalmente, mas não menos importante, gostaríamos de demonstrar nossa profunda gratidão e apreciação ao corpo docente, que como hábeis escultores, ajudaram a fazer de nós, toscos blocos de mármore, Vitória e Laocoontes preparados para desempenhar o papel de engenheiros. Destes, levantamos loas especialmente aos professores José Joaquin Linares Leon e Fabrício Machado Silva, que extrapolaram suas funções como professores para se tornarem verdadeiros mestres para toda a vida.

## RESUMO

O objetivo desta peça é avaliar a implementação de uma planta de produção de cumeno considerado puro (> 99 wt%) a partir da alquilação de Friedel-Crafts de benzeno e propileno, sendo que este último traz consigo propano como impureza (5 wt%) em um reator tubular de leito fixo que utiliza como catalisador ácido fosfórico suportado em *kieselguhr* (terra diatomácea). Para tal, realizou-se a simulação através do programa Aspen HYSYS a partir das especificações iniciais do projeto.

A partir dos dados fornecidos, os parâmetros de *design* da planta foram calculados, tais como projeto de equipamentos, tubulações e serviços auxiliares, bem como aspectos da segurança, com o objetivo de determinar o ótimo econômico da planta como um todo, enfim procedendo à avaliação financeira, considerando o preço dos reagentes e produtos no mercado vigente em 2018 e, assim, comprovar a viabilidade do sistema no complexo industrial. A planta, uma vez em funcionamento, permitirá a produção em larga escala do composto cumeno, que por sua vez será aplicado como reagente na fabricação de fenol e acetona.

Palavras-chave: cumeno, benzeno, propileno, avaliação financeira, processo industrial, catalisadores heterogêneos, ácido fosfórico, *kieselguhr*



## ABSTRACT

The major goal of this work is to evaluate the implementation of an industrial plant of pure cumene (> 99wt%) from the Friedel-Crafts alkylation of benzene and propylene, known that the latter brings with itself propane as impurity (5 wt%) in a packed bed tubular reactor that uses as catalyst phosphoric acid supported on *kieselguhr* (diatomaceous earth). For this, the simulation was performed on the program Aspen HYSYS, from the initial design specifications.

From the provided *data*, the design parameters of the plant were calculated (i. e. equipment and pipes design, auxiliary facilities and security issues) in order to determine the economic *optimum* of the plant as a whole, lastly carrying out the financial evaluation, considering the prices of reactants and products in 2018's market and then, proving the viability of the system in the industrial complex. The plant, will run a large-scale production of cumene, which will be used as a reactant in the manufacture of phenol and acetone.

Key-words: cumene, benzene, propylene, financial evaluation, industrial process, heterogeneous catalyst, phosphoric acid, *kieselguhr*.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Produção	1
1.2 Propriedades Produção	2
1.3 Aplicação	3
1.3.1 Processo de Hock	3
1.3.2 Aumento na octanagem de combustíveis	4
1.4 Mercado	4
<b>2. ESPECIFICAÇÕES DO PROCESSO</b>	<b>6</b>
2.1 Objetivo	6
2.2 Critérios de projeto	6
2.3 Matéria prima disponível	6
2.4 Qualidade da alimentação	7
2.5 Serviços auxiliares	7
2.6 Condições limítrofes	7
2.7 Dados cinéticos	7
2.8 Catalisador	8
<b>3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO</b>	<b>9</b>
<b>4. INTEGRAÇÃO NO COMPLEXO INDUSTRIAL</b>	<b>10</b>
<b>5. DIAGRAMA MECÂNICO DE PROCESSO</b>	<b>11</b>
<b>6. TROCADORES DE CALOR</b>	<b>12</b>
6.1 Introdução	12
6.2 Dimensionamento dos trocadores	13
6.3 Descrição dos equipamentos	15
<b>7. FORNO</b>	<b>17</b>
7.1 Introdução	17
7.2 Dimensionamento do forno	18
<b>8. SERVIÇOS AUXILIARES</b>	<b>23</b>
8.1 Água de refrigeração	23
8.2 Combustível	24
8.3 Vapor de aquecimento	24
8.4 Ar de instrumentação	25
8.5 Eletricidade	25
<b>9. TORRES DE DESTILAÇÃO</b>	<b>26</b>
9.1 Dimensionamento e otimização da Torre T-1	26
9.2 Dimensionamento e otimização da Torre T-2	31
<b>10. VASOS</b>	<b>35</b>
10.1 Vaso flash V-2	35

10.2	Dimensionamento dos vasos horizontais	38
10.2.1	Dimensionamento do vaso de armazenamento de benzeno V-1	38
10.2.2	Dimensionamento dos pulmões V-3 e V-4	40
<b>11.</b>	<b><u>TUBULACÕES</u></b>	<b>42</b>
<b>12.</b>	<b><u>BOMBAS</u></b>	<b>43</b>
12.1	Introdução	43
12.2	Dimensionamento de bombas	43
<b>13.</b>	<b><u>REATOR</u></b>	<b>46</b>
13.1	Reação	46
13.2	Dimensionamento	48
<b>14.</b>	<b><u>CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO</u></b>	<b>51</b>
14.1	Bombas	51
14.2	Trocadores de calor	51
14.3	Forno	51
14.4	Análise HAZOP para o forno	52
14.5	Reator	55
14.6	Vaso <i>flash</i>	55
14.7	Colunas de destilação	56
14.8	Vasos	56
<b>15.</b>	<b><u>ALARMES E ENCRAVAMENTOS</u></b>	<b>57</b>
15.1	Alarmes	57
15.2	Encravamentos	58
<b>16.</b>	<b><u>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</u></b>	<b>61</b>
<b>17.</b>	<b><u>ANÁLISE AMBIENTAL</u></b>	<b>63</b>
<b>18.</b>	<b><u>ANÁLISE ECONÔMICA</u></b>	<b>66</b>
18.1	Introdução	66
18.2	Investimento	66
18.3	Avaliação de rentabilidade do projeto	70
18.4	Análise de sensibilidade	77
<b>19.</b>	<b><u>P&amp;ID (PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM)</u></b>	<b>78</b>
<b>20.</b>	<b><u>ANEXO I – FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE BALANÇOS DE MASSA E ENERGIA</u></b>	<b>81</b>
<b>21.</b>	<b><u>ANEXO II - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE TROCADORES DE CALOR</u></b>	<b>94</b>
<b>22.</b>	<b><u>ANEXO III - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE COLUNA, RECHEIO E PRATOS</u></b>	<b>100</b>

<b>23. ANEXO IV - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE FORNO</b>	<b>104</b>
<b>24. ANEXO V - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇOS AUXILIARES</b>	<b>105</b>
<b>25. ANEXO VI - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE BOMBAS</b>	<b>111</b>
<b>26. ANEXO VII - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>	<b>123</b>
<b>27. ANEXO VIII - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE REATOR</b>	<b>131</b>
<b>28. ANEXO IX - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE TUBULAÇÃO</b>	<b>132</b>
<b>29. ANEXO X - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE VASOS</b>	<b>135</b>
<b>30. ANEXO XI - FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE</b>	<b>139</b>
<b>31. ANEXO XII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>159</b>

#### LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPCI	Índice de Custo da Planta de Engenharia Química
DIPB	Diisopropilbenzeno
HYSYS	<i>HYprotech SYStem</i>
ISBL	<i>Inside Batttery Limits</i>
NPSH	<i>Net Positive Suction Head</i>
OSBL	<i>Outside Battert Limits</i>
TEMA	<i>Tubular Exchancer Manufacturers Association</i>

#### LISTA DE VARIÁVEIS

$\alpha_{pe}$	Fator de eficácia de absorção	-
$\lambda_{vap}$	Calor de vaporização	kcal/kg
$\eta$	Eficiência	-
$\eta_h$	Eficiência hidráulica	-
$\eta_m$	Eficiência do motor	-
$\rho_l$	Densidade do líquido	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_v$	Densidade do vapor	kg/m <sup>3</sup>
$\tau$	Tempo de retenção	h
$\Delta T_{ml}$	Diferença de temperaturas média logarítmica	°C
A	Área de seção transversal	m <sup>2</sup>
Cf	Poder calorífico inferior do combustível do forno	BTU/lb

$d$	Diâmetro externo do tubo	m
$D$	Diâmetro mínimo	m
$e$	Espessura	mm
$E_a$	Energia de ativação	kJ/mol
$E_x$	Excesso de ar no forno	-
$F_e$	Fator de troca global de calor no forno	-
$F_t$	Fator de correção de trocadores de calor	-
$G$	Relação ar/combustível	-
$h$	Coefficientes individuais de transmissão de calor	kcal/h.m <sup>2</sup> .°C
$H_t$	Altura total da coluna	m
$K$	Constante pré-exponencial	-
$l$	Comprimento do tubo	m
$m_a$	Fluxo mássico de ar no forno	lb/h
$m_f$	Fluxo mássico do combustível do forno	lb/h
$m_l$	Vazão mássica de líquido	kg/h
$m_s$	Fluxo mássico de ar para atomização	lb/h
$m_v$	Vazão mássica de vapor	kg/h
$N_p$	Número de pratos teóricos	-
$N_r$	Número de pratos reais	-
$N_t$	Número de tubos	-
$P$	Pressão	bar
$P_d$	Pressão de desenho	bar
$P_{asp}$	Pressão aspiração	kg/cm <sup>2</sup>
$P_{vap}$	Pressão de vaporização	kg/cm <sup>2</sup>
$Q$	Fluxo de calor no trocador	kcal/h
$Q_a$	Calor do ar	BTU/h
$Q_{alim}$	Vazão volumétrica de alimentação	m <sup>3</sup> /h
$Q_{benzeno}$	Vazão volumétrica de benzeno	m <sup>3</sup> /h
$Q_c$	Calor recebido por fogo externo	kcal/kg
$Q_{cond}$	Calor retirado no condensador	kcal/h
$Q_{destilado}$	Vazão volumétrica de destilado	m <sup>3</sup> /h
$Q_{refluxo}$	Vazão volumétrica de refluxo	m <sup>3</sup> /h
$Q_f$	Calor do combustível do forno	BTU/h
$Q_g$	Calor dos gases de exaustão	BTU/h

$Q_l$	Vazão volumétrica de líquido	$m^3/h$
$Q_r$	Calor do ar recirculante	BTU/h
$Q_{reb}$	Calor fornecido pelo refervedor	kcal/h
$Q_s$	Calor de atomização	BTU/h
$Q_v$	Vazão volumétrica de vapor	$m^3/h$
$Q_w$	Calor perdido pelas paredes do forno	BTU/h
$r$	Fator de incrustação	$h.m^2.^{\circ}C/kcal$
$s$	Separação centro a centro dos tubos do forno	m
$S_{min}$	Área mínima da sessão	$m^2$
$T$	Temperatura	$^{\circ}C$
$T_g$	Temperatura do gás	$^{\circ}F$
$T_r$	Temperatura de referência	$^{\circ}F$
$U$	Coefficiente global de transmissão de calor	$kcal/h.m^2.^{\circ}C$
$V_{lim}$	Velocidade limite	m/s
$V_{pulmão}$	Volume do pulmão	$m^3$
$V_{real}$	Velocidade real de vapor	m/s
$V_{útil}$	Volume de líquido dentro do vaso	$m^3$
$W$	Peso	kg
$W_a$	Potência absorvida	cv
$W_c$	Potência real	cv
$W_h$	Potência hidráulica	cv

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades físico-químicas do cumeno

Tabela 2. Propriedades físico-químicas do p-diisopropilbenzeno

Tabela 3. Capacidade das maiores plantas de cumeno do mundo em 1999

Tabela 4. Qualidade da alimentação do reator

Tabela 5. Parâmetros das leis cinéticas

Tabela 6. Parâmetros do catalisador

Tabela 7. Parâmetros do forno

Tabela 8. Trocadores de calor, calor trocado e vazão de água de resfriamento

Tabela 9. Trocadores de calor, quantidade de calor e vazão mássica de vapor

Tabela 10. Custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação da torre T-1

Tabela 11. Condições pressão e temperatura de operação e desenho da coluna de destilação T-1

Tabela 12. Parâmetros de projeto da coluna de destilação T-1

Tabela 13. Custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação na coluna T-2

Tabela 14. Condições pressão e temperatura de operação e desenho da coluna de destilação T-2

Tabela 15. Parâmetros de projeto da coluna de destilação T-2

Tabela 16. Parâmetros de projeto de tubulações

Tabela 17. Densidade das fases e velocidade limite correspondente

Tabela 18. Vazões das correntes e volume do vaso V-2

Tabela 19. Razões (L/D) *versus* custo

Tabela 20. Parâmetros do vaso V-2

Tabela 21. Dimensionamento do vaso do armazenamento de benzeno V-1

Tabela 22. Vazões, tempos de residência para pulmões V-3 e V-4

Tabela 23. Parâmetros de dimensionamento para os pulmões V-3 e V-4

Tabela 24. Parâmetros de projeto das bombas

Tabela 25. Dimensionamento das bombas

Tabela 26. Parâmetros de otimização do reator

Tabela 27. Parâmetros para reator de cinco tubos

Tabela 28. Significado das palavras chaves

Tabela 29. Matriz de interações de elementos do forno

Tabela 30. Formulário de análise HAZOP do forno H-1

Tabela 31. Alarmes da planta

Tabela 32. Sistema de encravamentos da planta

Tabela 33. Válvulas de segurança da unidade de produção de cumeno

Tabela 34 - Parâmetros usados para o cálculo dos equipamentos da planta

Tabela 35. Estimação dos custos dos equipamentos

Tabela 36. Custos obtidos ao aplicar o método das porcentagens

Tabela 37. Preço do serviços auxiliares usados na planta de cumeno

Tabela 38. Preço dos produtos consumidos na planta de produção de cumeno

Tabela 39. Expressões para os cálculos dos custos de fabricação diretos

Tabela 40. Expressões para os cálculos dos custos de fabricação indiretos variáveis

Tabela 41. Custos de fabricação da planta

Tabela 42. Dados para o cálculo do valor atualizado líquido (VAL)

Tabela 43. Legenda para a leitura do diagrama P&ID

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Estrutura molecular do cumeno

Figura 2. Alquilação de Friedel-Crafts para produção de cumeno

Figura 3. Isômeros do diisopropilbenzeno

Figura 4. Etapas do processo de Hock

Figura 5. Preço do cumeno entre 2007 e 2010

Figura 6. Integração no complexo industrial

Figura 7. Esquema e perfil de temperatura de operação paralela

Figura 8. Esquema e perfil de temperatura de operação contracorrente

Figura 9. Classificação dos trocadores de calor segundo a norma TEMA

Figura 10. Esquema do interior de um forno

Figura 11. Esquemas de tipos de fornos (cilindro vertical, tipo cabine e tipo caixa)

Figura 12. Razões geométricas para fornos

Figura 13. Diagrama de equilíbrio para sistema binário benzeno/propileno na torre de destilação T-1

Figura 14. Diagrama de equilíbrio para sistema binário DIPB/propileno na torre de destilação T-1

Figura 15. Gráfico dos custos totais de 2017 em função do número de pratos de T-1

Figura 16. Gráfico dos custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação da coluna T-1

Figura 17. Gráfico dos custos totais de 2017 em função do número de pratos de T-2

Figura 18. Gráfico dos custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação na coluna T-2

Figura 19. Custo do vaso *versus* razão L/D

Figura 20. Custo do vaso em função da razão L/D

Figura 21. Mecanismo da Alquilação de Friedel-Crafts para a formação de cumeno

Figura 22. Energias de ativação para reações tipo SEA



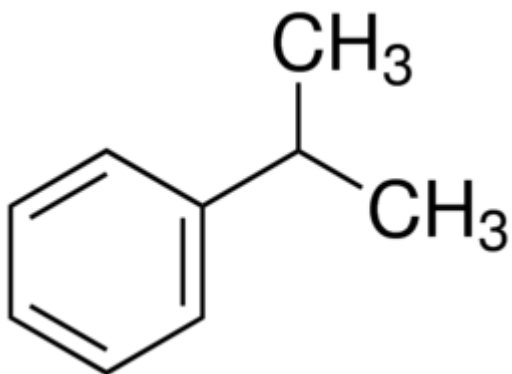
Figura 23. Fluxo de caixa da planta

Figura 24. Fluxo de caixa acumulado da planta

Figura 25. Fluxo de caixa acumulado com aumento de 50% no investimento

# 1 INTRODUÇÃO

O cumeno, também conhecido como ‘isopropilbenzeno’, ‘1-metiletilbenzeno’ e ‘2-fenilpropano’ é um composto do grupo dos hidrocarbonetos aromáticos de fórmula química  $C_9H_{12}$ , sendo um importante reagente orgânico, o que torna sua produção um *hotspot* no que tange a otimização.<sup>[1]</sup>



**Figura 1.** Estrutura molecular do cumeno

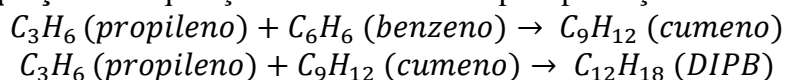
Esta molécula, além de ser utilizada como aditivo para aumentar a octanagem da gasolina, é um importante insumo industrial, principalmente para a síntese de substâncias orgânicas importantes como fenol e acetona. Apesar de estar presente no petróleo, não se produz cumeno a partir de sua destilação, pois separá-lo de uma mistura tão complexa com uma pureza aceitável a nível industrial seria uma operação cara e difícil.<sup>[2]</sup>

## 1.1 Produção

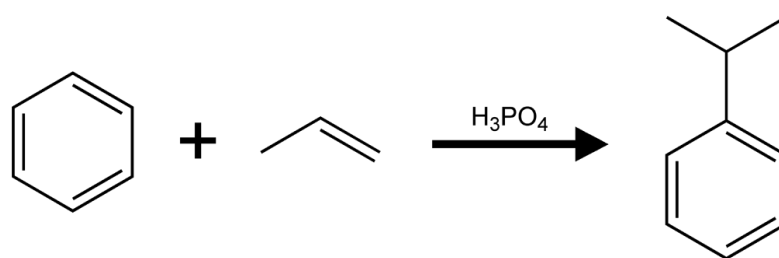
O principal método de produção de cumeno é através da alquilação de Friedel-Crafts de benzeno e propileno. Atualmente, é uma reação bem estabelecida e dotada de rica literatura, responsável por quase 20% da demanda mundial de benzeno.<sup>[3]</sup>

O mecanismo da reação é relativamente simples. O catalisador ácido fosfórico é um ácido de Lewis forte, que transforma ligações duplas no benzeno e no propileno em radicais que formam o produto cumeno ao se unirem, ou seja, uma reação de acoplamento. No entanto, o mesmo mecanismo se aplica à reação de produção de diisopropilbenzeno (DIPB), uma *side-reaction* que gera impurezas no produto que precisam ser eliminadas.<sup>[2]</sup>

**Equação 1.** Alquilação de Friedel-Crafts para produção de cumeno



**Equação 2.** Side reaction que gera diisopropilbenzeno



**Figura 2.** Alquilação de Friedel-Crafts para produção de cumeno

## 1.2 Propriedades

A Tabela 1 mostra as principais propriedades físico-químicas do cumeno a temperatura ambiente. <sup>[1,4,5,6]</sup>

**Tabela 1.** Propriedades físico-químicas do cumeno

Propriedade	Valor
Massa molecular ( $g \cdot mol^{-1}$ )	120,19
Ponto de ebulição ( $^{\circ}C$ )	152
Ponto de fusão ( $^{\circ}C$ )	-96
Massa específica ( $g \cdot cm^{-3}$ )	0,862
Viscosidade a $20^{\circ}C$ (cP)	0,78
Calor de formação (kJ/mol)	3,93
Entalpia de vaporização (kJ/mol)	38,1
Pressão de vapor a $20^{\circ}C$ (mmHg)	8
Temperatura de autoignição ( $^{\circ}C$ )	425
Índice de refração a $20^{\circ}C$	1,49

Em temperatura ambiente, o cumeno se apresenta como líquido incolor com cheiro penetrante que lembra gasolina, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos, etanol, éter e acetona.

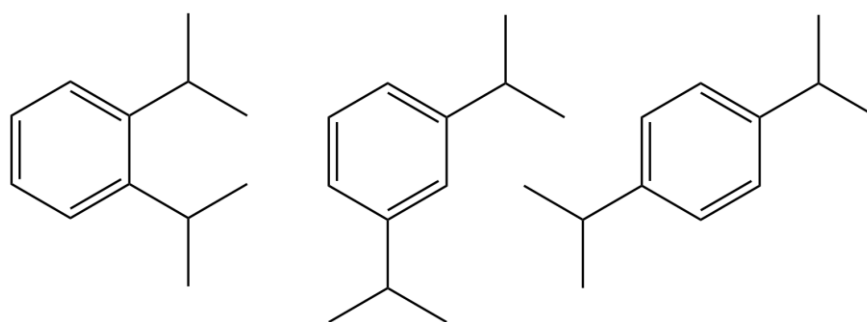
Trata-se de uma substância inflamável e explosiva que tende a formar peróxidos em contato com o ar. Portanto, deve ser armazenado em contêineres vedados em locais frescos e ventilados, para propiciar uma dissipação adequada caso sejam gerados vapores explosivos. <sup>[4]</sup>

A Tabela 2 mostra as propriedades físico-químicas do isômero p-diisopropilbenzeno à temperatura ambiente <sup>[17,18]</sup>:

**Tabela 2.** Propriedades físico-químicas do p-diisopropilbenzeno

Propriedade	Valor
Massa molecular (g.mol <sup>-1</sup> )	162,14
Ponto de ebulição (°C)	210
Ponto de fusão (°C)	-17
Massa específica (g.cm <sup>-3</sup> )	0,857
Entalpia de vaporização (kJ/mol)	56,5
Pressão de vapor a 40 °C (mmHg)	1

A *side reaction* que gera o diisopropilbenzeno forma uma mistura de três isômeros, onde cada um tem propriedades levemente diferentes. Forma-se preferencialmente o p-diisopropilbenzeno, que pode ser utilizado como óleo combustível.



**Figura 3.** Isômeros do diisopropilbenzeno

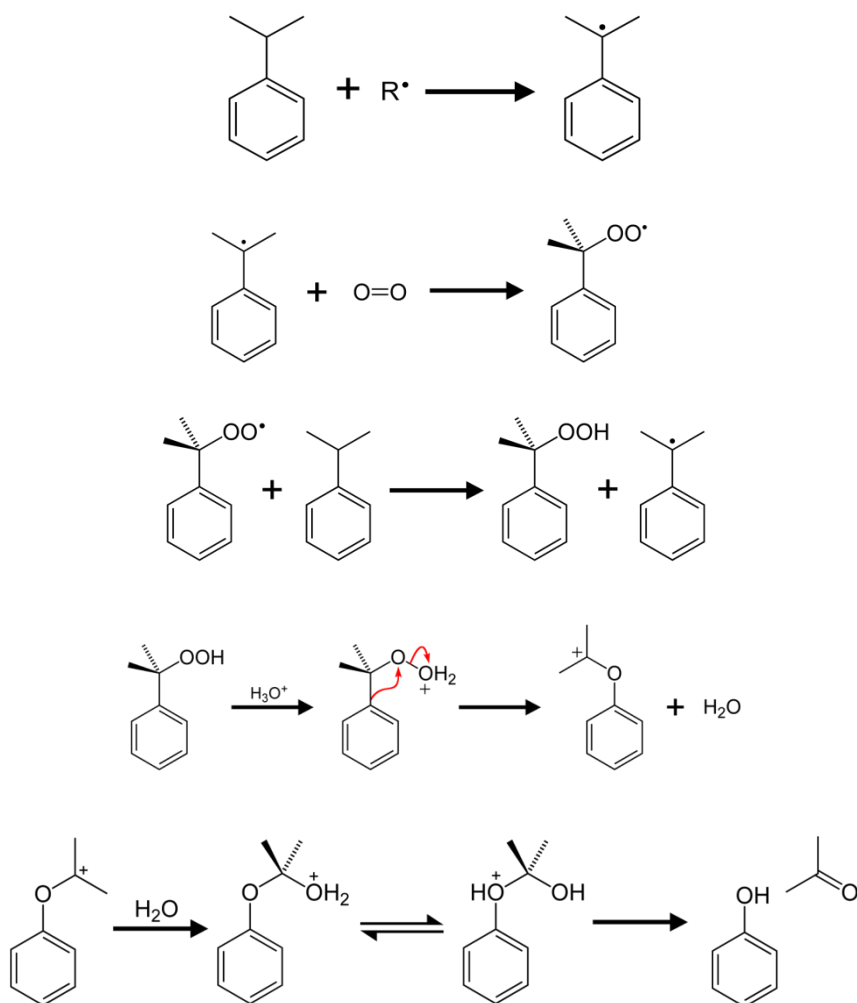
### 1.3 Aplicação

Quase todo o cumeno produzido mundialmente em escala industrial (>98%) é convertido em fenol e acetona através do processo de Hock, que gera como intermediário o hidroperóxido de cumeno, utilizando o oxigênio atmosférico como reagente. O restante é utilizado como aditivo de combustíveis ou solvente para tintas e esmaltes. [3]

#### 1.3.1 Processo de Hock

Também conhecido como ‘processo cumeno-fenol’, este sistema de reações foi descoberto por Heinrich Hock em 1944 e até hoje é o método mais utilizado para se fabricar fenol e acetona industrialmente. A reação também produz quantidades residuais de acetofenona e metil-estireno, a nível de impureza, produtos que são utilizados na indústria de resinas, perfumes e plásticos. Para tal processo utiliza-se como iniciador um ácido de Lewis, geralmente ácido fosfórico ou haletos de alumínio, à pressão de 30 atm e 250°C, que são condições similares às que aparecem na planta de produção de cumeno

em si. Por isso, reitera-se a importância de evitar a entrada de oxigênio nas etapas da produção de cumeno. [7,8]



**Figura 4.** Etapas do processo de Hock

### 1.3.2 Aumento na octanagem de combustíveis

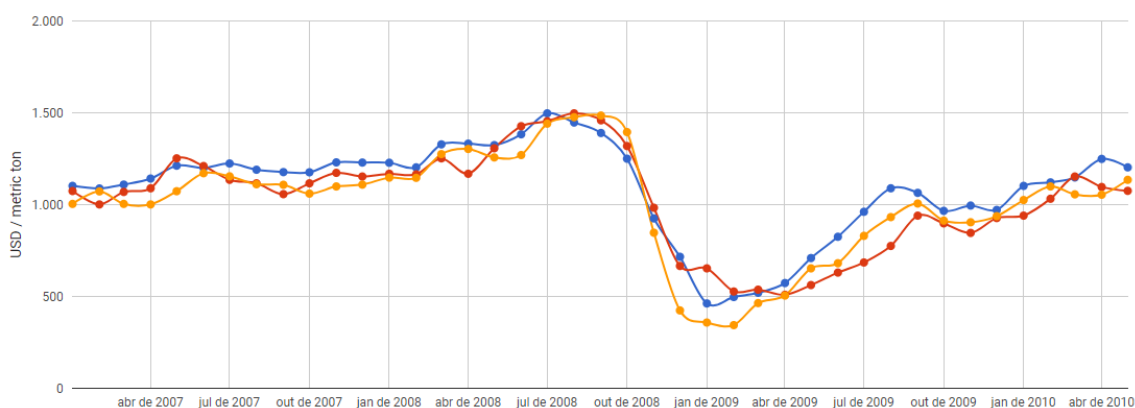
Durante a Segunda Guerra Mundial, era urgente a procura por substâncias que aumentassem a octanagem de combustíveis, principalmente no âmbito da aviação. O cumeno se mostrou um aditivo interessante, evitando detonações precoces e potencialmente perigosas em motores baseados no ciclo de Otto. [2]

### 1.4 Mercado

Em 2012, o mercado global de cumeno estava avaliado em US\$ 15,4 bilhões, equivalente a 12400,4 kt (quilotoneladas) comercializadas da substância, contra apenas 8607,2 kt em 2000. Esse aumento é consequência da demanda crescente por fenol e derivados, principalmente no Extremo Oriente, que em 2011 representavam 39% da

demanda global por cumeno. Espera-se que a demanda cresça 4,2% ao ano, o que representaria a comercialização de 17988,9 kt em 2020. <sup>[10, 11]</sup>

De acordo com os dados fornecidos pela Intratec, pode-se verificar que o cumeno não sofre uma grande variação espacial de preço. Entre abril e outubro de 2008, o cumeno sofreu uma valorização, quase US\$ 200/tonelada, logo antes de uma abrupta queda de preço no começo de 2009, chegando a custar um terço do que custava três meses antes. Este comportamento, de valorização seguida de uma abrupta queda no valor do produto, pode ser explicado pela crise financeira deflagrada à época, iniciada no mercado imobiliário estadunidense e propagada pelo mundo. Em março de 2010, o preço do cumeno no mercado global estava cotado em US\$ 1410,09/ tonelada. <sup>[12, 13]</sup>



**Figura 5.** Preço do cumeno entre 2007 e 2010 <sup>[12]</sup>

A Tabela 3 mostra a capacidade de produção das plantas de cumeno mais importantes do mundo em 1999, de acordo com a ICIS. Apesar de no ano em questão os Estados Unidos liderarem a produção mundial de cumeno, sua hegemonia tem diminuído nesse nicho de mercado, pois o supracitado aumento de demanda no Extremo Oriente fez com que plantas de cumeno tenham sido (e continuem sendo) instaladas em países como China, Japão e Coreia do Sul. <sup>[14]</sup>

**Tabela 3.** Capacidade das maiores plantas de cumeno do mundo em 1999 <sup>[14]</sup>

<b>Empresa</b>	<b>Localização da planta</b>	<b>Capacidade (kt/ano)</b>
Mitsui Chemicals	Japão	690
Georgia Gulf	EUA	680
Koch	EUA	672
Shell	EUA	544
Unichem-Phenolchemie	Arábia Saudita	520
Citgo	EUA	500

Ertisa	Espanha	470
Chevron	EUA	450
Dow	Países Baixos	400

A UNIPAR Divisão Química é a única empresa brasileira que produz cumeno em solo nacional. Sua produção, estimada em pouco mais de 300kt/ano é escoada para Paulínia (São Paulo), onde há uma planta de fenol da Rhodia, nome pela qual a empresa francesa Rhône-Poulenc atua no Brasil. <sup>[15,16]</sup>

## 2 ESPECIFICAÇÕES DO PROCESSO

### 2.1 Objetivo

Organização, projeto, avaliação e realização da Engenharia de Processo de uma planta de produção de 90000 toneladas por ano de cumeno a partir da alquilação de Friedel-Crafts de benzeno e propileno, consumindo anualmente 65520 toneladas de benzeno e 37120 toneladas de propileno, com a capacidade de produzir 8500 horas por ano.

### 2.2 Critérios do projeto

- Capacidade de produção: 8500h/ano
- Pureza do cumeno: >99%
- Todos os equipamentos são de aço-carbono, exceto o reator, feito de aço inoxidável
- Todos os trocadores de calor tem tubos de 6096 mm de comprimento
- Capacidade mínima: 60% do projeto
- O sobredimensionamento dos equipamentos determinado como:
  - Bombas/compressores: 120%
  - Trocadores de calor: 110%
  - Torres de destilação, refervedores, condensadores: 120%

### 2.3 Matéria prima disponível

- Benzeno a 25°C e 1 bar, pureza >99,9%
- Propileno a 25°C e 11,66 bar, pureza 95%
- Catalisador heterogêneo ácido fosfórico suportado em *kieselguhr*

## 2.4 Qualidade da alimentação

A Tabela 4 descreve as condições às quais os reagentes entram no reator R-1

**Tabela 4.** Qualidade da alimentação do reator

Reagente	Temperatura (°C)	Pressão (bar)	Vazão (ton/h)
<b>Benzeno</b>	350	30,8	15,539
<b>Propileno</b>	350	30,8	4,636
<b>Propano (impureza)</b>	350	30,8	0,245

## 2.5 Serviços auxiliares

### 2.5.1 Água de refrigeração

- Disponível a 5,16 bar e 30°C
- Deve retornar à pressão maior que 3,08 bar e temperatura menor que 45°C

### 2.5.2 Vapor a alta pressão

- Disponível saturado a 42,37 bar e 254°C

### 2.5.3 Vapor a média pressão

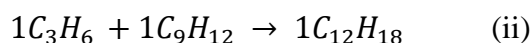
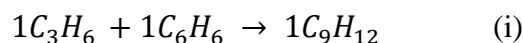
- Disponível saturado a 11,35bar e 185.5°C

## 2.6 Condições limítrofes

O propileno, à temperatura de 25°C, precisa ser mantido a uma pressão mínima de 11,66 bar para se manter em estado líquido em seu tanque de armazenamento, à entrada do sistema.

## 2.7 Dados cinéticos

A cinética da reação é controlada pelos parâmetros do processo para que o equilíbrio se desloque o máximo possível no sentido da formação de cumeno, na presença do catalisador.



A reação i diz respeito à formação de cumeno, produto desejado, enquanto a reação ii diz respeito à *side reaction* que gera o diisopropilbenzeno (DIPB) como impureza. Elas obedecem às respectivas leis cinéticas, segundo o modelo de Arrhenius, onde 'P' representa a pressão parcial da substância descrita no índice:



$$r_1 = -k_1 \cdot \exp\left(-\frac{E_{a1}}{RT}\right) \cdot P_{benzeno} \cdot P_{propileno} \quad (\text{iii})$$

$$r_2 = -k_2 \cdot \exp\left(-\frac{E_{a2}}{RT}\right) \cdot P_{cumeno} \cdot P_{propileno} \quad (\text{iv})$$

A Tabela 4 exhibe as energias de ativação e parâmetros pré-exponenciais referentes às leis cinéticas expressas nas equações iii e iv: <sup>[1]</sup>

**Tabela 5.** Parâmetros das leis cinéticas

Parâmetro	Valor
<b>k<sub>1</sub></b>	3,5x10 <sup>4</sup>
<b>k<sub>2</sub></b>	2,9x10 <sup>6</sup>
<b>E<sub>a1</sub> (kJ/mol)</b>	104,18
<b>E<sub>a2</sub> (kJ/mol)</b>	149,78

A reação principal é exotérmica e por isso a temperatura dentro do reator tende a aumentar rapidamente. Este aumento, da mesma forma, tende a aumentar a produção do subproduto, que é indesejável. Isso se deve à energia de ativação da reação secundária ser maior do que a da principal. Então se um reator maior é usado, a sua temperatura diminui, o que melhora a seletividade do cumeno. Mantendo a mesma conversão, a quantidade de matéria-prima diminui (LUYBEN, 2010).

## 2.8 Catalisador

Alguns dos ácidos minerais, principalmente o sulfúrico, o fluorídrico e o fosfórico têm a capacidade de atuarem como catalizador em reações de alquilação. Para o processo, utiliza-se o catalisador heterogêneo ácido fosfórico suportado em *kieselguhr*, com as características expressas na Tabela 6. <sup>[1]</sup> Ele é produzido pela calcinação da mistura e depois é compactado em forma de pellets com uma composição de 65%-70% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> n-sílica.

**Tabela 6.** Parâmetros do catalisador

Parâmetro	Valor
Diâmetro de partícula (mm)	3
Densidade das partículas (kg/m <sup>3</sup> )	1600
Porosidade	0,5

Máxima perda de pressão (kg/cm <sup>2</sup> g)	0,5
Coefficiente de transferência de calor entre leito fixo e parede do tubo (W/m <sup>2</sup> .C)	60

### 3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Os reagentes líquidos benzeno (pureza >99,9%) e propileno (contendo 5% de impureza propano) são bombeados a aproximadamente 30 bar pelas bombas P-1 e P-2 de seus respectivos tanques de armazenamento para um misturador, formando uma única corrente. Daí, eles são aquecidos e vaporizados por um trocador de calor (E-1) e um forno H-1, ao ponto de chegarem ao reator (R-1) à temperatura de 350°C.

O catalisador, nas condições supracitadas, converte os reagentes em produtos desejados e indesejados. A razão molar alimentada de benzeno:propileno é de 2:1, o que leva a uma conversão do propileno de 99% e razão molar de seletividade de produto de cumeno:DIPB igual a 31:1. Os produtos, em fase gasosa, são resfriados a 40°C (a 25,33 bar), condição onde praticamente todo cumeno, DIPB e benzeno que não reagiu condensam-se.

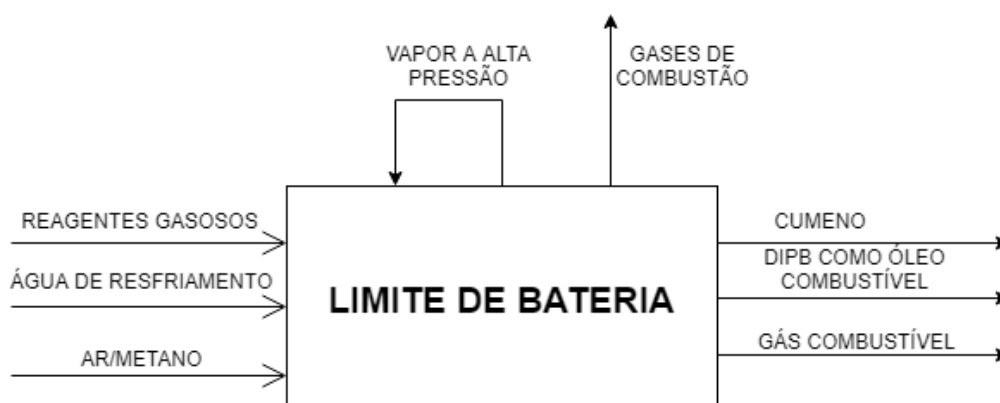
O propileno que não reagiu e o propano são separados da fase líquida na unidade *flash* V-1, enquanto a corrente líquida é enviada para duas torres de destilação. A primeira torre (T-1) separa o benzeno do cumeno e do DIPB, sendo capaz de gerar uma corrente de topo de benzeno de pureza igual a 99,9%.

A segunda torre de destilação (T-2) separa o cumeno do DIPB, resultando em uma corrente de topo de cumeno com pureza de 99%, o qual se espera produzir 90kt/ano.

## 4 INTEGRAÇÃO NO COMPLEXO INDUSTRIAL

- A corrente de topo da torre T-1, rica em benzeno, retorna ao começo da planta para ser utilizada como reagente.
- O propileno e propano que saíram da corrente de topo do vaso *flash* são utilizados como gás combustível, seja em outra unidade do complexo, seja vendido para outro complexo.
- A corrente de fundo da torre T-2, rica em DIPB, é vendida como óleo combustível.

Trata-se, portanto, de uma planta bem integrada, onde, além do produto de interesse, gera-se certa quantidade de serviços auxiliares a serem aproveitados tanto nela quanto em outros setores do complexo industrial ao qual ela pertence. Os únicos efluentes propriamente ditos são os gases de combustão gerados pelo forno. Tal integração é exibida via diagrama de blocos na Figura 5.



**Figura 6.** Integração no complexo industrial

## 5 DIAGRAMA MECÂNICO DE PROCESSO

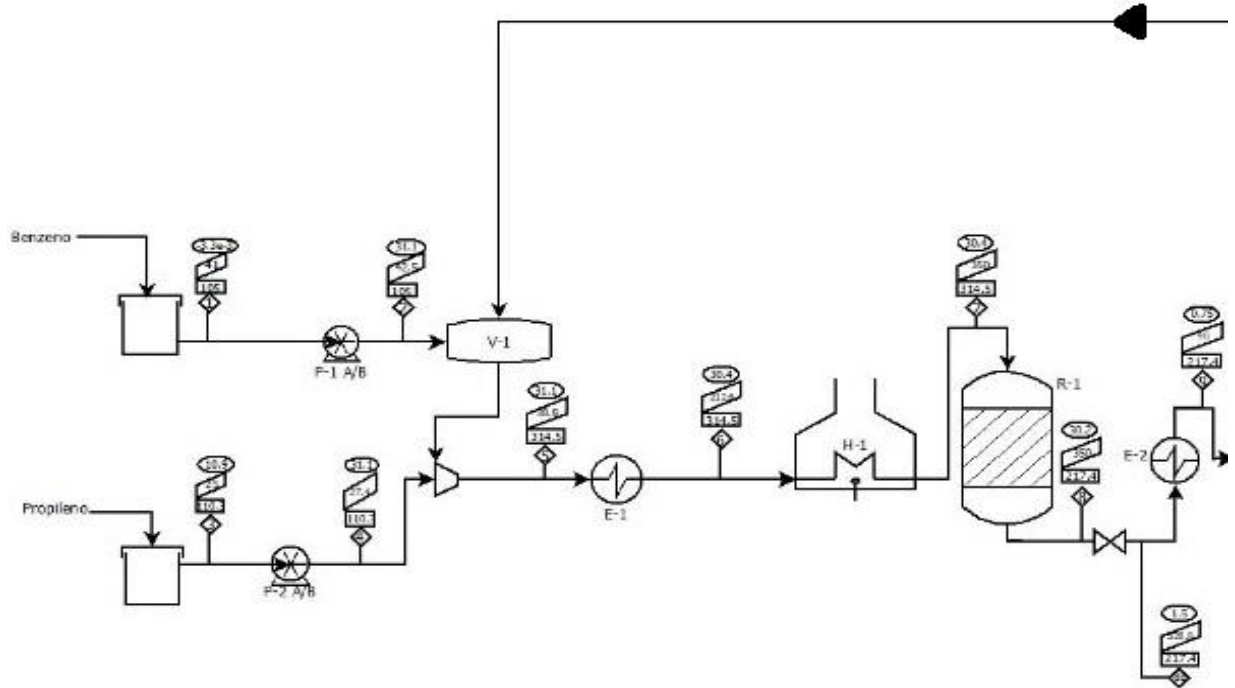


Diagrama mecânico, parte 1

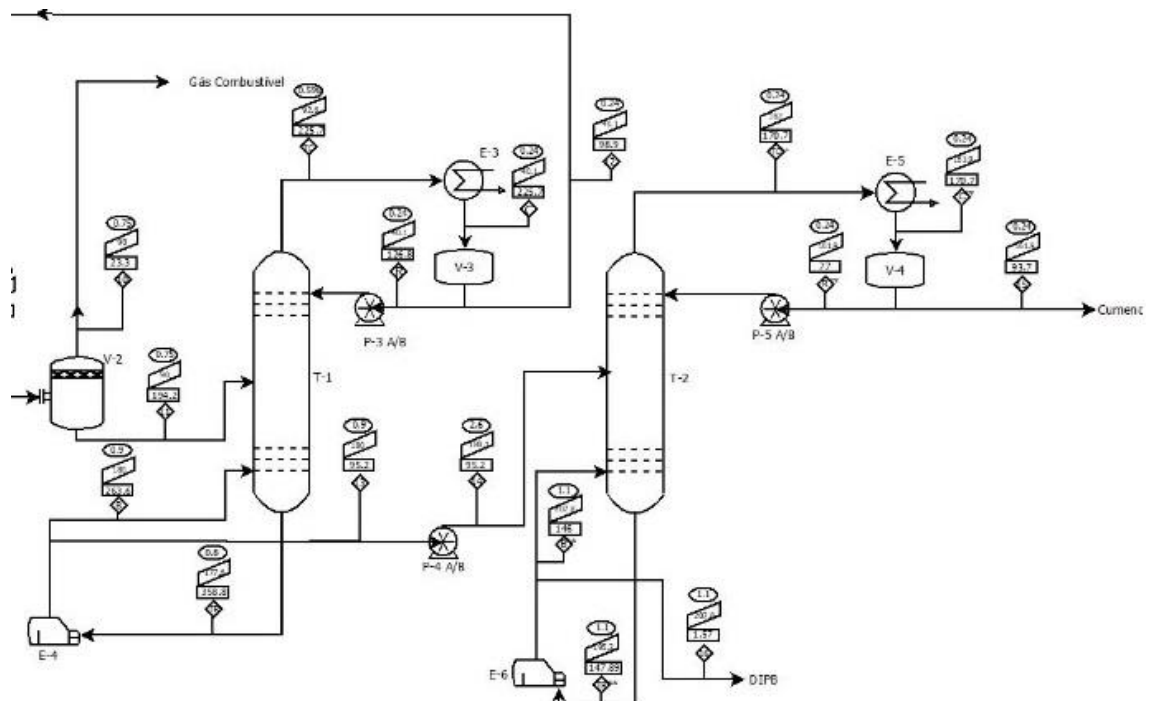


Diagrama mecânico, parte 2

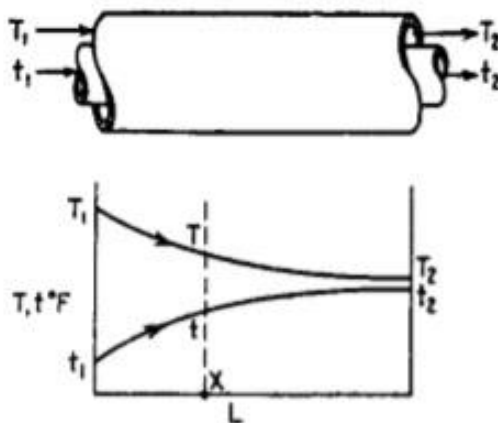
## 6 TROCADORES DE CALOR

### 6.1 Introdução

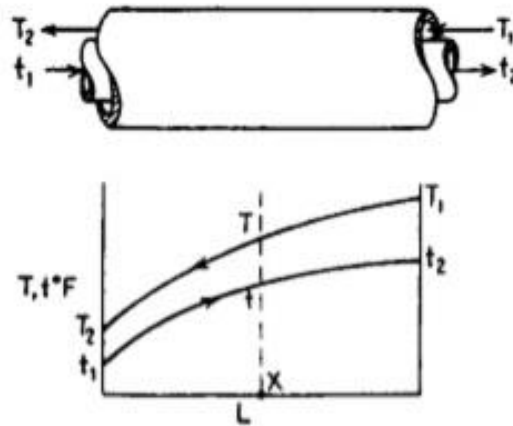
Os trocadores de calor são equipamentos utilizados para efetuar a troca de calor entre um fluido quente e outro frio através de uma superfície de separação. Em processos industriais, a operação unitária de troca de calor pode ser conduzida em situações as quais são necessárias o aquecimento ou resfriamento de uma corrente de processo. Além disso, essa operação também pode ser utilizada quando se deseja a mudança de fase de uma ou mais correntes de processo. Na planta de produção de cumeno projetada, existem dois trocadores de calor de correntes de processo, além de dois condensadores e dois refeedores das colunas de destilação, totalizando seis trocadores de calor.<sup>[19]</sup>

Neste trabalho, considerou-se a troca de calor entre dois fluidos em um trocador de calor, onde o fluido de mais alta temperatura foi denominado de "fluido quente" e o de mais baixa temperatura, de "fluido frio". Além disso, foram usadas letras maiúsculas para representar as grandezas relacionadas com o fluido quente e letras minúsculas para o frio, bem como o índice 1 para representar as condições de entrada de cada fluido no trocador e índice 2 para suas respectivas condições de saída.

O escoamento dos dois fluidos no trocador pode ser conduzido em dois formatos: concorrente, em que a entrada dos fluidos acontece na mesma seção do equipamento, ou em contracorrente, no qual a entrada das correntes acontece em seções opostas do equipamento, como se pode ver nas figuras 7 e 8.<sup>[20]</sup>



**Figura 7.** Esquema e perfil de temperatura de operação paralela



**Figura 8.** Esquema e perfil de temperatura de operação contracorrente

Os trocadores de calor deste projeto estão operando de modo concorrente, devido a maior eficiência na troca de calor, pois esse esquema de operação permite maior gradiente de temperatura durante todo o escoamento, como é possível observar na Figura 8.

## 6.2 Dimensionamento

No desenvolvimento do trabalho, optou-se pela execução de projetos não rigorosos dos trocadores de calor. Assim, o objetivo foi obter o principal parâmetro de desenho de um trocador de calor: a área de troca térmica; pois além dela ser usada para o dimensionamento do equipamento, também é de extrema importância para a análise do custo do trocador. Ela é obtida através da Equação 5.

$$Q = U.A.F_t.\Delta T_{ml} \quad (5)$$

A quantidade de calor ( $Q$ ) foi obtida através da simulação e a diferença de temperatura média logarítmica ( $\Delta T_{ml}$ ) foi encontrada utilizando a Equação 6.

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} \quad (6)$$

Onde:

T1 = Temperatura de entrada do fluido quente

T2 = Temperatura de saída do fluido quente

$t_1$  = Temperatura de entrada do fluido frio

$t_2$  = Temperatura de saída do fluido frio

O coeficiente global de troca térmica (U) - parâmetro que carrega informação sobre as resistências à troca térmica, tanto por convecção quanto por condução, entre dois fluidos - em um trocador de calor é influenciado também pela formação de depósitos nas paredes do equipamento, devido ao aumento da resistência a troca térmica resultante disso. Assim, consideram-se também os fatores de incrustação no cálculo de U. Com isso, calcula-se o coeficiente global de troca térmica através da Equação 7.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_f} + r_a + r_f \quad (7)$$

Onde  $h_a$  e  $h_f$  são os coeficientes individuais de transmissão de calor da água – vapor ou líquido de refrigeração – e do fluido de processo, respectivamente; e  $r_a$  e  $r_f$  são os fatores de incrustação da água e do fluido de processo, respectivamente. Os fatores de incrustação dos hidrocarbonetos leves, vapor de água e água de refrigeração são iguais a 0,00015, 0,00015 e 0,0003 h.m<sup>2</sup> °C/kcal, respectivamente.

Estabeleceu-se que os valores para os coeficientes de transmissão de calor individuais dos fluidos que passam pela carcaça e pelo tubo,  $h_a$  e  $h_f$ , são iguais a 1100 para o fluido de processo evaporando, 1450 para o fluido de processo condensando, 5700 para a água de refrigeração e 10000 para o vapor em kcal/h.m<sup>2</sup> °C.

Para um trocador real, é necessário calcular o fator de correção, determinado a partir de relações (R e P) entre as temperaturas dos fluidos nas duas seções do trocador de calor. Esse termo de correção pode ser obtido gráfica ou analiticamente. As equações utilizadas para encontrar esses fatores estão listadas a seguir: <sup>[21]</sup>

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \quad (8) \quad \text{e} \quad P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad (9)$$

Optou-se pela correção através do método analítico, utilizando a equação 10 para achar o fator de correção após ter calculado os parâmetros R e P utilizando as equações 8 e 9, respectivamente.

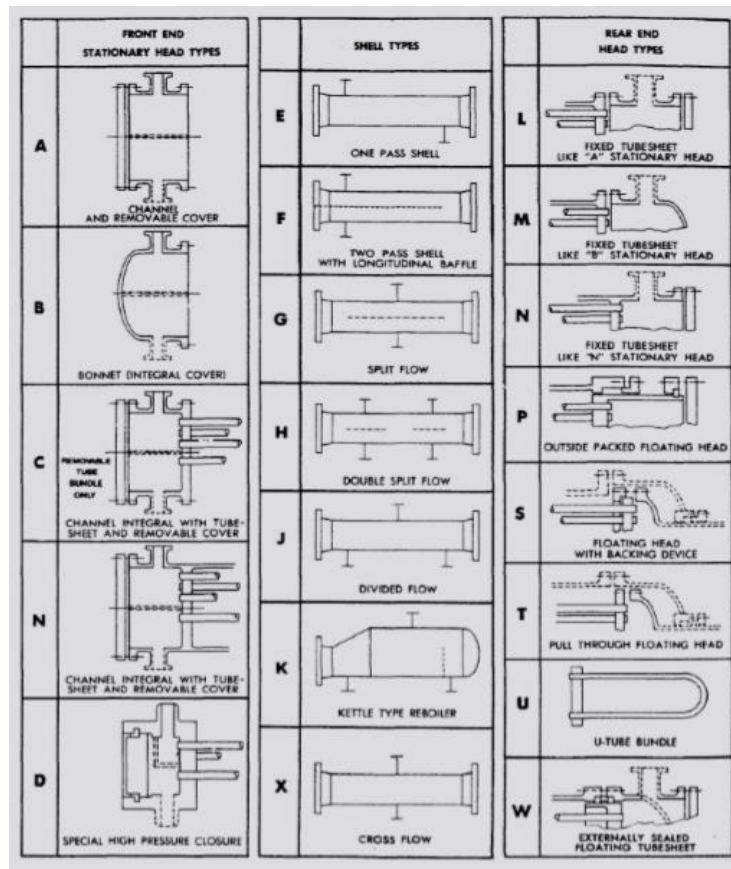
$$F_t = \frac{(\sqrt{R^2+1}) \ln\left(\frac{1-P}{1-RP}\right)}{(R-1) \ln\left(\frac{2-P(R+1)-(\sqrt{R^2+1})}{2-P(R+1)+(\sqrt{R^2+1})}\right)} \quad (10)$$

Com todos esses dados, é possível calcular a área de troca térmica para todos os trocadores de calor e, com isso, definir qual é o melhor trocador de calor a ser utilizado e encontrar o número de tubos, que é o quociente entre a área total e área de cada tubo, onde:

$$A_{\text{tubo}} = \frac{\pi d^2 l}{4} \quad (11)$$

### 6.3 Descrições dos equipamentos

Os trocadores de calor são classificados segundo a norma TEMA, (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*). A Figura 9 mostra como tal norma se aplica na definição dos tipos de trocador.



**Figura 9.** Classificação dos trocadores de calor segundo a norma TEMA



O trocador E-1 tem por finalidade aquecer a corrente da entrada do forno H-1 - que é composta basicamente por propeno, benzeno e propano - até uma temperatura de 212,6 °C. O fluido de processo foi escolhido para passar pelos tubos e o vapor de aquecimento pelo casco, segundo os parâmetros descritos por Kern (1965). Escolheu-se o trocador do tipo AEU. A área de troca térmica obtida é igual a 40,56 m<sup>2</sup> e este trocador possui 111 tubos. <sup>[22]</sup>

No trocador E-2, a corrente de processo é parcialmente condensada utilizando a água de refrigeração a 30°C como serviço auxiliar. Ele é um *cooler* do tipo AES. A área de troca térmica obtida é igual a 39,19 m<sup>2</sup> e este trocador possui 107 tubos.

O condensador E-3 é um casco-e-tubos AES que condensa a corrente de topo da primeira coluna de destilação que está passando pelos tubos. Ele tem uma disposição triangular com a água de refrigeração fluindo pela carcaça, entrando a 30 °C e saindo a 45 °C. A área de troca térmica obtida é igual a 183,41 m<sup>2</sup> e este trocador possui 503 tubos.

O refeedor E-4 é um trocador casco-e-tubos do tipo AKT que vaporiza a corrente de fundo da primeira coluna de destilação usando vapor de aquecimento de média pressão, que se condensa a 185,5 °C e 11,35 bar, circulando pelo casco. O trocador do tipo AKT é o mais utilizado em refeedores de coluna. A área de troca térmica obtida é igual a 499,63 m<sup>2</sup> e este trocador possui 1369 tubos.

O equipamento E-5 é um *cooler* que resfria o fluido do processo. Devido à pequena área de troca térmica, igual a 17,46 m<sup>2</sup>, este trocador foi projetado como do tipo duplo tubo, onde a água passa pelo tubo externo e o fluido de processo pelo tubo interno.

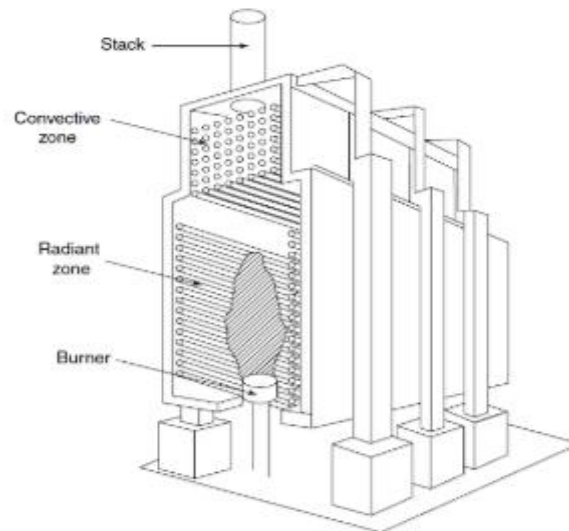
O refeedor E-6 é um trocador casco-e-tubos do tipo AKT que vaporiza a corrente de fundo da segunda coluna de destilação usando vapor de aquecimento de alta pressão, que condensa a 254 °C e 42,37 bar, circulando pelo casco. A área de troca térmica é igual a 38,34 m<sup>2</sup> e esse trocador possui 105 tubos.

## 7 FORNO

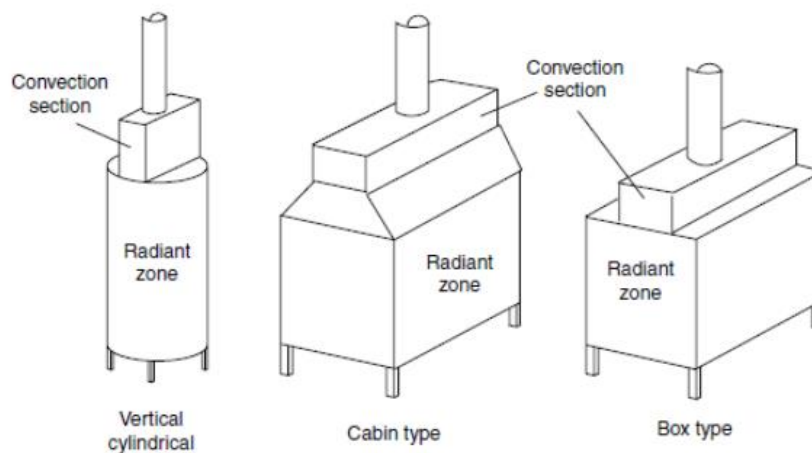
### 7.1 Introdução

Um forno é representado por um arranjo tubular por onde passa o fluido do processo (zona ou seção convectiva) e por uma câmara de combustão com um ou mais queimadores (zona ou seção radiante). Suas paredes geralmente são feitas de material metálico, com um revestimento no interior feito por um forro refratário.

Seus queimadores recebem combustível líquido ou gasoso juntamente com o ar necessário para a combustão. Essa reação forma gases de exaustão. O fluido que circula os tubos é aquecido por uma fração da energia liberada por essa reação, enquanto outra parte se perde com gases de exaustão, que são liberados a alta temperatura. Uma parte também é perdida por condução através das paredes da câmara. Os esquemas do interior de um forno e de diferentes *layouts* de forno encontram-se nas figuras abaixo: [19]



**Figura 10.** Esquema do interior de um forno



**Figura 11.** Esquemas de tipos de fornos (cilindro vertical, tipo cabine e tipo caixa)

## 7.2 Dimensionamento do forno

Um excesso de ar de 10% a 15% é usado para a queima quando os combustíveis são gasosos, enquanto para combustíveis líquidos há um excesso mínimo de ar de 25%. A maioria dos combustíveis líquidos necessita também de certa quantidade de vapor que é injetado no queimador e misturado com o combustível para atomizá-lo. [19]

A transferência de calor ocorre predominantemente por radiação, no entanto, os projetos mais modernos incluem uma seção menor acima da seção radiante, na qual a transferência de calor dos gases de combustão se dá por convecção. A capacidade dos fornos pode variar de 3 a 100 MW. Primeiramente, o fluido de processo é pré-aquecido na zona convectiva, então se dirigindo para a zona radiante, o que permite que o calor seja melhor aproveitado. [23]

As geometrias mais comuns dos fornos são as do tipo cilíndrico-vertical, cabine, e caixa. A escolha do material dos tubos deve levar em consideração o risco de corrosão pelo fluido, bem como sua temperatura. Comumente, usa-se aço carbono como material dos tubos para condições como oxidação e corrosão não tão graves.

A planta de produção de cumeno contém apenas um forno. Este é necessário para aquecer de 212,59°C até 350°C uma corrente de vazão 322,16 kmol/h contendo benzeno e propileno, antes da mesma corrente entrar no reator R-1.

Para o dimensionamento do forno deste projeto, o método de Lobo e Evans foi aplicado, por ser uma maneira mais prática de dimensionar esse equipamento, uma vez que seu projeto geralmente é dado de maneira complexa. A partir de agora, encontram-se a utilização e aplicação de tal método a fim de projetar a seção radiante de um forno, realizando, portanto, seu dimensionamento. Apesar de a maioria desses equipamentos apresentar também uma parte convectiva, o cálculo a seguir considerará apenas a seção radiante do forno.

A simulação nos deu o valor do fluxo de calor (Q) usado para aquecer o fluido de processo. A densidade de fluxo de calor  $q$  foi escolhida como 12000 BTU/h, que é um valor médio para a seção radiante de um forno. Foi assumido que:

$$\frac{\Sigma Q}{\alpha_{pe} \times A_l} = 2q \quad (11)$$

Inicialmente, considerou-se  $f_e = 0,5$  e, então, fez-se:

$$\frac{\Sigma Q}{\alpha_{pe} \times A_l \times f_e} \quad (12)$$

A temperatura das paredes do tubo é definida. Dessa forma, é possível estimar graficamente a temperatura dos gases de exaustão.

O calor do combustível ( $Q_F$ ) foi calculado ao saber sua eficiência de combustão ( $\eta$ ):

$$Q_F = \frac{Q_{\blacksquare}}{\eta} \quad (13)$$

A massa de combustível ( $m_F$ ) foi então calculada sabendo-se o seu poder calorífico inferior ( $C_F$ ):

$$m_F = \frac{Q_F}{C_F} \quad (14)$$

Usando a relação estequiométrica ar/combustível, determina-se a massa de ar necessária para combustão ( $m_A$ ):

$$m_A = (1 + Ex) \times \frac{ar}{combustível} \times m_F \quad (15)$$

Na qual  $Ex$  representa o excesso de ar que será adicionado ao forno. O calor do ar ( $Q_A$ ) foi calculado usando a vazão mássica de ar ( $m_A$ ) e a capacidade calorífica do ar ( $cp_A$ ) por meio da equação abaixo.

$$Q_A = m_A \times cp_A \times (T_A - T_R) \quad (16)$$

Em que  $T_A$  é a temperatura do ar e  $T_R$  é a temperatura de referência. Conhecendo-se a relação entre vapor de atomização/combustível, calculou-se a vazão de vapor necessária para atomizar o combustível ( $m_S$ ).

$$m_S = \frac{vapor}{combustível} \times m_F \quad (17)$$

O calor ( $Q_S$ ) pôde então ser obtido pela expressão:

$$Q_S = m_S \times cp_S \times (T_S - T_R) \quad (18)$$

Levou-se em consideração que as perdas de calor pelas paredes do forno ( $Q_W$ ) correspondem a 2% do calor do combustível.

$$Q_W = 0,02 \times Q_F \quad (19)$$

O calor dos gases de exaustão ( $Q_G$ ) foi calculado da seguinte maneira:

$$Q_G = m_F \times (1 + G) \times cp_{Gmédio} \times (T_G - 520) \quad (20)$$

Na qual  $T_G$  é a temperatura dos gases de exaustão que se encontra em °R,  $cp_{Gmédio}$  refere-se ao calor específico médio dos gases de exaustão e  $G$  é a relação entre ar e combustível.

O balanço de calor é dado por:

$$Q = Q_F + Q_A + Q_S + Q_R - Q_W - Q_G \quad (21)$$

No qual  $Q_R$  refere-se ao calor dos gases recirculantes e pode ser negligenciado durante o cálculo.

Após ter a geometria dos tubos definida, o número de tubos ( $N_t$ ) necessário para a troca térmica foi calculado.

$$N_t = \frac{Q}{2\pi l q} \quad (22)$$

Em que  $l$  representa o comprimento do tubo.

Uma vez que apenas parte da energia incidente será absorvida, é preciso considerar uma área ( $A_1$ ), chamada de plano equivalente, que é definida por:

$$A_1 = s \times l \times N_t \quad (23)$$

Onde  $s$  refere-se à separação centro a centro dos tubos.

A eficiência desse plano é dada por  $\alpha_{pe}$ , que graficamente é obtida ao se saber a relação entre as distâncias centro a centro dos tubos ( $s$ ) e seu diâmetro. [19]

Para o projeto, o tipo de forno utilizado foi o do tipo caixa, cuja representação encontra-se na Figura 11. A área superficial total  $A_T$  da seção radiante foi, então, calculada. Com isso, a área refratária efetiva ( $A_R$ ) foi obtida usando a seguinte expressão:

$$A_R = A_T - \alpha_{pe} \times A_1 \quad (24)$$

Portanto, para o forno da planta de produção de cumeno em questão, um arranjo tubular foi considerado de forma que a razão do número de tubos nas paredes laterais e do topo fosse de 2:1.

A partir da separação entre os tubos e seu comprimento, foram calculadas as dimensões do forno. Sabendo a razão entre a altura, largura e comprimento do forno e o comprimento médio do feixe de radiação foi calculado usando a Figura 12o.

<b>Fornos do tipo caixa</b>	
Razão entre as dimensões	Comprimento médio do feixe de radiação L (ft <sup>2</sup> )
1-1-1 até 1-1-3 1-2-1 até 1-2-4	$\frac{2}{3} \times (\text{Volume do forno})^{1/3}$
1-1-4 até 1-1-inf	1,0 x menor dimensão
1-2-5 até 1-2-inf	1,3 x menor dimensão
1-3-3 até 1-inf-inf	1,8 x menor dimensão

Figura 12. Razões geométricas para fornos

A pressão parcial  $p$  de vapor de água e CO<sub>2</sub> da combustão pode ser obtida por gráficos simples, conhecendo-se o excesso de ar utilizado. A emissividade dos gases também pode ser obtida graficamente, sabendo-se o produto entre  $p$  e L, bem como a temperatura dos gases de exaustão. [19]

Então, um novo fator  $f$  pode ser determinado. Dessa forma, a equação 12 é novamente resolvida e é verificado T<sub>G</sub>. Se a diferença entre as temperaturas dos gases de exaustão for grande, repete-se o uso da equação 12 para achar um novo T<sub>G</sub>.

Resolveu-se de maneira iterativa até que se possuísse uma diferença entre as temperaturas, no máximo, de 50 °C para o processo.

O combustível utilizado no forno foi o gás natural e suas propriedades e relações estequiométricas foram consultadas na literatura. e listadas abaixo.

- Eficiência de combustão  $\eta$ : 0,70
- Poder calorífico inferior  $C_F$  (Btu/lb): 11926
- lb ar/lb combustível: 17,195
- lb vapor de atomização/lb combustível: 0,35

A temperatura de entrada do ar no forno foi definida como sendo de 410°F e nas paredes dos tubos foi definida como 700°F. O calor específico do ar foi obtido considerando a temperatura de referência de 15,5°C ou 60°F. Um excesso de 10% de ar foi assumido.

Abaixo, encontram-se os valores da potência requerida no forno H-1, bem como a temperatura do gás de exaustão e as vazões mássicas dos serviços auxiliares:

- Potência (MW): 1,74
- Temperatura do gás de exaustão  $T_G$  (°F): 1725
- $m_F$  (lb/h): 709,7
- $m_A$  (lb/h): 13423,8
- $m_S$  (lb/h): 248,4

O diâmetro dos tubos do forno foi definido como 4". A separação centro a centro dos tubos ( $s$ ) foi calculada pela relação  $s/d = 2$ . Tal relação foi estabelecida partindo do pressuposto de que a potência é inferior a 3MW. Na Tabela 7 estão apresentadas as características adotadas para os tubos e as dimensões do forno H-1.

**Tabela 7.** Parâmetros do forno

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Número de tubos	32
Diâmetro dos tubos (m)	0,1016
Comprimento dos tubos (m)	3,8
Separação centro a centro de tubo (m)	0,2
Altura (m)	2,64
Largura (m)	1,62
Área da seção radiante (m <sup>2</sup> )	39,77

## 8 SERVIÇOS AUXILIARES

### 8.1 Água de refrigeração

O serviço auxiliar utilizado nos trocadores de calor E-2, E-3 e E-5 e no reator R-1 do projeto são as águas de refrigeração, que são responsáveis por resfriar as correntes de processo. A vazão de água necessária em cada trocador de calor e no reator é determinada ao se considerar que o calor cedido pela corrente de processo é igual ao calor recebido pela água, em módulo.

Empregando a quantidade de calor ( $Q$ ) cedida ao fluido de resfriamento em cada trocador obtida na etapa de simulação e no reator, a variação de temperatura da água entre a entrada e a saída do equipamento ( $\Delta T_{\text{Água}}$ ) e admitindo uma capacidade calorífica da água constante no intervalo de temperaturas adotado ( $c_{p, \text{Água}}$ ), pode-se calcular a vazão mássica de água requerida para cada um dos trocadores e do reator, através da equação 25.

$$m_{\text{Água}} = \frac{Q}{c_{p, \text{Água}} \times \Delta T_{\text{Água}}} \quad (25)$$

Para o projeto dos trocadores, admitiu-se que a temperatura de entrada e saída da água são, respectivamente, 30°C e 45°C. Para o reator, a diferença estabelecida foi entre as temperaturas de 90°C e 254°C. A capacidade calorífica da água nesse intervalo de temperaturas para os trocadores foi considerada como 0,997 kcal/kg°C, que foi determinada para a média dessas temperaturas. Para o reator, a capacidade calorífica foi usada da literatura considerando uma a temperatura de 90°C e pressão 42,37 bar. A Tabela 8r apresenta a quantidade de calor e a vazão mássica de água de resfriamento para cada equipamento que emprega esse serviço.

**Tabela 8.** Trocadores de calor, calor trocado e vazão de água

Equipamento	Q(kcal/h)	m <sub>Água</sub> (kg/h)
E-2	3771378,34	252181,77
E-3	1938080,04	129594,12
E-5	1500272,93	100319,15
R-1	2337,48	14,2



## 8.2 Combustível

O forno H-1 utiliza gás natural (composto predominantemente metano) como combustível. A vazão de combustível necessária é determinada na etapa de projeto do forno (sessão 6.2). Portanto, para o forno H-1, a vazão mássica de combustível ( $m_f$ ) necessária para este equipamento é igual a 321,9 kg/h.

## 8.3 Vapor de aquecimento

O vapor de água é empregado em trocadores de calor que aumentam a temperatura da corrente. Os trocadores E-1 e E-6 usam vapor de alta pressão, enquanto o trocador E-4 utiliza vapor de média pressão.

A vazão mássica de vapor ( $m_{vapor}$ ) necessária para abastecer estes trocadores foi calculada por meio da equação 29 e utilizando a quantidade de calor trocado obtida na etapa de simulação ( $Q$ ) e o calor latente de vaporização da água ( $L_{vapor}$ ).

$$m_{vapor} = \frac{Q}{L_{vapor}} \quad (\text{Equação 29})$$

A Tabela 9 apresenta os equipamentos que necessitam deste serviço, a quantidade de calor trocado e a vazão mássica de vapor empregada.

**Tabela 9.** Trocadores de calor, quantidade de calor e vazão mássica de vapor

Trocador de calor	Q (kcal/h)	$m_{vapor}$ (ton/h)
E-1	2969338,8	7,359
E-4	2299606,3	4,828
E-6	1391516,8	3,453

A água de resfriamento aportada ao reator R-1 se transforma em vapor de alta pressão após passar por ele. Nesse caso, é possível reutilizar tal vapor como serviço auxiliar na própria planta, quando esta entrar em estado estacionário, sem a necessidade de ter um gasto com esse serviço. Dessa forma, só haveria a necessidade de pagar o custo desse vapor quando a planta estiver no início de sua operação. Porém, como esse valor seria bem pequeno comparado a todo o custo gasto com a planta durante todos os seus anos de operação, não haveria uma grande alteração na avaliação econômica se fosse considerado.

#### 8.4 Ar de instrumentação

As válvulas de controle na parte de instrumentação do projeto utilizam ar para seu funcionamento. Foram utilizadas 22 válvulas de controle na planta, sendo que cada utiliza 2 Nm<sup>3</sup>/h de ar. Logo, são usados 44 Nm<sup>3</sup> por hora de ar.

Para o custo desse serviço ao ano, sabendo que o preço do serviço é de R\$ 0,23/Nm<sup>3</sup>, e considerando que a planta funcionaria 8500h/ano, basta multiplicar estes valores com o valor de Nm<sup>3</sup> de ar usado por hora na planta, o que resulta em R\$86020/ano.

#### 8.5 Eletricidade

Consideram-se todos os equipamentos que possuem necessidade deste serviço no cálculo do consumo elétrico da planta de produção de cumeno. A quantidade de energia necessária (em kWh) para o bom funcionamento da planta é determinada pela potência das bombas.

Conhecendo o preço, que é R\$ 0,15 por kWh, e o tempo de operação anual da planta, que é 8500 h/ano e a quantidade total de consumo pelas bombas é de 209,055 kWh/h, é possível determinar o custo total anual que este serviço auxiliar efetuando produto desses valores, o que resulta R\$266545,13/ano.

## 9 TORRES DE DESTILAÇÃO

### 9.1 Dimensionamento e otimização da Torre T-1

A torre de destilação T-1 é responsável por separar, baseada na volatilidade relativa dos componentes, a corrente advinda do vaso flash V-2 em benzeno e os outros componentes, pois este será utilizado no processo de reciclo, necessário para que haja excesso de benzeno na reação, pois esse aumento favorece a seletividade para produção de cumeno (excesso de benzeno desloca a reação no sentido de produzir mais cumeno), além do fato de que alta temperatura do reator também favorece a formação do subproduto p-DIPB, por isso a presença do reciclo é uma alternativa viável para manter a conversão do cumeno em alta taxa.

A corrente de entrada é inserida na coluna a 1,75 bar e 90°C. O benzeno sai totalmente pelo topo a 1,60 bar e 92,62°C, com resquícios de propano e propileno na corrente, enquanto cumeno e p-DIB saem pela corrente de fundo da torre a 1,802 bar e 177,6°C.

A otimização da coluna é feita em duas etapas: otimização do número de pratos e otimização do prato de alimentação. A primeira análise é feita comparando número de pratos teóricos e taxa de refluxo, verificando a situação com menor custo total (considerando imobilizado, investimento e custos operativos associados à unidade de destilação em questão), levando em consideração todos os equipamentos da unidade de destilação, como pulmão, trocadores de calor, bomba e a coluna em si, através da realização de simulações iterativas no Aspen HYSYS com uma eficiência  $\eta=0,8$ .

A segunda análise é realizada após a escolha do número de pratos ideal: realizam-se simulações com diferentes pratos de alimentação, analisando os custos operacionais finais atrelados ao condensador e ao refeedor e seus respectivos serviços auxiliares de vapor condensado e água de refrigeração.

As Figuras 13, 14, 15 e 16 mostram, respectivamente, o diagrama de equilíbrio x-y do sistema binário composto por benzeno e propileno; o diagrama de equilíbrio x-y do sistema binário composto por propileno e DIPB; o gráfico dos custos totais envolvidos na implantação da coluna em função do número de pratos e, por fim, o gráfico de custos operacionais totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação. Para os cálculos do custo foram utilizadas as equações 30 (espessura), 31 (peso) e 32 (custo-base), bem como a atualização do custo para dólares de 2017 através da razão dos índices CEPCI (equação 33) <sup>[2]</sup>

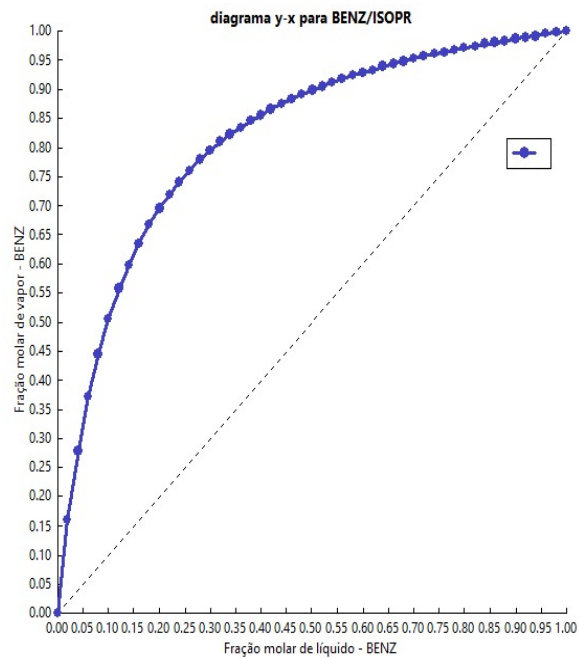
$$e = \frac{P_d \cdot \left(\frac{D_v}{2}\right) \cdot 1000}{S_t \cdot E - 0,6 \cdot P_d} + C.A. \quad (30)$$

Onde  $S_t = 1055$ ,  $P_d$  significa a pressão de desenho e C.A. é a sobre-espessura de corrosão.

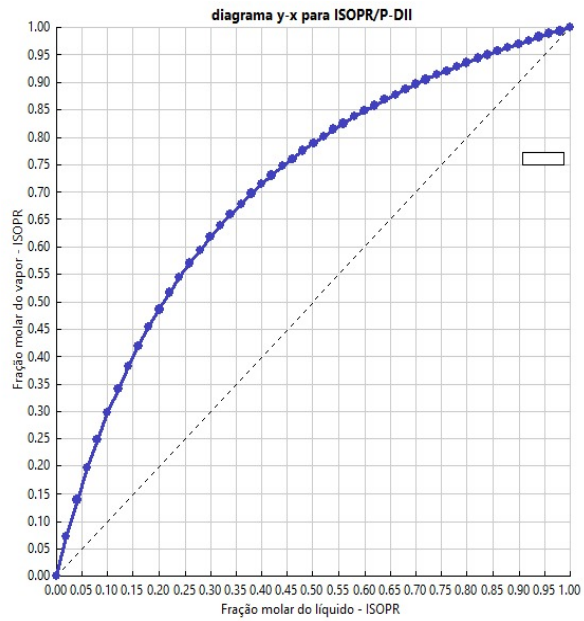
$$W \text{ (kg)} = 24,6 \cdot D_v \cdot (L_v + 0,8 \cdot D_v) \cdot (e + 2) \quad (31)$$

$$\text{Custo (US\$)} = -2500 + 200 \cdot W^{0,6} \quad (32)$$

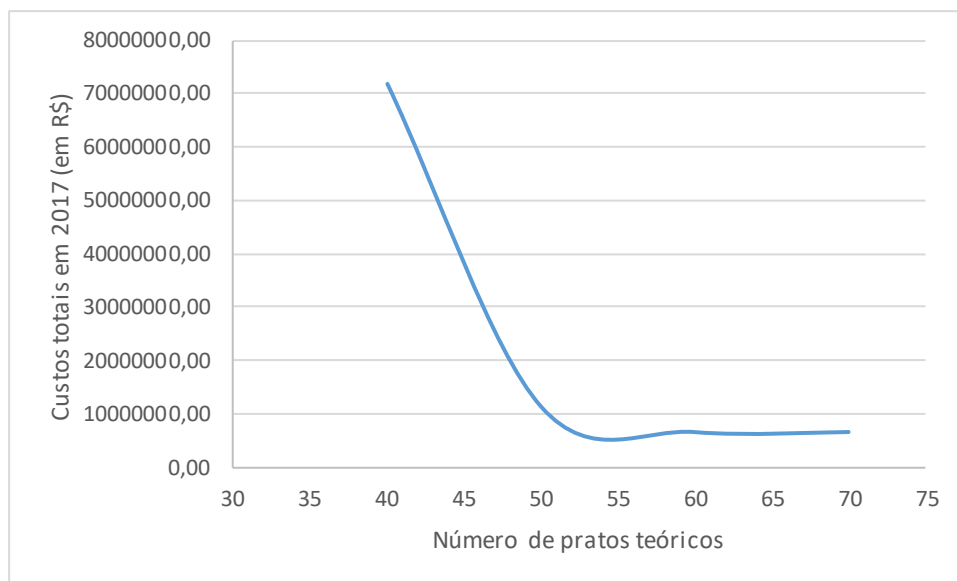
$$\text{Custo (US\$)} = [-2500 + 200 \cdot W^{0,6}] \cdot \frac{567,5}{558,3} \quad (33)$$



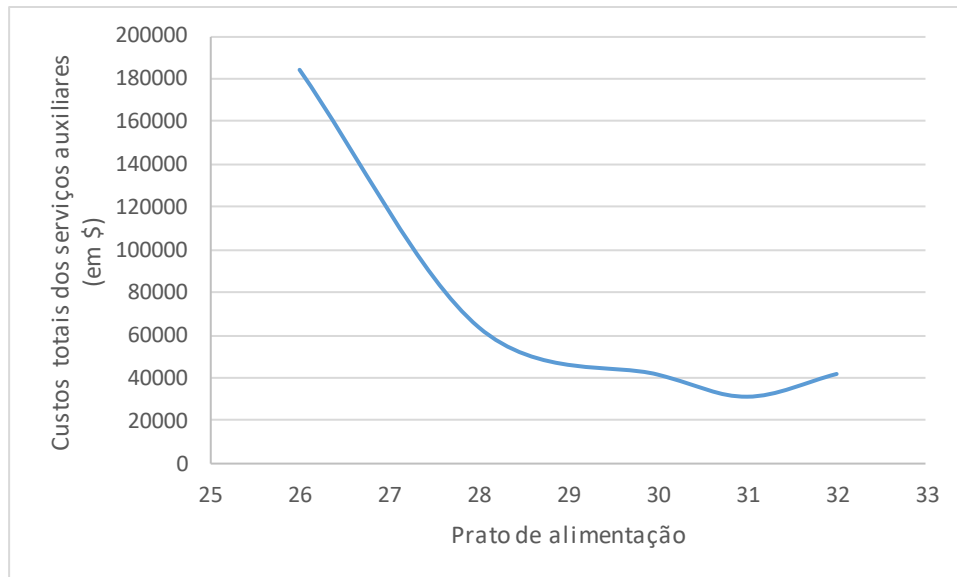
**Figura 13.** Diagrama de equilíbrio para sistema binário benzeno/cumeno na torre de destilação T-1



**Figura 14.** Diagrama de equilíbrio para sistema binário DIPB/cumeno na torre de destilação T-2



**Figura 15.** Gráfico dos custos totais de 2017 em função do número de pratos de T-1



**Figura 16.** Gráfico dos custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação da coluna T-1

A Tabela 10 indica os custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação.

**Tabela 10.** Custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação da torre T-1.

Prato de alimentação	Custo total dos serviços auxiliares (U\$)
26	183966,46
28	63408,52
30	41203,66
31	30841,32
32	41483,70

Para especificação das condições de desenho da coluna, são utilizadas as seguintes equações, em que  $P$  é a pressão de operação,  $P_D$  é a pressão de desenho,  $T$  é a temperatura de operação e  $T_D$  é a temperatura de desenho:

$$P_D = P + 1,8 \text{ bar} \quad (34)$$

$$T_D = T + 30^\circ\text{C} \quad (35)$$

A Tabela 11 mostra as especificações de operação e desenho para a coluna de destilação T-1, baseadas no fundo da coluna, já que esta parte é a que possui maior pressão, sendo, portanto, a condição limite.

**Tabela 11.** Condições pressão e temperatura de operação e desenho da coluna de destilação T-1

	Temperatura (°C)	Pressão (bar)
Condições de operação	177,60	2,60
Condições de desenho	207,60	3,43

Estabelecido isso, o dimensionamento da coluna T-1 pode ser feito.

Calculam-se as densidades das fases líquida ( $\rho_l$ ) e vapor ( $\rho_v$ ) pela razão entre vazão mássica ( $\dot{m}$ ) e vazão volumétrica (Q), dados fornecidos pelo Aspen HYSYS:

$$\rho = \frac{\dot{m}}{Q} \quad (36)$$

Calcula-se a velocidade limite do vapor ascendente para que não aja arraste de líquido, com uso de  $\rho_l$  e  $\rho_v$ , pela equação de York, equação de número 37.

$$v_{lim} = k \cdot \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}} \quad (37)$$

Calcula-se a área mínima ( $S_{mín}$ ), velocidade ( $v_{lim}$ ), diâmetro mínimo ( $D_{mín}$ ), altura básica, altura de fundo e altura total ( $H_T$ ), com uso das equações 38 a 40.

$$V_{útil} = Q_{alim} \cdot \tau \quad (38)$$

$$V_v = 2 \cdot V_{útil} \quad (39)$$

$$D_v = \left[ \frac{4 \cdot V_v}{\pi \cdot \left(\frac{L}{D}\right)} \right]^{1/3} \quad (40)$$

Sabendo o número de pratos teóricos e a eficiência do prato (respectivamente 60 e 0,8), pode-se estimar o número de pratos reais através da equação abaixo.

$$N_R = \frac{N_P}{\eta} \quad (41)$$

Os parâmetros de projeto obtidos após as otimizações da torre de destilação T-1 encontram-se na Tabela 12.

**Tabela 12.** Parâmetros de projeto da coluna de destilação T-1

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
$N_P$	60
$N_r$	75
Prato de alimentação	31
$\eta$	0,80
$\tau$	0,167
$Q_l$ (m <sup>3</sup> /h)	24,85
$Q_v$ (m <sup>3</sup> /h)	6419,31
$\dot{m}_l$ (kg/h)	19698,80
$\dot{m}_v$ (kg/h)	27225,10
$\rho_l$ (kg/m <sup>3</sup> )	792,58
$\rho_v$ (kg/m <sup>3</sup> )	4,24
$v_{lim}$ (m/s)	3,14
$S_{mín}$ (m <sup>2</sup> )	1,87
$D_{mín}$ (m)	1,60
$H_T$ (m)	35,70
$e$ (mm)	5,33
$W$ (kg)	11325,72

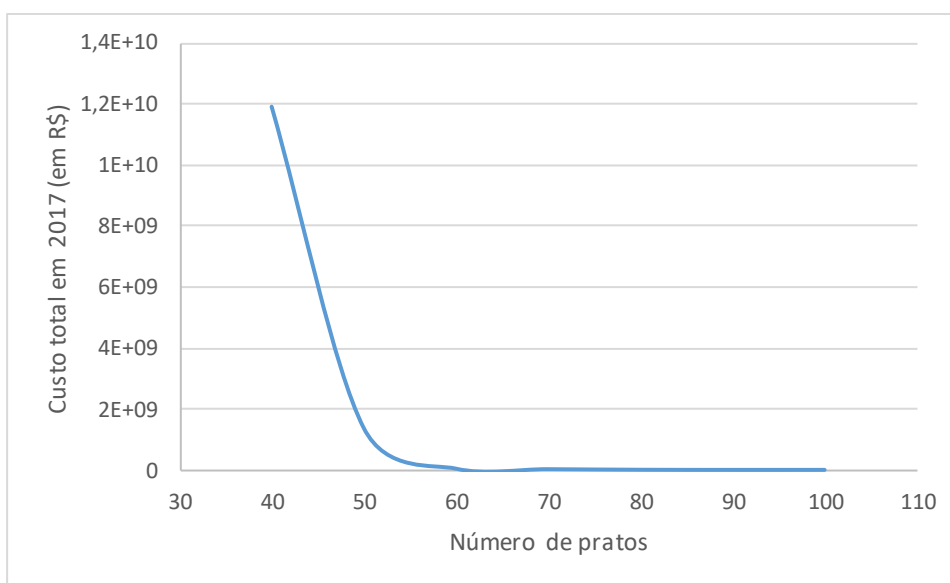
## 9.2 Dimensionamento da torre de destilação T-2

A coluna de destilação T-2 é responsável por separar a corrente advinda do fundo da coluna T-1 em cumeno, objeto de interesse majoritário deste projeto e que sai pelo topo, e DIPB (poderá ser posteriormente vendido como combustível), que sai pelo fundo.

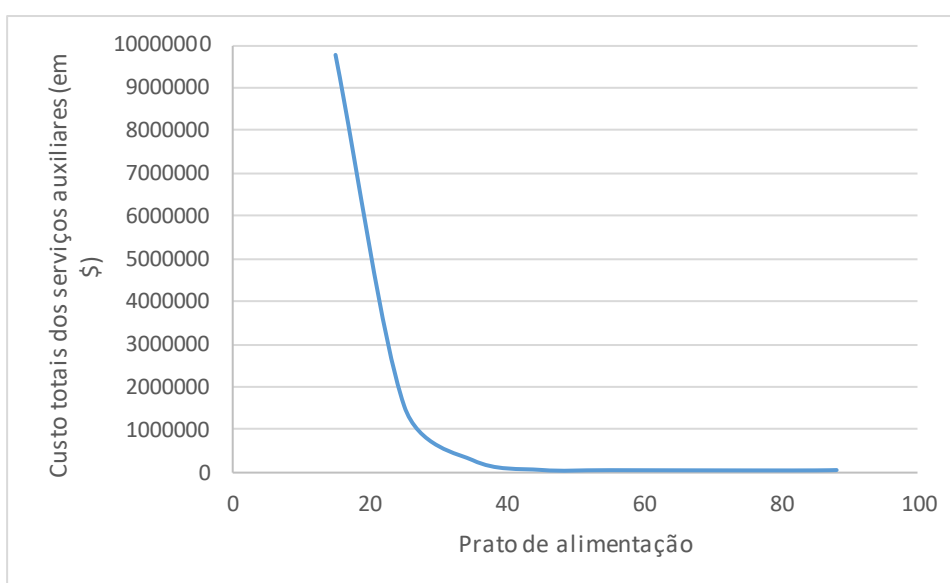


A corrente de entrada é inserida na coluna de destilação a 3,581 bar e 180,1°C. Já o benzeno sai totalmente pelo topo a 1,25 bar e 162°C, com resquícios de benzeno na corrente, enquanto p-DIPB sai pela corrente de fundo da torre a 2,1 bar e 195,2°C.

A otimização da coluna é feita exatamente do mesmo modo que foi empregado na primeira coluna. As Figuras 17 e 18 mostram, respectivamente o gráfico dos custos totais envolvidos na implantação da coluna em função do número de pratos e o gráfico de custos operacionais totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação para coluna T-2.



**Figura 17.** Gráfico dos custos totais de 2017 em função do número de pratos de T-2



**Figura 18.** Gráfico dos custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação na coluna T-2

A Tabela 13 indica os custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação.

**Tabela 13.** Custos totais dos serviços auxiliares em função do prato de alimentação na coluna T-2

Prato de alimentação	Custo total dos serviços auxiliares (U\$)
15	9757977,83
25	1531934,87
35	259754,53
45	31507,37
55	26626,00
75	21045,16
85	21829,13
88	28974,12

A Tabela 14 mostra as especificações de operação e desenho para a coluna de destilação T-2, baseadas no fundo da coluna com as equações 34 e 35, pois como explicado anteriormente, estas são condições limite do funcionamento.

**Tabela 14.** Condições pressão e temperatura de operação e desenho da coluna de destilação T-2

	Temperatura (°C)	Pressão (bar)
Condições de operação	207,80	2,91
Condições de desenho	307,80	3,43

Os parâmetros do projeto da coluna T-2 se encontram na Tabela 15

**Tabela 15.** Parâmetros de projeto da coluna de destilação T-2

Parâmetro	Valor
N <sub>P</sub>	90

Nr	113
Prato de alimentação	75
$\eta$	0,80
$\tau$	0,167
$Q_l$ (m <sup>3</sup> /h)	25,95
$Q_v$ (m <sup>3</sup> /h)	6968,01
$\dot{m}_l$ (kg/h)	19032,94
$\dot{m}_v$ (kg/h)	30350,89
$\rho_l$ (kg/m <sup>3</sup> )	733,31
$\rho_v$ (kg/m <sup>3</sup> )	4,36
$v_{lim}$ (m/s)	2,98
$S_{mín}$ (m <sup>2</sup> )	2,13
$D_{mín}$ (m)	1,7
$H_T$ (m)	46,42
$e$ (mm)	5,76
$W$ (kg)	18260,77

Após a obtenção de 90 pratos teóricos e 75° prato como sendo prato de alimentação, a partir da equação 41 e com a mesma eficiência, foram obtidos 113 pratos reais.

## 10 VASOS

### 10.1 Vaso *flash* V-2

O vaso separador, de modo geral, possui a função de separar fases distintas, geralmente, líquido e vapor, de uma corrente de entrada. Em se tratando especificamente de V-2, este irá separar uma fração de propileno (fase vapor) da corrente composta de benzeno, propileno, cumeno e DIPB. A fase líquida obtida, composta de benzeno, cumeno e DIPB, será encaminhada para uma coluna de destilação.

Para efetuar o dimensionamento do vaso flash, é importante que se deva conhecer a velocidade máxima ascendente permissível de forma que não haja arraste de gotículas de líquido pelo vapor. Essa velocidade é denominada velocidade limite e calcula-se com a equação empírica de York, cuja expressão é dada pela equação 37

A Tabela 18 mostra os dados e resultados relacionados à equação empírica de York para o separador V-2.<sup>[2]</sup>

**Tabela 17.** Densidade das fases e velocidade limite correspondente

$\rho_L$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_V$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_{lim}$ (m/s)
802,4	3,576	3,4376

Agora, focando em obter as dimensões do vaso separador, ou seja, diâmetro e comprimento (altura) correspondentes, é necessário proceder, primeiramente, ao cálculo do volume útil ( $V_{\text{útil}}$ ) segundo a equação 38:

É importante citar que o tempo de residência ( $\tau$ ) considerado será de 10 minutos. Considerando que o volume útil corresponde a 50% do volume do equipamento por questões de segurança e rendimento, calcula-se o volume do vaso separador ( $V_v$ ) através da equação 39.

Os dados de vazão e resultados obtidos de volume para o separador V-2 estão explícitos na Tabela 19:

**Tabela 18.** Vazões das correntes e volume do vaso V-2

$Q_V$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_L$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{alim}$ (m <sup>3</sup> /s)	$V_{\text{útil}}$ (m <sup>3</sup> )	$V_v$ (m <sup>3</sup> )
0,10840	0,00658	0,114975	68,985	137,97

Para determinar o diâmetro ideal para o vaso, será feita uma análise de custo financeiro para diferentes razões entre comprimento e diâmetro ( $\frac{L}{D}$ ). Com essa razão e com o volume do vaso ( $V_v$ ), obtém-se o diâmetro ( $D_v$ ) segundo a equação 40.

A partir dos valores de diâmetro, determina-se o comprimento com o auxílio da razão  $\frac{L}{D}$ . Em seguida, o foco será determinar a espessura ( $e$ ) do vaso, em milímetros, que será calculada através da equação 30:

Uma informação importante a ressaltar é que a pressão de desenho foi, primeiramente calculada, usando a seguinte equação:

$$P_d = 1,8 + P_{\text{operação}} \quad (42)$$

Porém, como esse valor permaneceu abaixo da pressão de desenho mínima estabelecida para projeto, que é de  $3,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{g}}$ , será usado esse último valor citado para  $P_d$ .

Em seguida, será calculada a massa ( $W$ ) do vaso, baseando-se nos dados de diâmetro, comprimento e espessura do mesmo. Para isso, será utilizada a equação 31.

Por último, será calculado o custo, em dólares, do vaso, baseando-se em sua massa, através da equação 32.

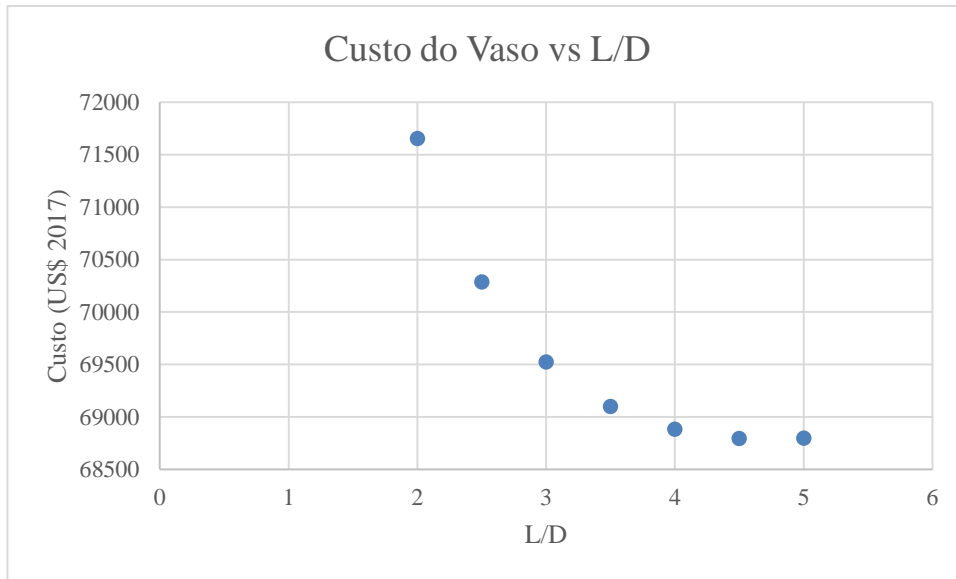
Tal equação fornece o custo do vaso em parâmetros baseados no ano 2006. Para converter esse custo para o ano 2017, será utilizada a equação 33, em que a razão  $\frac{567,5}{558,3}$  representa a relação entre os valores, em dólares, da CEPCI de 2017 e da CEPCI de 2006.

Variando a razão  $L/D$ , foram obtidos os valores de custo explícitos na Tabela 20.

**Tabela 19.** Razões ( $L/D$ ) versus custo

<b>L/D</b>	<b>Custo (U\$ 2017)</b>
2,0	71656,20
2,5	70287,19
3,0	69523,96
3,5	69100,49
4,0	68882,82
4,5	68880,76
5,0	68798,20

Com os dados da Tabela 20, pode-se reproduzir o seguinte gráfico:



**Figura 19.** Custo do vaso *versus* razão L/D

Desta maneira, concluí-se que a razão  $\frac{L}{D}$  igual a 5 é a mais viável, visto que possui menor custo financeiro. Portanto, tem-se os dados para o dimensionamento do vaso separador, mostrados na Tabela 21

**Tabela 20.** Parâmetros do vaso V-2

$D_v$ (m)	$L_v$ (m)	e (mm)	W (kg)	Custo (US\$ 2006)	Custo (US\$ 2017)
3,2752	16,3761	9,4066	17.458,30	67.682,88	68.798,20

Para calcular o investimento, será usado o multiplicador de 4,74 em relação ao custo obtido. Assim:

$$\text{Investimento} = 4,74 \cdot \text{Custo} \quad (43)$$

Para determinar a área da seção transversal do vaso, será considerada uma área circular. Portanto, utiliza-se a equação 44.

$$S_{\min} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (44)$$

Desta formas, conclui-se que o vaso V-2 requer o investimento de U\$ 320816,85 e área de seção transversal de 8,425m<sup>2</sup>.

Por último, calcula-se a velocidade real de vapor de forma a afirmar a veracidade do dimensionamento. Para calcular essa velocidade ( $v_{real}$ ), será usada a equação 45.

$$v_{real} = \frac{Q_v}{S_{min}} \quad (45)$$

Em que  $Q_v$  é a vazão volumétrica da fase vapor; e  $S_{min}$  é a área mínima da seção transversal.

Assim, encontra-se 0,013 m/s para a velocidade real de vapor. Como essa velocidade é menor que a velocidade limite calculada, o projeto do vaso separador é válido.

## 10.2 Dimensionamento dos vasos horizontais

### 10.2.1 Dimensionamento do vaso de armazenamento de benzeno V-1

O vaso V-1 possui a função de armazenar a corrente de benzeno que entra na planta juntamente com a corrente de benzeno que é produto de topo da coluna de destilação T-1. Esse vaso é importante no que concerne à distribuição de corrente de benzeno para a planta.

Para realizar o dimensionamento, deve-se, primeiramente, calcular o volume útil do vaso usando a seguinte equação:

$$V_{util} = Q_{benzeno} \cdot \tau \quad (46)$$

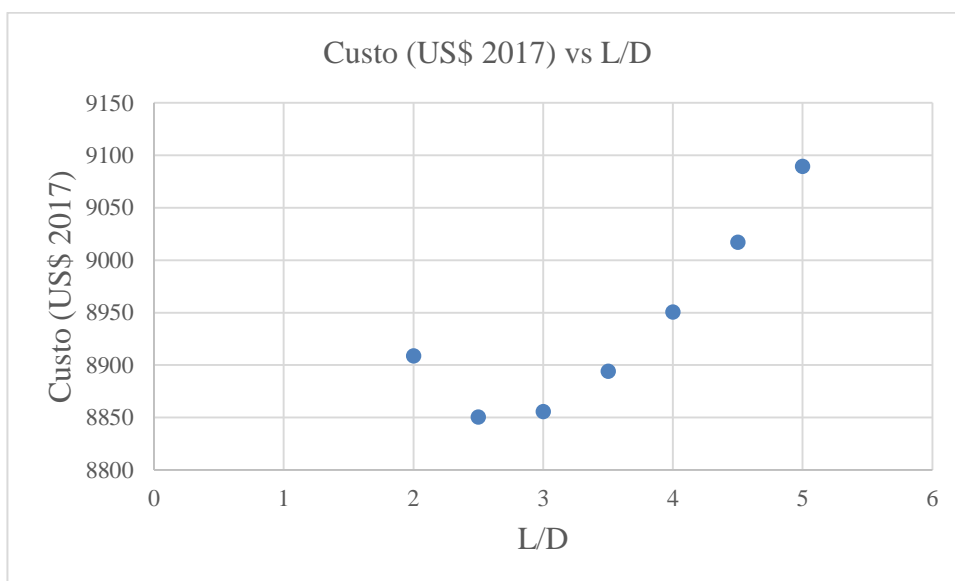
Em que:

$Q_{benzeno}$  é a vazão total de benzeno que entra no vaso;

$\tau$  é o tempo de residência, considerado 10 minutos para V-1.

Considerando que o volume útil equivale a 50% do volume total do vaso, utiliza-se a equação 38 para concluir que o vaso tem 3,198m<sup>3</sup> de volume geométrico e 1,599m<sup>2</sup> de volume útil.

Para determinar o diâmetro e o comprimento correspondentes a V-1, foi feita uma análise de custo financeiro baseado em diferentes razões, variando de 2 a 5, entre comprimento e diâmetro ( $\frac{L}{D}$ ). Cabe destacar que, como meta de determinar o custo, os cálculos de diâmetro, comprimento, espessura e massa foram realizados com as mesmas equações referentes ao vaso separador V-2. A Figura 20 mostra o comportamento do custo em função dessa razão.



**Figura 20.** Custo do vaso em função da razão L/D

Analisando o gráfico acima, é possível inferir que a razão L/D equivalente a 2,5 é a mais viável, visto que mostra menor custo financeiro. A partir desta informação, obtêm-se os resultados referentes ao dimensionamento de V-1. Tais dados seguem na Tabela 22.

**Tabela 21.** Dimensionamento do vaso do armazenamento de benzeno V-1

<b>D(m)</b>	<b>L<sub>v</sub>(m)</b>	<b>e(mm)</b>	<b>W(kg)</b>	<b>Custo (US\$2006)</b>	<b>Custo (US\$2017)</b>
1,1766	2,9414	5,3014	820,5225	8.706,87	8.850,35

Os dados referentes a investimento do vaso V-1 e da área correspondente foram também calculados de maneira análoga ao vaso separador V-2, obtendo no fim 1,0872m<sup>2</sup> de área de seção (m<sup>2</sup>) e o investimento de US\$41950,64.



### 10.2.2 Dimensionamento dos pulmões V-3 e V-4

O pulmão é um vaso pertencente ao complexo de equipamentos referentes à destilação. Sua função é receber e armazenar o produto de topo da torre que é parcialmente condensado. Este garante que haja refluxo deste produto para a torre num determinado tempo de residência.

Em relação aos dois pulmões presentes na planta de uma indústria de produção de cumeno, cada um atrelado a um sistema de destilação, há a necessidade de se realizar a otimização de forma que haja produção eficaz com custo mínimo possível.

Dando início ao processo de dimensionamento/otimização, será calculado, primeiramente, o volume útil para cada pulmão com base na seguinte equação:

$$V_{\text{útil}} = (Q_{\text{destilado}} + Q_{\text{refluxo}}) \cdot \tau \quad (47)$$

Em que:

$V_{\text{útil}}$  é o volume de líquido ideal que deve permanecer dentro do pulmão;

$Q_{\text{destilado}}$  é a vazão de produto de topo que entra no pulmão;

$Q_{\text{refluxo}}$  é a vazão volumétrica de refluxo;

$\tau$  é o tempo de residência.

Assumindo que, em condições normais de operação, o líquido, cuja maior composição é de benzeno, ocupa 50% do volume do vaso, pode-se calcular o volume do pulmão através da equação 38.

Os valores, para os pulmões V-3 e V-4, das variáveis referentes às duas últimas equações segue na Tabela 23.

**Tabela 22.** Vazões, tempos de residência para pulmões V-3 e V-4

Equipamento	$Q_{\text{destilado}}$ ( $\text{m}^3$ /h)	$Q_{\text{refluxo}}$ ( $\text{m}^3$ /h)	$\tau$ (min)	$V_{\text{útil}}$ ( $\text{m}^3$ )	$V_{\text{pulmão}}$ ( $\text{m}^3$ )
V-3	8,9779	19,058	10	4,67268	9,3453
V-4	15,351	26,035	10	6,8977	13,795

Após obtido o volume do vaso, o próximo passo no dimensionamento é buscar o diâmetro e o comprimento correspondentes de forma que o custo financeiro seja o mínimo

possível. Após feitas algumas análises, verificou-se que a razão (L/D) igual a 5 mostrou ser mais eficaz no que concerne à custos mínimos possíveis.

Com a razão L/D estabelecida e com o volume do pulmão, o diâmetro foi obtido segundo a equação 47:

$$D_{\text{pulmão}} = \left[ \frac{4 \cdot V_{\text{pulmão}}}{\pi \cdot \left(\frac{L}{D}\right)} \right]^{1/3} \quad [47]$$

Para determinar a espessura do pulmão, em milímetros, foi utilizada a equação 30. Com os dados de diâmetro, comprimento e espessura do pulmão, pode-se calcular a massa pela equação 31. Por fim, calcula-se o custo do pulmão usando a equação 33.

Considerando o fator multiplicador de 4,74, através da equação 43 podemos obter o investimento para os pulmões V-3 e V-4.

Desta maneira, foram obtidos os resultados para cada um desses parâmetros de dimensionamento. Os valores estão organizados na Tabela 24.

**Tabela 23.** Parâmetros de dimensionamento para os pulmões V-3 e V-4

Vaso	D <sub>pulmão</sub> (m)	L <sub>pulmão</sub> (m)	e <sub>pulmão</sub> (mm)	W <sub>pulmão</sub> (kg)	Custo (US\$ 2017)	Invest. (US\$ 2017)
V-3	1,3351	6,6755	5,6115	1.935,79	16.524	78.324
V-4	1,5202	7,6008	5,9736	2.629,05	20.367,8	96.543,6

## 11 TUBULAÇÕES

Como material das tubulações, usou-se aço carbono para todas as tubulações do processo, visto que a temperatura do processo varia entre 25°C e 350°C e os fluidos que circulam pelas tubulações entre os equipamentos não requerem aço com tratamento especial, portanto priorizou-se escolher o material com o menor custo possível, o que é o caso.

**Tabela 24.** Parâmetros de projeto de tubulações

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Comprimento de tubulação entre equipamentos (m)	40
Tipo de tubulação	Schedule 40"
Máxima perda de pressão admissível	0,12 kg/cm <sup>2</sup>

## 12 BOMBAS

### 12.1 Introdução

Bombas são equipamentos que permitem o transporte de fluidos pela diferença de pressão como agente motriz. Elas podem ser divididas entre bombas de deslocamento positivo, que costumam operar a altas pressões e baixas vazões e funcionam através do movimento de um compartimento que transporta determinado volume de líquido; e bombas centrífugas, que operam a uma alta gama de vazões e pressões, que funcionam através de um impelidor movido por um motor, que transforma energia elétrica em energia cinética do fluido (e posteriormente energia de pressão, por causa da voluta). [2]

### 12.2 Dimensionamento de bombas

Na planta do projeto, existem seis bombas em operação, todas centrífugas. Cada uma delas conta com uma bomba reserva, para a eventualidade de pane em alguma delas.

A eficácia da bomba está relacionada a sua potência. Para o cálculo da potência absorvida são necessárias informações sobre o escoamento, a vazão e as pressões envolvidas, relacionados pela seguinte equação:

$$W_a = \frac{Q \cdot \Delta P}{27,4} \quad (48)$$

Em que  $W_a$  é a potência absorvida,  $Q$  é a vazão do fluido (em  $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $\Delta P$  é a diferença das pressões de saída e entrada do fluido na bomba (em  $\text{kg}/\text{cm}^2\text{g}$ ), e 27,4 é uma constante de adequação de unidades.

Com a potência absorvida, podemos obter a potência hidráulica ( $W_h$ ), através da equação abaixo:

$$W_h = \frac{W_a \cdot 100}{\eta_h} \quad (49)$$

Onde  $\eta_h$  é a eficiência hidráulica (em percentual);  $W_h$  é a potência hidráulica em CV. Por fim, para o cálculo da potência real consumida, temos:

$$W_c = \frac{W_h \cdot 100}{\eta_m} \quad (50)$$

Onde  $\eta_m$  é a eficiência do motor.

Os valores de  $\eta_h$  geralmente encontram-se entre 0,3 e 0,6. Para a realização dos cálculos das bombas, foram convencionados  $\eta_h = 0,3$  e  $\eta_m = 0,75$ .

A carga ou altura de uma bomba centrífuga é a altura que a bomba pode impulsionar o fluido a uma diferença das pressões de impulsão e aspiração. A relação é dada pela equação abaixo:

$$H = \frac{\Delta P * 10}{\rho} \quad (51)$$

Onde H é a carga da bomba em metros,  $\Delta P$  é a diferença das pressões de impulsão e aspiração da bomba ( $\text{kg/cm}^2$ ) e  $\rho$  é da densidade do fluido em ( $\text{g/cm}^3$ )

A pressão de aspiração é a pressão de entrada do fluido na bomba. É feito um cálculo para encontrar a carga necessária para evitar o fenômeno da cavitação, que consiste na formação de bolhas que se movem contra as pás do rotor causando danos ao funcionamento do equipamento. A carga mínima exigida na entrada da bomba ( $NPSH_{req}$ ) é dado por:

$$NPSH_{req} = \frac{P_{asp} - P_{vap} * \rho}{10} \quad (52)$$

Onde  $P_{asp}$  é a pressão de aspiração;  $P_{vap}$  é a pressão de vapor no fluido à temperatura de operação; e  $\rho$  é a densidade do fluido à temperatura de operação

Para os cálculos dos parâmetros de vazão máxima e mínima de projeto, foram utilizadas respectivamente as seguintes relações:

$$Q_{max} = Q_{normal} * 1,2 \quad (53)$$

$$Q_{min} = Q_{normal} * 0,6 \quad (54)$$

As vazões máximas e mínimas das bombas do projeto encontram-se na seguinte Tabela 25:

**Tabela 25.** Dimensionamento das bombas

Bomba	Vazão máxima ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Vazão mínima ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
P-1	22,1	11,10

---

P-2	11,02	5,51
P-3	24,6	12,30
P-4	19,3	9,65
P-5	18,5	9,25
P-6	10,77	5,39

---

## 13 REATOR

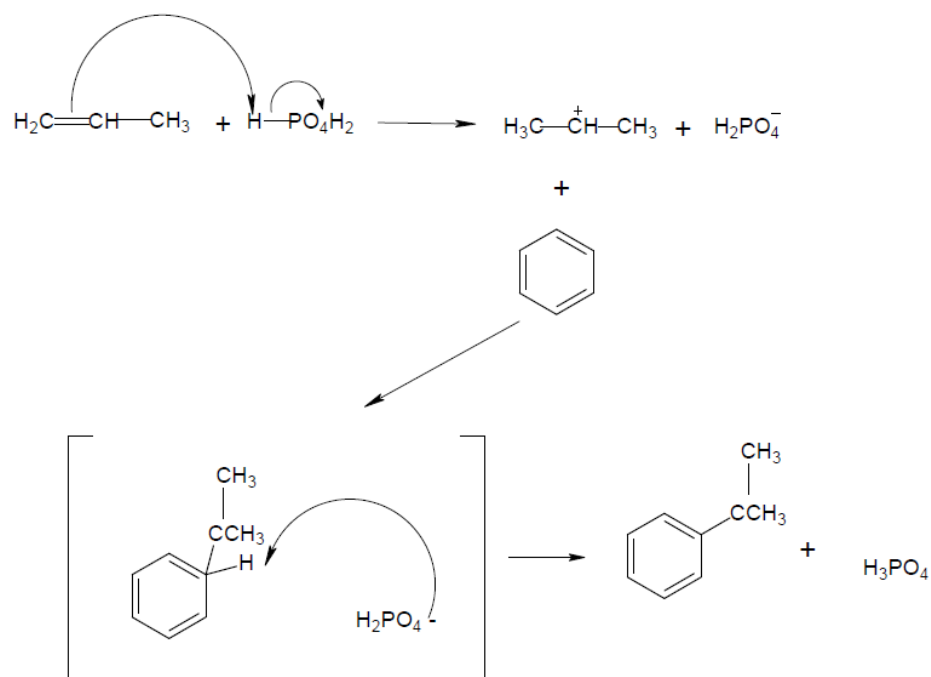
### 13.1 Reação

Cumeno (isopropilbenzeno) é obtido pela reação entre benzeno e propileno. Comercialmente, ele é produzido pela alquilação de Friedel-Craft que pode ocorrer por dois processos. O primeiro acontece em um reator do tipo Plug Flow Reactor (PFR), em português, Reator de Fluxo Empistonado, em fase gasosa, com leito fixo de diatomito como suporte para o catalisador ácido fosfórico sólido. Esse processo foi desenvolvido e patentado pela Universal Oil Products Platforming Process (UOP). Por outro lado, o segundo método também ocorre em reator PFR, no entanto usa catalizador homogêneo: Cloreto de alumínio e Ácido Clorídrico e foi criado pela Monsanto/ Lummus Crest. O processo utilizado nesse projeto foi o primeiro. <sup>[30]</sup>

Vale ressaltar que há uma terceira forma de produção de cumeno. Nele, zeólitas são utilizadas como catalisador para promover a seletividade quanto a forma para o cumeno em detrimento da geração dos subprodutos durante a reação entre benzeno e propileno. Essa nova forma apresenta bons resultados, mais vantajosos em relação aos outros dois, porém ainda não é um processo bem definido e aplicado em grande escala, para produção comercial. <sup>[31]</sup>

A reação em estudo é do tipo substituição eletrofílica aromática (SEA), em que um composto eletrofílo, receptor de pares de elétrons, reage com um anel aromático pela substituição de um dos hidrogênios desse. Assim, reagentes simples podem produzir uma grande diversidade de substâncias aromáticas. Um dos tipos de eletrofílos que pode ser usado é o grupo alquila (-R). Quando isso acontece, a substituição se chama alquilação de Friedel-Crafts. <sup>[31]</sup>

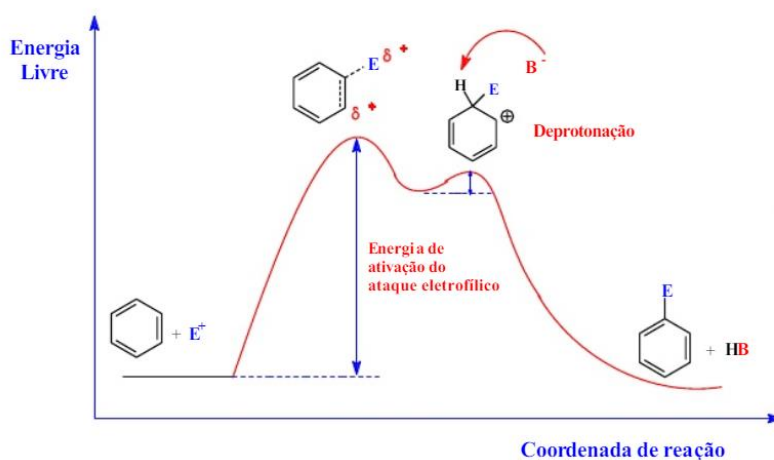
Para a alquilação acontecer, é necessária a presença de um catalisador do tipo ácido de Lewis para formação do carbocátion. No caso, é utilizado o ácido fosfórico sólido como catalisador e que recebe a dupla de elétrons vinda da insaturação do propileno. Isso pode ser visto no mecanismo presente na Figura 21. Todas reações SEA acontecem em duas etapas. A primeira é o ataque de uma dupla de elétrons do anel aromático ao carbocátion, formando um carbocátion intermediário. A segunda consiste na liberação do hidrogênio (próton) do anel devido ao ânion vindo do catalisador e assim, a dupla ligação aromática é reestabelecida. <sup>[34]</sup>



**Figura 21.** Mecanismo da Alquilação de Friedel-Crafts para a formação de cumeno

Porém, o cumeno também pode sofrer alquilação pelo propileno formando o subproduto, indesejável, p-diisopropilbenzeno, conhecido como DIPB.

A Figura 22 mostra a energia necessária para cada uma das etapas de reação de substituição eletrofílica acontecerem. Percebe-se que essa energia é maior para a primeira fase, pois o par de elétrons está mais estável em um anel aromático por causa do efeito de ressonância. Por conseguinte, ela é a etapa lenta e determina a velocidade da reação. <sup>[31,34]</sup>



**Figura 22.** Energias de ativação para reações tipo SEA



### 13.2 Dimensionamento do reator

A partir dos dados cinéticos presentes na seção 2.7 e os parâmetros do catalisador presentes na sessão 2.8, para uma seletividade de produto cumeno: DIPB de 31:1, pode-se proceder aos balanços do reator. Os balanços molares estão explícitos nas equações 55 a 58.

$$\text{Propileno } \frac{dFA}{dz} = A\rho(-k1CACB - k2CACC) \quad (55)$$

$$\text{Benzeno } \frac{dFB}{dz} = -A\rho k1CACB \quad (56)$$

$$\text{Cumeno } \frac{dFC}{dz} = A\rho(k1CACB - k2CACC) \quad (57)$$

$$\text{DIPB } \frac{dFD}{dz} = A\rho k2CACC \quad (58)$$

Procede-se, então, aos balanços energéticos, explícitos nas equações 59 a 61, estabelecendo-se fluxo contracorrente do fluido de resfriamento.

$$\frac{dT_a}{dz} = \frac{U_a \pi R^2 [T_a - T(z)]}{m_c * C_{pcool}} \quad (59)$$

$$\Delta H R x(T) = \Delta H R x^\circ(T_R) + \int \Delta C_p dT \quad (60)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{A * U_a (T_a - T) + A * \rho \sum_{i=1}^n [(-\Delta H_i R x(T) * r_{ij})]}{\sum_{i=1}^m F_i C_{p_i}} \quad (61)$$

Finalmente, dispõem-se abaixo o balanço de momento, advindo da Equação de Ergun.

$$\frac{\partial P}{\partial z} = \frac{G}{\rho * g_c * D_p} \left( \frac{1 - \phi}{\phi^3} \right) \left[ \frac{150(1 - \phi * \mu)}{D_p} + 1.75 * G \right] \left( \frac{P_0}{P} \right) \left( \frac{T}{T_0} \right) \left( \frac{F_T}{F_{T0}} \right) \quad (62)$$

$$G = \frac{\sum (F_{i0} * M_i)}{A_c} \quad (63)$$

Para o projeto do reator, a primeira etapa foi saber o seu volume, o que se deu através da simulação via Aspen HYSYS. O valor encontrado foi de 10,9 m<sup>3</sup>. Para se obter esse volume, várias combinações de comprimento e diâmetro são possíveis, logo se torna necessário determinar o valor ótimo da relação L/D. Visto que por um lado, quanto maior seu valor, melhor é a distribuição dos reagentes e seu contato com o catalizador. No

entanto, quanto maior a relação, mais perda de carga haverá, resultando em um aumento nos custos de bombeamento.

Dessa forma, o comprimento do reator foi sendo variado até chegar ao seu valor máximo de 10,75m, em que a perda de pressão mais se aproxima de 0,5 kg/cm<sup>2</sup>g. A partir desse disso, outros comprimentos menores foram testados, visando a redução do custo até chegar a condição limite inferior, em que a relação L/D não pode ser menor do que 20, os dados obtidos nessa etapa estão na Tabela 26.

Para encontrar a relação do comprimento escolhido e o conseqüente custo do reator, primeiro calculou-se a espessura do reator pela equação 30, onde  $S_t = 1055$  (aço ao carbono a P e T moderada) e  $E = 0,85$

Para o caso, foi encontrado que  $P_D$  é igual a 33,4 kg/cm<sup>2</sup> g pela simulação do projeto no Aspen HYSYS.

Logo em seguida, estimou-se o peso do reator conforme a equação 31, finalmente procedendo ao cálculo do custo através da equação 33.

**Tabela 26.** Parâmetros de otimização do reator

L/D	D (m)	L (m)	$\Delta P$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$P_{proj}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	E (mm)	W (kg)	C (US\$)
6.856126	1.265	8.673	0.268	33.4	27.09634	9372.048	45820.41933
10.42727	1.1	11.47	0.6008	33.4	23.95334	9341.754	45726.64396
8.031667	1.2	9.638	0.3629	33.4	25.85819	9341.222	45724.9966
9.619469	1.13	10.87	0.5138	33.4	24.52479	9335.983	45708.76795
9.420035	1.138	10.72	0.4931	33.4	24.67718	9337.024	45711.99119
9.429324	1.139	10.74	0.4957	33.4	24.69623	9368.16	45808.39145
9.463028	1.136	10.75	0.4972	33.4	24.63908	9330.961	45693.20733
144.7227	0.07428	10.75	6	33.4	4.414922	166.211	1799.577444

No entanto, outra forma de reduzir os custos é usando mais do que um tubo. Dessa forma, toda metodologia foi refeita para as quantidades de 234, 200, 150, 6, 5 e 4 tubos. Chegou-se ao resultado de que o reator com 5 tubos teve o menor custo ao mesmo tempo que obedecia aos limites de  $\Delta P$  menor do que kg/cm<sup>2</sup> g e L/D maior que 20. Os valores obtidos com cinco tubos são mostrados na Tabela 27.

**Tabela 27.** Parâmetros para reator de cinco tubos

<b>L</b> <b>(m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>L/D</b>	<b><math>\Delta P</math></b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>P<sub>proj</sub></b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>E</b> <b>(mm)</b>	<b>W (kg)</b>	<b>Custo</b> <b>unitário</b> <b>(US)</b>	<b>Custo total</b> <b>(US)</b>
<b>10.75</b>	0.5081	21.15	0.4976	33.4	12.67	4495.56	28595.73	142978.66
<b>10</b>	0.5268	18.98	0.4036	33.4	13.035	4283.81	27708.46	138542.29

## 14 CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO

### 14.1 Bombas

O bombeamento de fluidos na planta é realizado por bombas centrífugas dispostas aos pares, para que em situações de falha ou manutenção de uma, a outra possa substituir o seu funcionamento, mantendo a performance da planta. As bombas P-1A/P1-B e P2-A/P2-B são responsáveis pela alimentação de benzeno e propileno, respectivamente, enquanto as bombas P3-A/P3-B e P5-A/P5-B são encarregadas do refluxo de topo das colunas de destilação. A bomba P4-A impulsiona cumeno da primeira torre para a segunda, e finalmente, a bomba P6-A/P6-B é responsável pelo reciclo de benzeno oriundo da primeira torre de volta à alimentação da planta.

Os sistemas de bombeamento são monitorados através da vazão e pressão, nas entradas e saídas de cada bomba. As bombas de refluxo e a de impulsão de corrente de T-1 para T-2 contam com sistemas de alarme de baixa e muito baixa vazão que acionam sistemas de encravamento, enquanto as demais apenas emitem avisos para baixa vazão.

### 14.2 Trocadores de calor

Os trocadores de calor E-1, E-4 e E-6 utilizam vapor de média ou alta pressão, e por serem serviços onerosos, necessitam de monitoramento da vazão de entrada, onde são instaladas válvulas de controle. Os trocadores de calor E-2, E-3 e E-5 utilizam água de refrigeração e não demandariam um monitoramento intenso, dado que são serviços menos custosos. Os condensadores E-3 e E-5, contudo, por serem equipamentos fundamentais ao topo das colunas, são atrelados à sistemas de controle de fluxo dos serviços auxiliares.

Além disso, em todas as correntes de fluxo dos trocadores, instalam-se indicadores de temperatura. Como o monitoramento do fundo das colunas é sistematizado em função da temperatura de retorno ao fundo (saída dos trocadores), nestes locais são acrescentados sistemas de encravamento.

### 14.3 Forno

Dado que o forno é um equipamento de alta periculosidade, é necessário fazer primeiramente uma análise HAZOP (*Hazard and Operability Studies*) antes de definir a instrumentação e o controle desta seção.

## 14.4 Análise HAZOP do Forno

### 14.4.1 Metodologia

É imprescindível em uma planta industrial que a segurança seja levada em consideração, mesmo quando aparentemente o risco de acidentes é baixo. Obviamente, é desejada uma produção eficiente e lucrativa, no entanto, não se pode sacrificar a segurança e saúde dos indivíduos, tanto aqueles envolvidos diretamente na produção quanto aqueles contidos na comunidade ao redor.

A planta de produção de cumeno envolve processos de alto risco, submetidos a altas temperaturas e pressões, além do manuseio de substâncias tóxicas e inflamáveis. Para reduzir os riscos associados à produção, foi feita uma análise HAZOP (*Hazard and Operability Study*), onde foram mapeados itens que podem oferecer riscos sérios aos funcionários, à planta em si e à comunidade. Os pontos críticos identificados foram: o trocador de calor E-1, o forno H-1, o reator R-1 e as colunas T-1 e T-2. No entanto, destes, o forno se destaca como detentor de muito maior periculosidade em relação aos outros, ele será o alvo da análise.

Identificados os pontos que oferecem maior perigo, são levantados questionamentos sobre os meios pelos quais os mesmos podem se desviar das intenções do projeto. Para tal, alguns parâmetros de cada equipamento analisado são verificados, bem como uma série de palavras chaves que, somadas ao parâmetro analisado, caracteriza o desvio ao qual se deve estar preparado.

Após os desvios serem computados, associam-se a eles possíveis causas e consequências. Essa descrição, apesar de qualitativa, fornece uma ferramenta valorosa para que a equipe de segurança sugira e instaure as medidas corretivas e/ou preventivas, aliando produtividade e segurança na planta em questão.

### 14.4.2 Palavras-chave

As palavras-chave utilizadas para a análise HAZOP e seus respectivos significados estão listados na Tabela 28.

**Tabela 28.** Significado das palavras chaves

<b>Palavra-chave</b>	<b>Significado</b>
NÃO	Ausência do parâmetro analisado
MAIS	Excesso do parâmetro analisado
MENOS	Escassez/carência do parâmetro analisado
INVERSO	Inversão do parâmetro analisado

#### 14.4.3 Considerações prévias à análise

A Tabela 29 apresenta uma análise de cenários potencialmente perigosos.

**Tabela 29.** Matriz de interações de elementos do forno.

	<b>Meio reacional</b>	<b>Gás natural</b>	<b>Ar</b>	<b>Comentários</b>
Meio reacional	-	-	X	Atmosfera explosiva, tóxica e carcinogênica
Gás natural	-	-	X	Atmosfera explosiva
Ar	-	-	-	-
Temperatura de trabalho	X	X	-	Meio reacional e combustível
Excesso de temperatura	X	X	-	Atmosfera explosiva

#### 14.4.4 Análise de desvios – Forno H-1

O forno recebe a corrente de reagentes vaporizados a 214°C e 30,95 bar e a leva a um estado de 350°C e 30,75 bar. Além de operar a altas temperatura e pressão, o forno está aquecendo uma mistura gasosa inflamável com chama indireta, o que torna sua análise de segurança primordial, como visto na Tabela 29.

**Tabela 30.** Formulário de análise HAZOP do forno H-1

<b>Parâmetro</b>	<b>Palavra chave</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Consequências</b>	<b>Ação</b>
Temperatura	MAIS	Alta temperatura no interior do forno	Vazão excessiva de gás combustível	Corrente de reagentes gasosos superaquecida, risco de explosão	Instalar sensor e encravamento de temperatura do tipo TAHH
		MAIS	Alta pressão dentro do forno	Vazão excessiva de gás combustível	Explosão do forno
Fluxo de reagente	MENOS	Fluxo deficiente de reagente	Vazão deficiente de reagente	Aumento na temperatura do forno, risco de explosão	Instalar sensor e controlador do tipo TAHH
	NÃO	Ausência de fluxo de reagente	Obstrução ou ruptura de tubulação	Forno superaquecido, risco de explosão	

#### 14.4.5 Conclusão da análise

Através da análise, é possível concluir que as ações e instrumentos de controle imaginados devem ser implementados para garantir a alta eficiência da produção e a segurança do projeto, minimizando o risco de acidentes.

A partir do resultado da análise HAZOP, definiu-se a implementação de um sistema de alarme de alta, muito alta e baixa temperatura, que aciona um sistema de encravamento (SE-1) atuante na vazão de alimentação de combustível através de um controle em cascata (controlador de vazão escravo da temperatura).

Além dessas medidas, instalou-se também um sistema de controle de razão do fluxo de combustível/ar.

#### 14.5 Reator

A reação de alquilação do benzeno e propileno é exotérmica, e por isto, o reator R-1 isotérmico possui um sistema de troca de calor. Dado o risco do aumento de temperatura, foi instalado ao longo dele um conjunto de indicadores de temperatura, ligado a um controlador de temperatura diferencial equipado com um sistema de alarme para alta e muito alta temperatura, que ativa o sistema de encravamento SE-2. Associado a este mesmo encravamento, instalou-se um esquema de injeção de veneno de reação (nitrogênio), que é inserido no reator por meio de um compressor caso a temperatura saia de controle.

O sistema de troca de calor conta com controlador de vazão na entrada da água de refrigeração, que produz vapor de alta pressão, em cascata com o controlador de temperatura. Indicadores de pressão, vazão e temperatura são instalados na corrente de saída do reator.

#### 14.6 Vaso *flash*

No vaso flash ocorre a separação das fases líquida e gasosa, para retirada de impurezas do propileno. Instalou-se nesta unidade um controlador de nível que comanda o controlador de fluxo da corrente de líquido. Há também o controle da pressão do separador, que é atrelado ao fluxo de gás combustível gerado no processo.

Por ser um vaso, adicionou-se às correntes de saída um sistema para drenagem no fundo e válvula de segurança para alívio da pressão no topo.



#### 14.7 Colunas de destilação

As colunas de destilação são monitoradas por meio de medidores e controladores de nível, associados em cascata com os controladores de vazão nas correntes de fundo das torres. A pressão verificada nas correntes de topo é controlada pela atuação das válvulas de controle sobre o fluxo das correntes que entram nos pulmões. Caso as pressões nas colunas T-1 e T-2 atinjam altos valores, alarmes sonoros são emitidos e os sistemas de encravamento são acionados. A temperatura da corrente de topo é acompanhada através da implementação de um indicador.

As correntes advindas do refluxo são manipuladas pelos controladores de vazão ao sair das bombas, onde há alarmes e um sistema de encravamento por baixo e muito baixo fluxo de fluido. Indicadores de pressão são instalados para monitoramento.

No refeedor, controla-se a alimentação dos vapores no trocador através de um controle em cascata, onde o controlador mestre de temperatura atua sobre o controlador escravo de vazão. A segurança desta seção é feita com a inserção de um sistema de encravamento. Nas correntes de fundo que entram nesses trocadores, são dispostos indicadores de temperatura, pressão e vazão.

Para aliviar a pressão, válvulas de segurança são instaladas nas torres.

#### 14.8 Vasos

Em todos os vasos da planta são adicionados indicadores de nível. O vaso V-1 é controlado pela vazão de alimentação de benzeno. Os vasos V-3 e V-4 são controlados pelas vazões das correntes no topo que deixam as torres em um sistema cascata. Alarmes de alto e baixo nível complementam a segurança do armazenamento.

Sistemas para drenagem e alívio de pressão são instalados no fundo e no topo de cada vaso, respectivamente.

## 15 ALARMES E ENCRAVAMENTOS

### 15.1 Alarmes

Os alarmes são sinais que disparam na sala de controle quando alguma variável de processo está fora da faixa de operação desejável, expondo o processo e a segurança dos funcionários a riscos. No código de representação do alarme, a primeira letra está associada a variável de processo – L para nível, F para vazão, T para temperatura e P para pressão – e a terceira letra está associada à anomalia – L para baixo, LL para muito baixo, H para alto e HH para muito alto. Tabela 31 relaciona todos os alarmes da unidade de produção de cumeno. <sup>[24]</sup>

**Tabela 31.** Alarmes da planta

<b>Equipamento associado</b>	<b>Tipo de alarme</b>	<b>Descrição</b>
V-1	LAH LAL	Alerta de níveis alto e baixo de armazenamento de benzeno reciclado.
P-1	FAL	Alerta de baixa vazão de benzeno.
P-2	FAL	Alerta de baixa vazão de propileno.
H-1	TAHH TAH TAL	Alerta de temperaturas muito alta, alta e baixa no forno.
R-1	TAHH TAH	Alerta de temperaturas muito alta e alta no reator.
V-2	LAH LAL	Alerta de níveis alto e baixo no vaso flash.
T-1	PAHH PAH LAH LAL	Alerta de pressões muito alta e alta no topo da primeira coluna. Alerta de níveis alto e baixo na primeira coluna.

V-3	LAH LAL	Alerta de níveis alto e baixo no pulmão da primeira coluna.
P-3	FALL FAL	Alerta de vazões muito baixa e baixa na linha de refluxo da primeira coluna.
P-4	FALL FAL	Alerta de vazões muito baixa e baixa na linha de alimentação para a segunda coluna.
T-2	PAHH PAH	Alerta de pressões muito alta e alta no topo da segunda coluna.
	LAH LAL	Alerta de níveis alto e baixo na segunda coluna.
P-5	FALL FAL	Alerta de vazões muito baixa e baixa na linha de refluxo da segunda coluna.
V-4	LAH LAL	Alerta de níveis alto e baixo no pulmão da segunda coluna.
P-6	FAL	Alerta de baixa vazão do reciclo de benzeno.

## 15.2 Encravamentos

Quando um alarme é acionado e não há ações corretivas a variável de processo pode atingir valores ainda mais críticos, acionando os alarmes excessivamente altos (AHH) ou excessivamente baixos (ALL), que se encontram associados a encravamentos. Na unidade, os encravamentos foram posicionados para proteger o forno e o reator de temperaturas muito altas e as duas colunas de pressão e temperaturas excessivas ou refluxos de topo excessivamente baixos. A Tabela 32 relaciona todos os encravamentos sugeridos para a unidade. <sup>[24]</sup>

**Tabela 32.** Sistema de encravamentos da planta

<b>Equipamento protegido</b>	<b>Alarme associado</b>	<b>Número do encravamento</b>	<b>Sinal associado</b>	<b>Ação associada</b>
H-1	TAHH	SE-1	Temperatura muito alta no forno.	Fechamento da válvula FCV-5 (fornecimento de combustível).
R-1	TAHH	SE-2	Temperatura muito alta no reator.	Abertura da válvula FCV-6 (água de resfriamento) e injeção de gás N <sub>2</sub> .
T-1	PAHH	SE-3	Pressão muito alta no topo da primeira coluna.	Abertura da válvula FCV-10.
	FALL	SE-4	Vazão muito baixa no refluxo de topo da primeira coluna.	Abertura da válvula FCV-11 (refluxo de benzeno).
	-	SE-5	Temperatura do retervedor excessivamente alta.	Fechamento da válvula FCV-12 (fornecimento de vapor).
T-2	FALL	SE-6	Vazão muito baixa na alimentação da segunda coluna.	Abertura da válvula FCV-13 (alimentação)

---

da segunda  
coluna).

PAHH	SE-7	Pressão muito alta no topo da segunda coluna.	Abertura da válvula FCV-15.
------	------	---	-----------------------------

FALL	SE-8	Vazão muito baixa no refluxo de topo da segunda coluna.	Abertura da válvula FCV-16 (refluxo de cumeno).
------	------	---	---

-	SE-9	Temperatura do refeedor excessivamente alta.	Fechamento da válvula FCV-18 (fornecimento de vapor).
---	------	--	---

---

## 16 VÁLVULAS DE SEGURANÇA

O sistema de controle e instrumentação representa o nível mais elementar de segurança da planta. Caso esse sistema falhe por algum motivo, o sistema de válvulas de segurança representa o nível superior de proteção contra acidentes. [24, 25]

As válvulas de segurança impedem que a pressão em um equipamento ultrapasse a pressão de projeto mecânico, circunstância que certamente resultaria no rompimento ou explosão do equipamento. A Tabela 33 apresenta as válvulas de segurança da planta, os equipamentos protegidos e o cenário que determinou o dimensionamento da válvula. O cenário determinante corresponde à maior vazão mássica que a válvula deve suportar para garantir a segurança do equipamento,

**Tabela 33.** Válvulas de segurança da unidade de produção de cumeno

<b>Código da válvula</b>	<b>Equipamento protegido</b>	<b>Cenário determinantes</b>
PSV-01	V-1 Vaso de reciclo de benzeno	Bloqueio da válvula de controle
PSV-02	V-2 Vaso <i>flash</i>	Bloqueio da válvula de controle
PSV-03	T-1 Coluna T-1	Falha no refervedor
PSV-04	V-3 Pulmão da T-1	Bloqueio da válvula de controle
PSV-05	T-2 T-2	Falha no refervedor
PSV-06	V-4 Pulmão da T-2	Bloqueio da válvula de controle
PSV-07	R-1 Reator	Sobrepessão do reator

Os cenários considerados para o dimensionamento dos vasos foram o de bloqueio de válvula de controle e o de fogo externo. No primeiro cenário, foram analisadas todas as vazões de saída do recipiente, dimensionando a válvula para suportar a maior vazão mássica de saída entre as correntes envolvidas.

No caso de fogo externo<sup>[25]</sup>, foram utilizadas as equações abaixo:

$$Q_c = 37139 * A_c^{0,82} \quad (64)$$

$$\dot{m} = \frac{Q_c}{\lambda_{vapB}} \quad (65)$$

Onde  $\dot{m}$  representa a vazão mássica obtida em kg/h;  $Q_c$  é o calor que o recipiente recebe em caso de fogo externo, em Kcal/h;  $\lambda_{vapB}$  é o calor de vaporização do líquido do fundo do recipiente, em Kcal/kg e  $A_c$  é a área externa do recipiente em m<sup>2</sup>. Considera-se o cálculo da área externa do recipiente com um nível máximo de 8 metros nos casos em que o recipiente tem altura superior a esse valor.

Os cenários considerados para o dimensionamento das colunas de destilação foram o de fogo externo, conforme as equações apresentadas acima, e os de falha no condensador e no refeedor. No primeiro caso, a equação 66 foi utilizada e no segundo caso, a equação 67.

$$\dot{m}_{cond} = \frac{Q_{cond}}{\lambda_{vapD}} \quad (66)$$

$$\dot{m}_{reb} = \frac{Q_{reb}}{\lambda_{vapB}} \quad (67)$$

Onde  $\dot{m}_{cond}$  e  $\dot{m}_{reb}$  representam as vazões mássicas obtidas em kg/h;  $Q_{cond}$  e  $Q_{reb}$  os fluxos de calor do condensador e do refeedor, respectivamente, em Kcal/h e  $\lambda_{vapD}$  e  $\lambda_{vapB}$  os calores de vaporização dos produtos de topo e de fundo, respectivamente, em Kcal/kg.

Para dimensionamento da válvula de segurança na saída do reator, considerou-se uma vazão 20% maior que a vazão normal de operação.

## 17 ANÁLISE AMBIENTAL

Os processos industriais geram vários impactos sobre o meio ambiente, através da contaminação da água, do ar ou na geração de resíduos sólidos. A avaliação ambiental depende da indústria a qual está sendo analisada, pois varia de acordo com os tipos de efluentes que são gerados, os efeitos que eles ocasionam e quais ações devem ser tomadas para minimizá-los. O primeiro passo, portanto, é observar toda a planta e fazer uma análise de quais efluentes ela gera.

No processo de produção de cumeno a partir da alquilação de benzeno e propileno temos efluentes líquidos, sólidos e gasosos. Os efluentes líquidos são: o benzeno que não reagiu no reator e é separado dos produtos e subprodutos na coluna de destilação; o subproduto da reação DIPB que é separado do cumeno na segunda torre de destilação; a água contaminada da lavagem dos equipamentos e da planta; eventuais produtos químicos utilizados na planta; água de refrigeração. Entretanto, visando a integração no complexo industrial e a diminuição do impacto ambiental, a maioria dos efluentes líquidos são reaproveitados dentro da própria planta. O benzeno que não reagiu volta para o início da planta para ser utilizado como reagente novamente; o DIPB é estocado de maneira apropriada para ser comercializado posteriormente como óleo combustível; e a água de refrigeração é utilizada no resfriamento do reator e, com isso, gera o vapor de alta pressão que é utilizado como serviço auxiliar nos processos de aquecimento do fluido de processo. Portanto, os efluentes líquidos dessa planta são a água contaminada da lavagem dos equipamentos e da planta e eventuais produtos químicos que podem ser utilizados na planta.

Os efluentes gasosos são: o propileno não-reagente e o propano que foram separados da corrente de processo no vaso *flash* V-1; e os gases de combustão - dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, monóxido de carbono CO, entre outros - gerados pelo forno. Todavia, os gases propileno e propano são estocados para serem utilizados com gás combustível em outra unidade do complexo ou mesmo em outro complexo industrial. Com isso, os únicos efluentes gasosos dessa planta são os gases de combustão.

Por fim, os efluentes sólidos são: o catalisador (ácido fosfórico sólido) após ser completamente utilizado na alquilação; ferramentas e materiais impregnados com hidrocarbonetos; e equipamentos e tubulações substituídas.

Os efluentes líquidos da nossa planta são classificados como compostos orgânicos recalcitrantes ou refratários - que são componentes orgânicos não biodegradáveis ou com



taxa de biodegradação muito lenta. Alguns dos impactos ambientais que eles podem gerar no corpo d'água receptor (rios, lagos, etc) são: acúmulo na superfície, afetando a troca de gases entre o ar e água e obstruindo a passagem de luz, com isso, bloqueando a atividade fotossintética e, conseqüentemente, diminuindo a quantidade de oxigênio disponível para a vida aquática; além disso, alguns componentes, como o benzeno, são classificados como um efluente tóxico, aumentando a mortalidade de animais e vegetais no corpo hídrico.

No gerenciamento dos efluentes líquidos, a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes. O artigo 18 desta resolução, diz que o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Ou seja, após a escolha do local de instalação da planta, é necessário analisar a legislação ambiental local dos padrões de lançamento e ver a viabilidade econômica de montar uma unidade de tratamento de efluentes (ETE) dentro da própria planta. Como os efluentes líquidos gerados não são em grande volume - como em uma indústria de bebidas, por exemplo - a unidade pode ser pequena e apenas com os tratamentos indispensáveis, como: um tanque de equalização e neutralização para o efluente tratado ter o pH ideal; um flotador para remoção dos óleos e graxas em suspensão; um reator anaeróbio para alcançar a demanda de oxigênio desejável de acordo com a legislação local.

Além disso, é visível que a tendência na redução de emissões vem aumentando devido aos compromissos adquiridos nas diferentes conferências sobre as mudanças climáticas, que tem deixado as leis ambientais cada vez mais severas para garantir que os países cumpram os limites estabelecidos. Portanto, é indispensável a preocupação com o gerenciamento dos efluentes gasosos, aprimorando as condições de combustão para reduzir os produtos de combustão incompleta, estudos direcionados para a melhoria da eficiência energética e criação de projetos que incentivem ações socioambientais na redução da quantidade de CO<sub>2</sub>, como, por exemplo, incentivo na plantação de árvores, na diminuição do desmatamento, entre outros.

Em relação aos resíduos sólidos, é importante ressaltar a definição de rejeitos para melhor compreensão dessa análise ambiental. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Art 3º, rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

O catalisador utilizado na reação de alquilação - ácido fosfórico sólido - não é regenerável. Além disso, ele possui períodos de vida limitados, formando uma considerável quantidade de resíduos sólidos. Na bibliografia, há estudos recentes analisando a utilização deste catalisador inutilizado como fertilizantes. Nessa análise, concluíram que o crescimento de plantas utilizando o resíduo de catalisador ácido fosfórico sólido como fertilizante é aproximadamente tão eficaz quanto o fertilizante superfosfato quando usado em solo alcalino, sendo uma possibilidade de tratamento e recuperação desse resíduo sólido.

Outros resíduos sólidos gerados na nossa planta são as ferramentas e materiais impregnados com hidrocarbonetos, os equipamentos e as tubulações substituídas, como foi supracitado. Para que estes resíduos não se transformem em rejeitos, é importante a avaliação da viabilidade econômica e ambiental de limpeza desses equipamentos e a posterior venda em leilão. Uma maneira de colocar esse projeto de reutilização em prática é oferecendo aos funcionários que se dedicarem a ele uma bonificação e porcentagem na venda dos equipamentos. <sup>[26]</sup>

## 18 ANÁLISE ECONÔMICA

### 18.1 Introdução

Todo projeto chega às etapas finais passando por uma análise e consideração de seus custos. Isso significa que a primeira análise a ser feita antes de se colocar um projeto em funcionamento é a sua avaliação econômica. O engenheiro químico ou engenheiro de custos deve estimar todos os custos brutos para poder decidir a melhor alternativa de projeto, otimizando-o ao máximo.

A maioria dos projetos, não apenas os de engenharia química, são feitos para produzir lucro, e é preciso avaliar previamente a estimativa do investimento requerido e o custo de produção para saber a rentabilidade do projeto. A rentabilidade só será aceitável se for maior do que qualquer uso alternativo que possa ser dado aos fundos próprios das empresas ou maior do que os juros no caso de fundos emprestados por terceiros. [27]

A avaliação econômica inicial é incerta, visto que o valor exato do investimento necessário para construção da planta é desconhecido. Além disso, não se conhece o custo dos equipamentos e não se sabe quanto custarão os contratos estabelecidos. Dessa forma, a avaliação econômica do projeto frequentemente é realizada em duas etapas: preliminar e definitiva. A preliminar é menos precisa do que a definitiva, pois é feita nas etapas iniciais sem o conhecimento detalhado dos equipamentos. Ela deve ser capaz de fornecer uma base para a gestão da empresa decidir ou não investir capital. [28]

No presente trabalho, a análise econômica foi realizada após a definição dos equipamentos necessários e suas respectivas dimensões. Fez-se a etapa preliminar da avaliação, que foi dividida nas partes de investimento, vendas, custos e rentabilidade.

### 18.2 Investimento

#### 18.2.1 Capital imobilizado

O capital imobilizado consiste no conjunto de bens adquiridos que são necessários para o funcionamento e para a manutenção das operações de trabalho. Nele somam-se os valores do espaço físico de funcionamento, maquinário e equipamentos. E pode ainda ser qualificado pelo capital em que a empresa disponha e use por mais de doze meses, e com expectativas de aumentar os benefícios econômicos em detrimento da sua utilização. Para a determinação do custo de cada equipamento foi utilizada a equação 68. [29]

$$C = a + b \times S^n \quad (68)$$

Em que  $C$  representa o custo do equipamento,  $a$ ,  $b$  e  $n$  são parâmetros tabelados conforme o equipamento e  $S$  corresponde a um parâmetro de projeto do equipamento. Os valores de  $a$ ,  $b$ , e  $n$ , bem como o que significa o parâmetro  $S$  para cada tipo de equipamento empregado, encontram-se na tabela presente no livro *Chemical Engineering Design*, de Towler e Sinnott, 2008, que foi uma das referências bibliográficas usadas para este projeto.

**Tabela 34.** Parâmetros usados para o cálculo dos equipamentos da planta

Equipamento	$a$	$b$	$S$	$n$
Coluna de destilação	-400	230	Massa da carcaça (kg)	0,6
Pratos	130	146	Diâmetro do prato (m)	2
Trocadores de calor	10000	88	Área (m <sup>2</sup> )	1
Forno	7000	71000	Potência (MW)	0,8
Vasos verticais	-400	230	Massa da carcaça (kg)	0,6
Vasos horizontais	-2500	200	Massa da carcaça (kg)	0,6
Bombas	3300	48	Vazão (L/s)	1,2
Reatores	14000	15400	Volume (m <sup>3</sup> )	0,7

Como as equações usadas geram valores em dólar americano, foi preciso fazer uma conversão para reais. Dessa forma, usou-se R\$ 3,70 como sendo o valor do dólar comercial atualmente.

O sobredimensionamento de bombas, colunas de destilação e pratos usado e considerado foi de 120%. Os trocadores de calor tiveram um valor de sobredimensionamento de 110%, exceto para condensadores das torres de destilação.

Para os parâmetros encontrados, que serão usados para calcular os custos iniciais, foi levado em consideração o ano de 2006. Dessa forma, é necessário que haja uma atualização dos custos, que será feita pela equação abaixo:

$$Custo_{2017} = Custo_{2006} \times \frac{\text{Índice } 2017}{\text{Índice } 2006} \quad (69)$$

O índice utilizado para 2006 foi de 499,6 e para de 2017 foi de 558,3. Tais índices foram encontrados no Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI). Fez-se a correção usando o índice de 2017.

**Tabela 35.** Estimação dos custos dos equipamentos

<b>Equipamento</b>	<b>Parâmetro de estimação de custo</b>	<b>Valor do parâmetro</b>	<b>Custo 2017 (R\$)</b>
P-1	Vazão (L/s)	6,194	15.449,50
P-2	Vazão (L/s)	1,1	13.898,15
P-3	Vazão (L/s)	5,70	15.278,49
P-4	Vazão (L/s)	3,86	14.682,38
P-5	Vazão (L/s)	3,80	14.632,07
P-6	Vazão (L/s)	3	14.418,57
T-1	Peso (kg)	11325,71	256.332,97
T-2	Peso (kg)	18260,77	341.947,03
Prato	Diâmetro do prato (m)	1,5	1.900,02
E-1	Área (m <sup>2</sup> )	40,56	44.929,65
E-2	Área (m <sup>2</sup> )	39,19	44.530,46
E-3	Área (m <sup>2</sup> )	183,41	86.553,20
E-4	Área (m <sup>2</sup> )	499,63	178.693,21
E-5	Área (m <sup>2</sup> )	17,46	65.249,13
E-6	Área (m <sup>2</sup> )	38,34	44.282,79
H-1	Potência (MW)	1,74	486.183,57
V-1	Peso (kg)	820,52	51.749,85
V-2	Peso (kg)	17458,30	304.513,07
V-3	Peso (kg)	1935,79	67.214,90
V-4	Peso (kg)	2629,05	83.036,06

R-1	Peso (kg)	10,9	397.750,00
-----	-----------	------	------------

Vale lembrar que cada bomba tem uma reserva de igual parâmetro e valor. Com o custo calculado para cada um desses equipamentos, determinou-se o custo total do projeto considerando que os demais custos da planta serão porcentagens do custo dos equipamentos, segundo o método das porcentagens. A porcentagem equivalente à engenharia de detalhe foi considerada como sendo 18% por se tratar de um projeto de uma planta considerada grande. A Tabela 36 a seguir apresenta as porcentagens empregadas ao se usar esse método, e os resultados dos custos obtidos:

**Tabela 36.** Custos obtidos ao aplicar o método das porcentagens

	Porcentagem (%)	Custo em 2017 (MR\$)
<b>Equipamento (E)</b>	100	2,80
<b>Materiais (M)</b>	65	1,82
<b>Obra civil e edifícios</b>	28	0,78
<b>Tubulações e infraestrutura</b>	45	1,26
<b>Instrumentação</b>	10	0,28
<b>Eletricidade</b>	10	0,28
<b>Isolamento</b>	5	0,14
<b>Pintura</b>	2	0,06
<b>Engenharia de detalhe</b>	15	0,42
<b>Construção</b>	60	1,68
<b>Supervisão</b>	10	0,28
<b>Total área de processo</b>	ISBL	9,81
<b>Serviços auxiliares</b>	4% do ISBL	0,39
<b>Off-sites</b>	8% do ISBL	0,78
<b>Gastos de arranque</b>	3,5% do ISBL	0,34
<b>Contingências e Imprevistos</b>	10% do ISBL	0,98
<b>Imobilizado:</b>	-	22,12

Esse método nos dá um uma boa estimativa dos custos. Porém, não considera um horizonte temporal nem valor cronológico do dinheiro. O que significa, também, que não considera os fluxos de caixa anuais.

### 18.2.2 Capital de giro

O capital de giro é o recurso usado para financiar a continuidade das operações da empresa. Ele pode ser facilmente transformado em dinheiro, já que é o capital que é movimentado constantemente pela empresa.

Recomenda-se que o capital de giro seja entre 10% a 30% do valor obtido do capital imobilizado. Estabeleceu-se 20%, que é a média desse intervalo. Dessa forma, o capital de giro calculado foi de MR\$ 4,42.

O investimento total do projeto consiste na simples soma do capital imobilizado com o capital de giro. Logo, tem-se que o investimento total foi de MR\$ 26,54

### 18.3 Avaliação de rentabilidade do projeto

Para avaliar a rentabilidade do projeto, considerou-se, inicialmente, os preços dos produtos e o preço dos serviços. A tabela abaixo representa os preços dos serviços auxiliares empregados e consumidos na planta após terem os valores encontrados na literatura corrigidos para o ano de 2017. <sup>[26,27]</sup>

**Tabela 37.** Preço dos serviços auxiliares usados na planta de cumeno

<b>Serviços auxiliares</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Vapor de alta pressão	37,00/ton
Vapor de média pressão	31,48/ton
Eletricidade	0,15/kWh
Ar de instrumentação	0,23/Nm <sup>3</sup>
Água de refrigeração	0,12/m <sup>3</sup>

A seguir, há a tabela com os preços dos produtos utilizados na planta:

**Tabela 38.** Preço dos produtos consumidos na planta de produção de cumeno

<b>Produto</b>	<b>Preço (R\$/ton)</b>
Benzeno	3145,00

Propileno	3330,00
Cumeno	5217,33

Com o valor do preço de venda e da produção anual da planta, em toneladas, foi possível obter o valor das vendas por ano calculando o produto entre esses dois preços.

Foi obtida a produção anual efetuando o produto entre a vazão mássica de produto final ( $m_{final}$ ) e o tempo de operação da planta por ano, que é de 8500 h/ano. A equação abaixo é a expressão desse cálculo.

$$\text{Valor da produção anual} = m_{final} \times 8500 \text{ h/ano} \quad (70)$$

Sabendo os dados da produção de cumeno realizada pela planta (15,40 m<sup>3</sup>/h), o preço de venda desse produto como sendo de R\$ 5217,33/ton e a densidade do cumeno (862 kg/m<sup>3</sup>), o valor da venda do cumeno é de MR\$ 588,70 por ano.

Os valores dos bens e serviços que são consumidos pela planta são considerados como sendo os custos do processo em questão. Faz-se uma estimativa dos custos de fabricação diretos e indiretos, que podem ser fixos ou variáveis.

Os custos com mão de obra e matéria prima são considerados, e a mão de obra indireta, serviços gerais, fornecimentos, manutenção e laboratório são contabilizados como custos de fabricação indiretos. As tabelas a seguir apresentam as equações utilizadas para a determinação dos custos diretos e indiretos. Nelas, as variáveis CF, q, N<sub>op</sub> e Imob das expressões são, respectivamente, os custos de fabricação, a vazão mássica de matéria prima (kg/h), o número de operários e o capital imobilizado.

**Tabela 39.** Expressões para os cálculos dos custos de fabricação diretos

<b>Matéria prima</b>	$CF_1 = (\text{custo unitário})_{\text{matéria prima}} \times q$
<b>Mão de obra</b>	$CF_2 = (\text{custo unitário})_{\text{operário hora}} \times N_{op}$

**Tabela 40.** Expressões para os cálculos dos custos de fabricação indiretos variáveis.

<b>Mão de obra indireta</b>	$CF_3 = 0,3 \times CF_2$
-----------------------------	--------------------------



<b>Serviços gerais</b>	CF <sub>4</sub> = Somatório dos custos dos serviços auxiliares
<b>Abastecimento</b>	CF <sub>5</sub> = 0,075×Imob
<b>Manutenção</b>	CF <sub>6</sub> = 0,06×Imob
<b>Laboratório</b>	CF <sub>7</sub> = 0,3×CF <sub>3</sub>

Foi considerada uma carga horária de 40 horas semanais para cada operário, sendo necessário um total de 15 operários para funcionamento da planta 24 horas por dia: 12 técnicos (4 operários por turno), ganhando por mês R\$ 2 mil cada, e 3 supervisores (1 por turno), ganhando R\$ 3 mil cada. Isso, portanto, equivale a R\$ 396.000,00 ao ano de mão de obra direta.

Calculando o custo da matéria prima, levaram-se em consideração os preços de custo do benzeno e do propileno como sendo de R\$ 3145,00/ton e R\$ 3330/ton, respectivamente. Foram considerados também os custos fixos relacionados à amortização (Amort), aos seguros (Seg), aos impostos (Imp), à gerência (G), às pesquisas (P) e aos gastos comerciais (GC). As equações abaixo representam como esses custos são obtidos:

$$Amort = \frac{Investimento\ total}{Tempo\ de\ funcionamento\ da\ planta} \quad (71)$$

$$Seg = 0,03 \times Custo\ dos\ Equipamentos \quad (72)$$

$$Imp = 0,0075 \times Custo\ dos\ Equipamentos \quad (73)$$

$$G = 0,04 \times (Amort + Seg + Imp) \quad (74)$$

$$P = 0,01 \times Vendas \quad (75)$$

$$GC = 0,0075 \times (Amort + Seg + Imp) \quad (76)$$

Água de refrigeração, vapor de aquecimento, combustível, consumo de eletricidade, e ar de instrumentação, considerados serviços auxiliares, tiveram seus custos considerados nesta avaliação econômica e as equações abaixo indicam como foram calculados.

Para essas equações, o índice S representa qualquer um desses serviços, indicando que para qualquer um deles o cálculo é o feito usando a mesma expressão, exceto a eletricidade, que será calculada com uma equação separada. Logo, as equações são:

$$Custo_S = m_S \times Tempo\ de\ operação \times Preço\ de\ S \quad (77)$$

$$Custo_{Eletricidade} = Potência \times Tempo \text{ de operação} \times Preço \text{ de } S \text{ (78)}$$

Feito os cálculos, tem-se a tabela abaixo com os resultados dos custos de fabricação:

**Tabela 41.** Custos de fabricação da planta

	<b>Custos (MR\$)</b>
<b>Matéria prima</b>	329,67
<b>Mão de obra</b>	0,396
<b>Mão de obra indireta</b>	0,1188
<b>Serviços gerais</b>	5,13
<b>Abastecimento</b>	1,66
<b>Manutenção</b>	1,33
<b>Laboratório</b>	0,0356
<b>Amortização</b>	0,0033
<b>Seguros</b>	0,08
<b>Impostos</b>	0,02
<b>Gerência</b>	0,0043
<b>Pesquisas</b>	4,6
<b>Gastos comerciais</b>	0,0008

A rentabilidade de um projeto depende das vendas e custos anuais, do capital requerido e dos impostos. Logo, para uma análise econômica completa, é fundamental levar em consideração o horizonte temporal do projeto em questão. Na indústria química é comum considerar um horizonte temporal de 10 a 15 anos. Portanto, para este projeto, um horizonte de 3 anos de projeto e 12 anos de operação da planta foi considerado.

Para indicar a rentabilidade do projeto, o método do valor atualizado líquido ou VAL foi empregado. Este método consiste na soma de todos os movimentos dos fundos ao longo da vida do projeto. Define-se, então, um tipo de juros, chamado de  $k$ , que fixará o valor da rentabilidade acima da qual o projeto gerará lucro líquido ou não. A fim de fazer uma estimativa desse valor, consideram-se os fundos próprios, que representam a rentabilidade que seria obtida caso os fundos não fossem investidos no projeto, e os empréstimos, que representam os juros.

Com isso, confere-se se o projeto a ser executado é viável ou não. Ao adequar para o presente os valores futuros, consideram-se as variações que o valor do dinheiro sofre. Se o valor do VAL for positivo, o projeto é rentável, gerando lucros. Se for próximo de zero ou igual a zero é melhor investir em outro projeto que possibilite um maior lucro. Se o VAL for negativo o projeto não é rentável e não será implementado.

Analisa-se o fluxo de fundos gerados e investidos no projeto, uma vez que se determina o horizonte temporal. A tabela abaixo informa os dados utilizadas para calcular o VAL, considerando o horizonte temporal e as seguintes informações:

O capital imobilizado, que teve seu valor calculado considerando a curva de investimento, investindo 10% do total no primeiro ano (ano zero), 30% no segundo ano (ano um) e 60% no terceiro ano (ano dois).

Capital de giro, que foi o valor gasto no terceiro ano do horizonte, mas recuperado ao seu final.

Valor resultante das vendas, cujo valor corresponde ao produto do preço do cumeno pela produção em toneladas anual.

Uma amortização linear por 10 anos, sendo 10% do capital imobilizado para cada ano desse período.

Impostos de 35% do resultado das vendas menos os custos e amortização. Esse resultado é chamado de benefício antes dos impostos.

Inflação de 5% para cada ano para o valor das vendas e custos no ano.

Juros de referência, usados para corrigir os fluxos de caixa anualmente.

**Tabela 42.** Dados para o cálculo do valor atualizado líquido (VAL)

<b>Horizonte temporal</b>	<b>3 anos em funcionamento + 12 anos em operação</b>
Capital Imobilizado	MR\$ 22,12
Curva de investimento	Primeiro ano: 10% Segundo ano: 30% Terceiro ano: 60%
Capital de giro	MR\$ 4,42
Vendas	MR\$ 588,70/ano
Amortização	10% por 10 anos
Impostos	35%

Inflação	5%
Juros de referência	7%

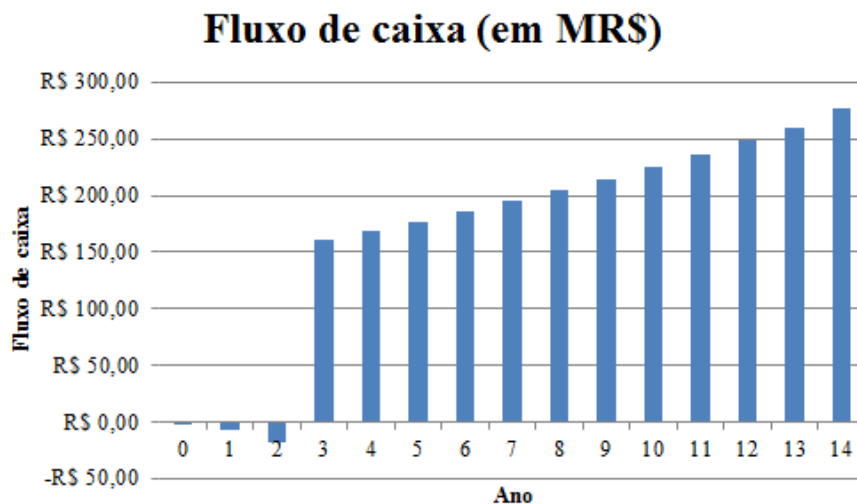
Vale lembrar que os benefícios depois dos impostos correspondem ao valor dos benefícios antes dos impostos menos os impostos.

Portanto, o VAL pode ser calculado com a seguinte expressão:

$$VAL = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1+k)^i} \quad (79)$$

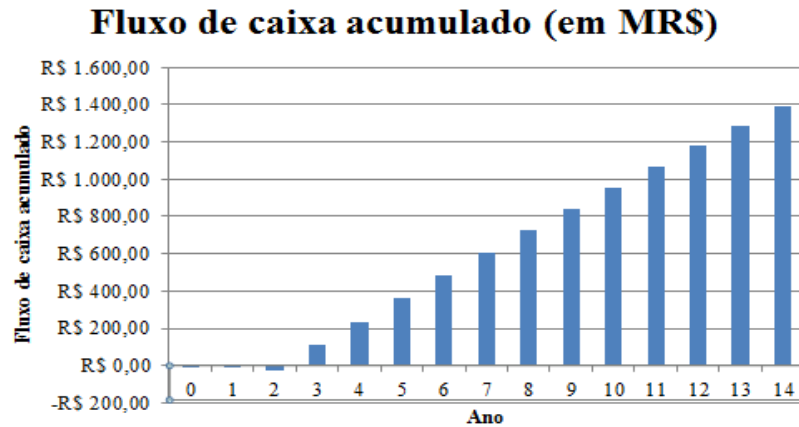
Em que  $F_i$  representa o fluxo de caixa para cada ano,  $k$  é o juros de referência considerado como 0,07 de acordo com os dados da *Bovespa* de novembro de 2017, e  $i$  é número de anos.

Daí, tem-se que o valor atualizado líquido equivale a MR\$ 1.394,11. Os gráficos abaixo mostram os valores dos fluxos de caixa para cada ano do projeto da planta.



**Figura 23.** Fluxo de caixa da planta

Pode-se determinar em que momento o projeto começa a gerar lucro fazendo o gráfico de fluxo de caixa acumulado para o tempo do projeto da planta. Analisa-se isso ao se observar o valor em um ano que está acima do eixo horizontal do gráfico. No caso do projeto em questão, a partir do quarto ano já se obtém lucro.



**Figura 24.** Fluxo de caixa acumulado da planta

A Taxa de Interna de Rentabilidade ou TIR é o valor de juros de referência ( $k$ ) quando o VAL se iguala a zero. Resumidamente, se a TIR der um valor maior do que  $k$ , o projeto é rentável. A expressão para achar o TIR encontra-se abaixo:

$$\sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1+TIR)^i} = 0 \quad (80)$$

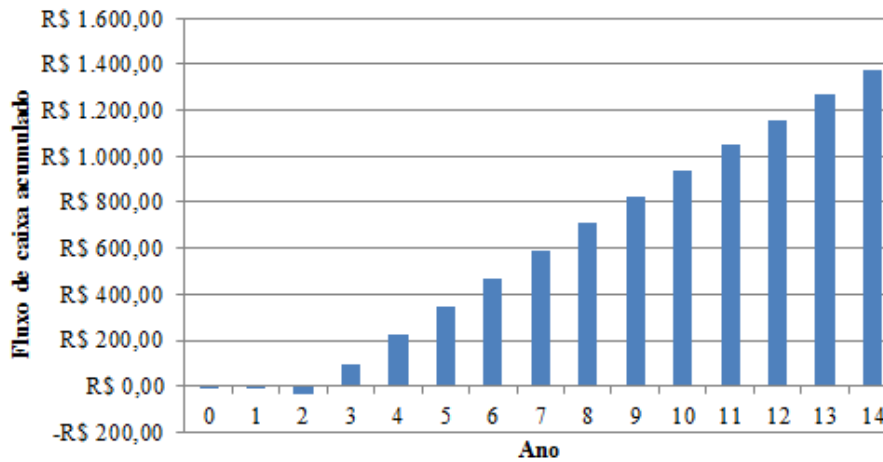
Efetuando os cálculos, obteve-se então um valor de TIR de 1,94, que representa um valor maior que 0,07. Logo, pode-se dizer que o projeto é rentável.

#### 18.4 Análise de sensibilidade da rentabilidade do projeto ao investimento

A sensibilidade do projeto em cima de uma variação do valor do investimento total foi analisada ao fazer um aumento de 50% neste valor. Ao fazer essa mudança, percebe-se pelo gráfico abaixo que o ano em que o projeto se mostrou rentável continuou sendo o quarto ano.

Com essa alteração do valor do investimento, o valor atualizado líquido passou a ser de MR\$ 1.374,45, menor que o anterior. Ainda assim, o projeto possui boa rentabilidade por apresentar um VAL positivo.

## Fluxo de caixa acumulado (em MRS)



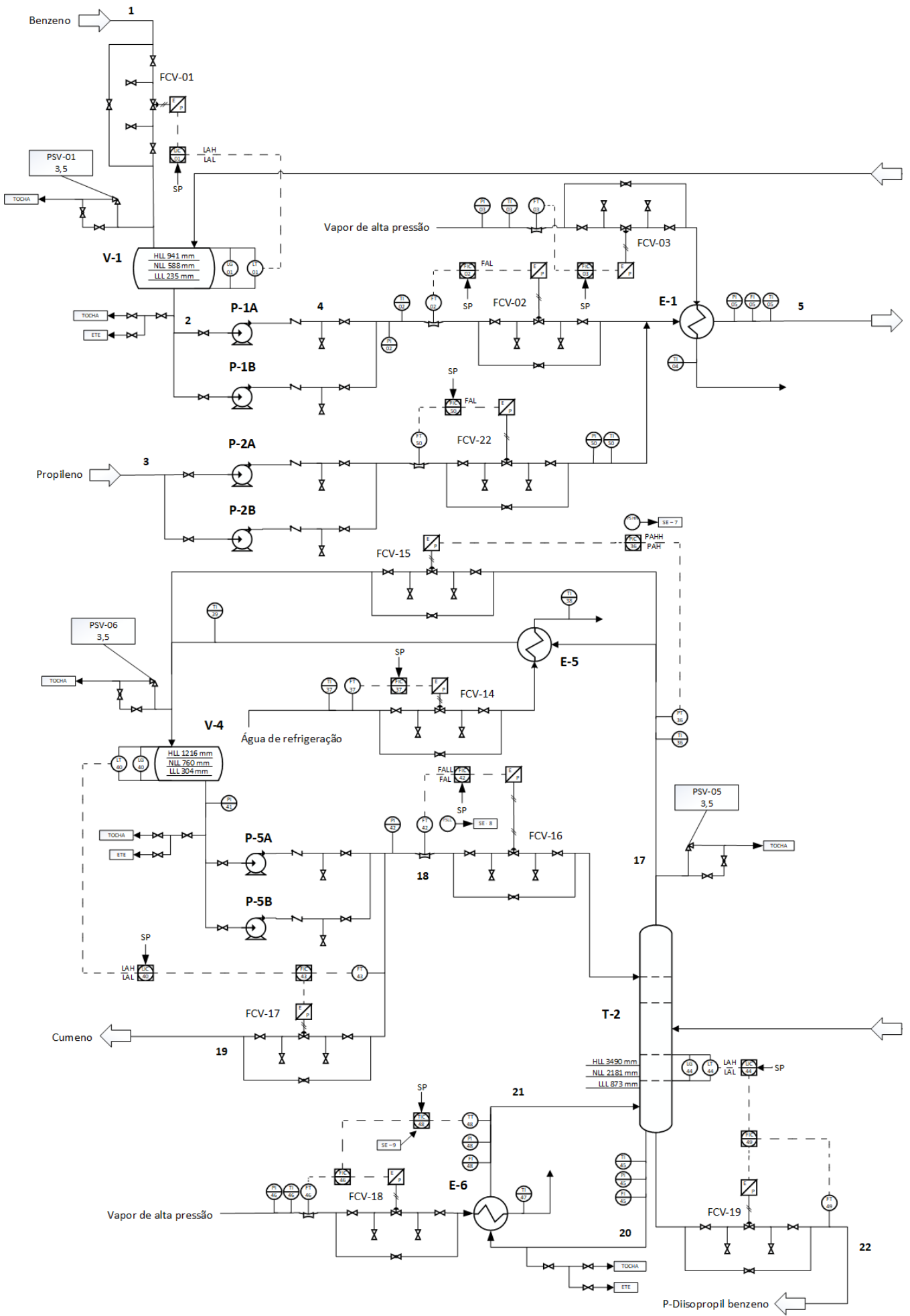
**Figura 25.** Fluxo de caixa acumulado com aumento de 50% no investimento

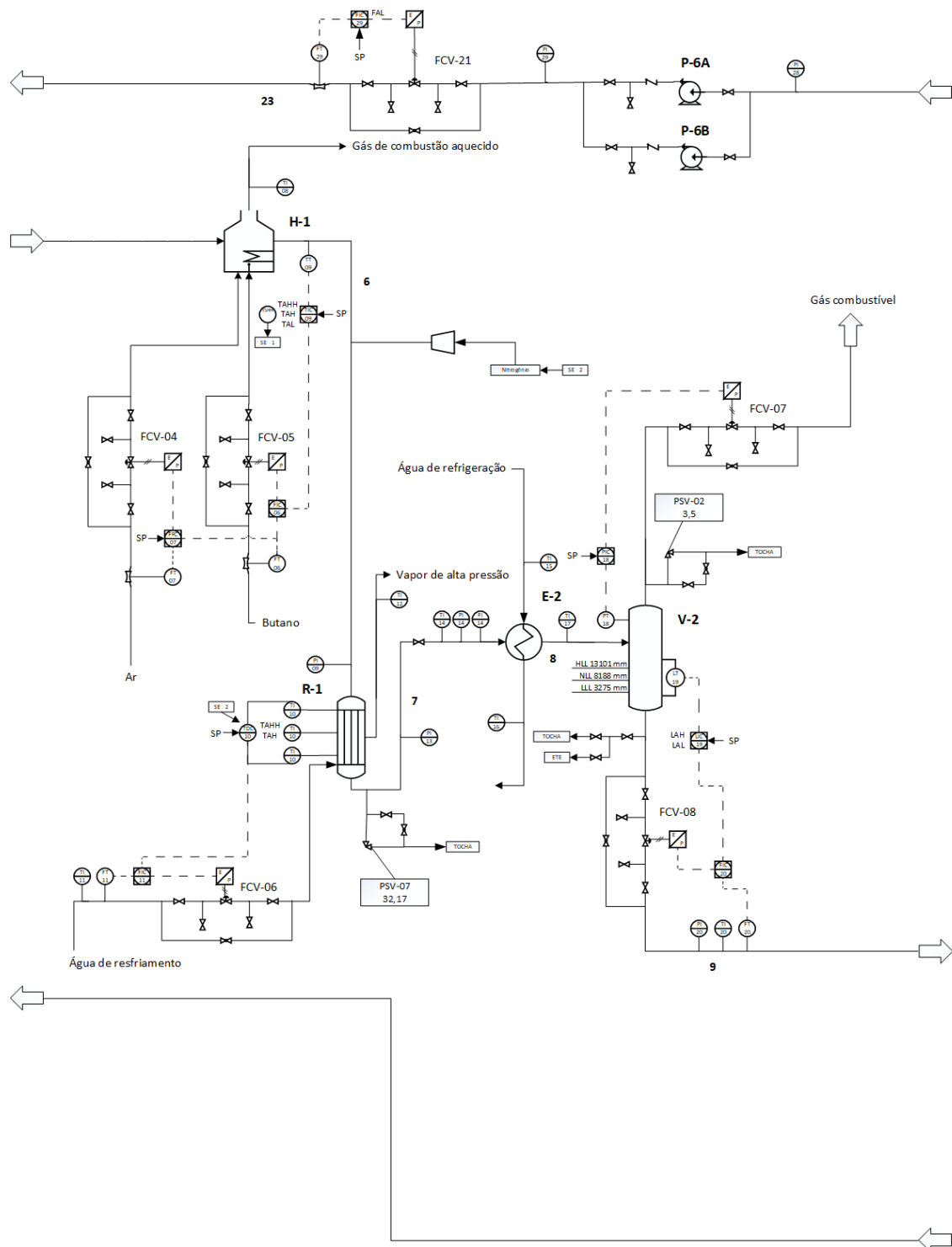
## 19 P&ID (PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM)

Nas páginas 81, 82 e 80 estão, respectivamente, as partes 1, 2 e 3 do P&ID da planta de produção de cumeno

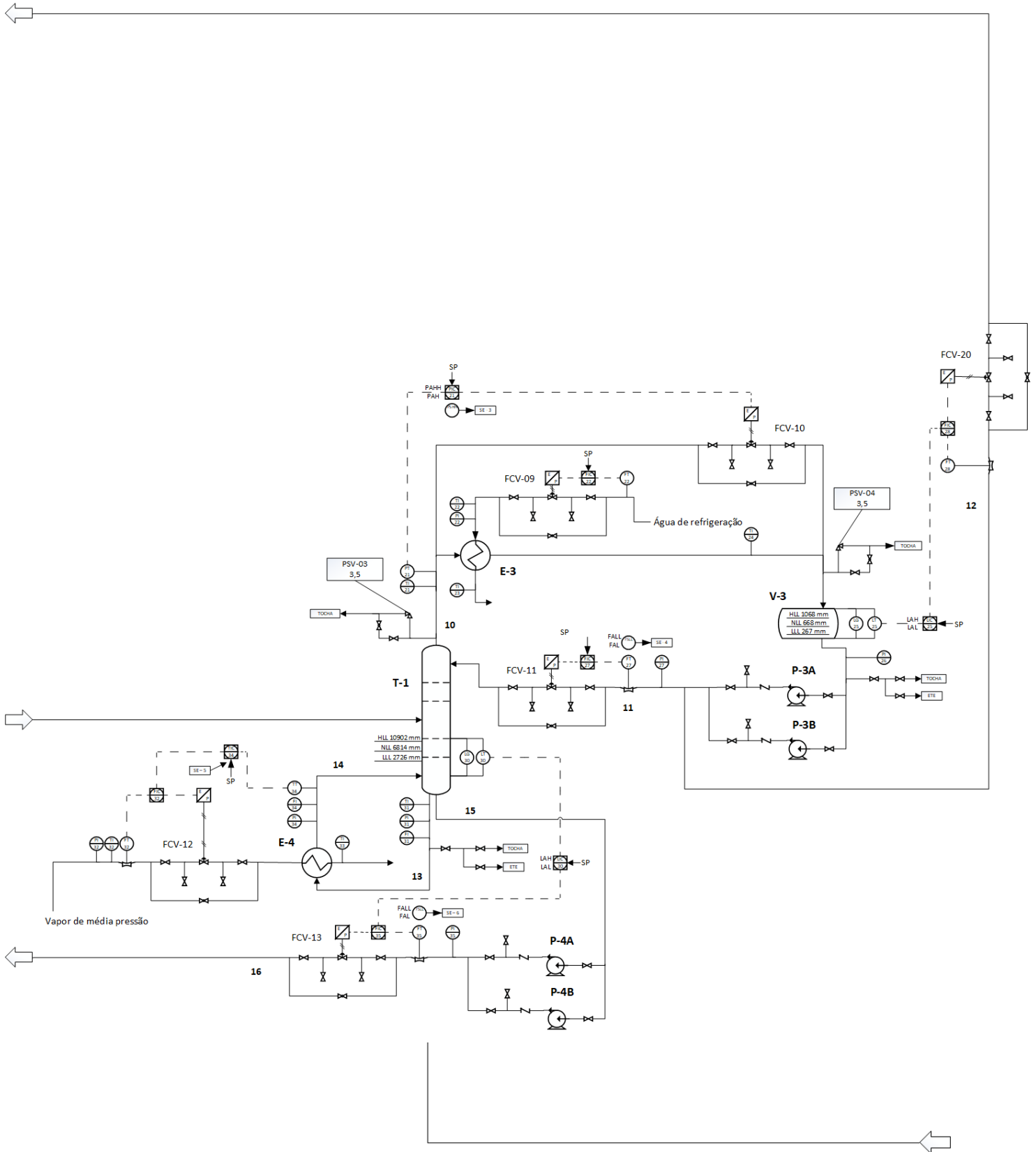
**Tabela 43.** Legenda para a leitura do diagrama P&ID

Equipamentos		Válvulas de controle			Válvulas de segurança
V-1: Vaso de alimentação de benzeno	E-3, E-5: Trocadores de calor (condensadores)	FCV-01	FCV-09	FCV-17	PSV-01
P-1, P-2: Bombas de alimentação	V-3, V-4: Vasos de refluxo	FCV-02	FCV-10	FCV-18	PSV-02
E-1: Trocador de calor (vaporizador)	P-3, P-5: Bombas de refluxo	FCV-03	FCV-11	FCV-19	PSV-03
H-1: Forno	E-4, E-6: Trocadores de calor (refervedores)	FCV-04	FCV-12	FCV-20	PSV-04
R-1: Reator PFR	P-4: Bomba de alimentação de T-2	FCV-05	FCV-13	FCV-21	PSV-05
E-2: Trocador de calor (resfriador)	P-6: Bomba de reciclo	FCV-06	FCV-14	FCV-22	PSV-06
V-2: Vaso <i>flash</i>		FCV-07	FCV-15		PSV-07
T-1, T-2: Colunas		FCV-08	FCV-16		









# ANEXO I: BALANÇOS DE MASSA E ENERGIA

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN				Balanços de calor e matéria	
	UNIDADE :	Balanços				Pág.	1 de 14
R e v	<b>BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA</b>						
1	<b>DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES</b>						
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO						
3	Nº DE CORRENTE						
4							
5	DESCRIÇÃO		1	2	3	4	
6	PRESSÃO (1)	kg/cm <sup>2</sup> g	-3,31E-03	1,09E+01	3,11E+01	3,11E+01	
7	TEMPERATURA	°C	41	25	27,39	38,84	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	8,20E+03	4,65E+03	4,65E+03	2,04E+04	
9	% VAPOR	%p	0,00	0,00	0,00	0,00	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
11	INCONDENSÁVEIS ( N2,...)	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	8,20E+03	4,65E+03	4,65E+03	2,04E+04	
15	AGUA LIVRE	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	8,20E+03	4,65E+03	4,65E+03	2,04E+04	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	1,31E+03	-3,10E+01	-2,52E+01	2,41E+03	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
21	<b>PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)</b>						
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm <sup>3</sup>	-	-	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T		-	-	-	-	
31	Cp / Cv		-	-	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
33	<b>PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)</b>						
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	9,59E+00	9,19E+00	9,15E+00	2,73E+01	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m <sup>3</sup> /h	9,30E+00	8,94E+00	8,94E+00	2,70E+01	
36	DENSIDADE @T	kg/m <sup>3</sup>	8,54E+02	5,06E+02	5,08E+02	7,48E+02	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m <sup>3</sup>	8,82E+02	5,20E+02	5,20E+02	7,56E+02	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	5,72E-01	1,38E-01	1,34E-01	3,80E-01	
39	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	1,10E-01	9,31E-02	9,31E-02	1,00E-01	
40	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	1,89E-01	3,93E-01	3,96E-01	2,34E-01	
41	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	2,56E+01	6,70E+00	6,41E+00	1,82E+01	
42	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-8,00E-01	1,48E+01	1,48E+01	5,26E+00	
43	ENTALPIA	Gcal/h	1,31E+00	-3,10E+01	-2,52E+01	2,41E+03	
44	<b>MISCELÂNEOS</b>						
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
52							
53							
54							
55							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN				Balanços de calor e matéria	
	UNIDADE :	Balanços				Pág.	2 de 14
R e v	<b>BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA</b>						
1	<b>DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES</b>						
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO						
3	Nº DE CORRENTE						
4							
5	DESCRİÇÃO						
6	PRESSÃO (1)	kg/cm <sup>2</sup> g	3,04E+01	3,04E+01	3,02E+01	1,47E+00	
7	TEMPERATURA	°C	212,6	350	350	328,8	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	2,04E+04	2,04E+04	2,04E+04	2,04E+04	
9	% VAPOR	%p	100,00	100,00	100,00	100,00	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	2,04E+04	2,04E+04	2,04E+04	2,04E+04	
11	INCONEENSÁVEIS ( N <sub>2</sub> ,...)	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
12	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	2,04E+04	2,04E+04	2,04E+04	2,04E+04	
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
15	ÁGUA LIVRE	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	5,38E+03	6,87E+03	4,55E+03	4,55E+03	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
21	<b>PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)</b>						
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	2,88E+02	4,69E+02	2,72E+02	4,35E+03	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C) (2)	Nm <sup>3</sup> /h	7,44E+03	7,44E+03	5,14E+03	5,14E+03	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	6,49E+01	6,49E+01	9,39E+01	9,39E+01	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m <sup>3</sup>	7,10E+01	4,35E+01	7,51E+01	4,70E+00	
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C) (2)	kg/Nm <sup>3</sup>	2,75E+00	2,75E+00	3,97E+00	5,14E+03	
27	VISCOSIDADE @T	cP	1,49E-02	1,79E-02	1,69E-02	1,38E-02	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	2,91E-02	4,21E+00	3,90E-02	3,48E-02	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	4,14E-01	2,10E+00	5,27E-01	5,09E-01	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T		6,97E-01	8,87E-01	7,40E-01	9,79E-01	
31	Cp / Cv		1,29E+00	1,11E+00	1,14E+00	1,05E+00	
32	ENTALPIA	Gcal/h	5,38E+03	6,87E+03	4,55E+03	4,55E+03	
33	<b>PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)</b>						
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	
36	DENSIDADE @T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	-	-	-	-	
39	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-	
40	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-	
41	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	-	-	-	
42	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-	-	-	-	
43	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-	
44	<b>MISCELÂNEOS</b>						
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
52	(2)	Condições standard de pressão e temperatura					
53							
54							
55							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

PROJETO : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN</b>		Balanços de calor e matéria				
UNIDADE : <b>Balanços</b>		Pág.	<b>3</b>	de	<b>14</b>	
R e v	<b>BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA</b>					
<b>DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES</b>						
1	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO					
2	Nº DE CORRENTE					
3		9	10	11	12	
4	DESCRIÇÃO	E-2 para V-2	Saída de topo de V-2	V-2 (fundo) para T-1	T-1 (topo) para E-3	
5						
6	PRESSÃO (1)	kg/cm2 g	7,51E-01	7,51E-01	7,51E-01	5,98E-01
7	TEMPERATURA	°C	90,00	90,00	90,00	92,62
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	2,04E+04	1,40E+03	1,90E+04	1,72E+04
9	% VAPOR	%p	10,71	100,00	0,00	100,00
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	1,40E+03	1,40E+03	0,00E+00	1,72E+04
11	INCONESSÁVEIS ( N2,...)	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	1,40E+03	1,40E+03	0,00E+00	1,72E+04
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	1,90E+04	0,00E+00	1,90E+04	0,00E+00
15	AGUA LIVRE	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	1,90E+04	0,00E+00	1,90E+04	0,00E+00
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	7,84E+02	1,18E+02	6,66E+02	4,46E+03
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-
21	<b>PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)</b>					
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m³/h	3,90E+02	3,90E+02	-	4,12E+03
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm³/h	5,51E+02	5,51E+02	-	5,34E+03
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	5,99E+01	5,99E+01	-	7,62E+01
25	DENSIDADE @P,T	kg/m³	3,58E+00	3,58E+00	-	4,18E+00
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm³	2,54E+00	2,54E+00	-	3,22E+00
27	VISCOSIDADE @T	cP	9,58E-03	9,58E-03	-	8,85E-03
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	1,70E-02	1,70E-02	-	1,35E-02
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	3,37E-01	3,37E-01	-	1,22E+00
30	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE @P,T		9,75E-01	9,72E-01	-	9,59E-01
31	Cp / Cv		1,11E+00	1,11E+00	-	1,10E+00
32	ENTALPIA	Gcal/h	1,18E+02	1,18E+02	-	4,46E+03
33	<b>PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)</b>					
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m³/h	2,37E+01	-	2,37E+01	-
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m³/h	2,20E+01	-	2,20E+01	-
36	DENSIDADE @T	kg/m³	8,02E+02	-	8,02E+02	-
37	DENSIDADE @15°C	kg/m³	8,64E+02	-	8,64E+02	-
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	3,95E-01	-	3,95E-01	-
39	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	1,00E-01	-	1,00E-01	-
40	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	3,37E-01	-	4,34E-01	-
41	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	1,98E+01	-	1,98E+01	-
42	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm² a	-4,75E-01	-	-4,75E-01	-
43	ENTALPIA	Gcal/h	6,66E+02	-	6,66E+02	-
44	<b>MISCELÂNEOS</b>					
45						
46						
47						
48						
49						
50	NOTAS :					
51	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais				
52						
53						
54						
55						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN</b>		Balanças de calor e matéria				
UNIDADE : <b>Balanços</b>		Pág.	<b>4</b>	de	<b>14</b>	
R e v	<b>BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA</b>					
1	<b>DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES</b>					
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO					
3	Nº DE CORRENTE		13	14	15	16
4	DESCRIÇÃO		P-3A para P-6A	P-6A para reciclo	Saída do reciclo	Refluxo de topo de T-1
5						
6	PRESSÃO (1)	kg/cm <sup>2</sup> g	2,41E-01	3,11E+01	3,11E+01	2,41E-01
7	TEMPERATURA	°C	40,13	41,70	41,79	40,13
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	7,54E+03	7,54E+03	7,56E+03	9,67E+03
9	% VAPOR	%p	0,00	0,00	0,00	0,00
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
11	INCONDENSÁVEIS ( N <sub>2</sub> ,...)	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	7,54E+03	7,54E+03	7,56E+03	9,67E+03
15	AGUA LIVRE	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	7,54E+03	7,54E+03	7,56E+03	9,67E+03
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	1,11E+03	1,11E+03	1,12E+03	1,42E+03
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-
21	<b>PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)</b>					
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm <sup>3</sup> /h	-	-	-	-
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	-	-	-
25	DENSIDADE @P,T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm <sup>3</sup>	-	-	-	-
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	-	-	-
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	-	-	-
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	-	-	-
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T		-	-	-	-
31	Cp / Cv		-	-	-	-
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	-	-	-
33	<b>PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)</b>					
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	8,98E+00	8,97E+00	9,01E+00	1,15E+01
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m <sup>3</sup> /h	8,73E+00	8,73E+00	8,76E+00	1,12E+01
36	DENSIDADE @T	kg/m <sup>3</sup>	8,40E+02	8,40E+02	8,40E+02	8,40E+02
37	DENSIDADE @15°C	kg/m <sup>3</sup>	8,64E+02	8,64E+02	8,64E+02	8,64E+02
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	5,46E-01	5,36E-01	5,36E-01	5,46E-01
39	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	1,08E-01	1,07E-01	1,07E-01	1,08E-01
40	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	1,95E-01	1,97E-01	1,97E-01	1,95E-01
41	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	2,46E+01	2,44E+01	2,44E+01	2,46E+01
42	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm <sup>2</sup> a	1,73E-01	1,73E-01	1,70E-01	1,73E-01
43	ENTALPIA	Gcal/h	1,11E+03	1,11E+03	1,12E+03	1,42E+03
44	<b>MISCELÂNEOS</b>					
45						
46						
47						
48						
49						
50	NOTAS :					
51	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais				
52						
53						
54						
55						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN				Balanços de calor e matéria	
	UNIDADE :	Balanços				Pág.	5 de 14
R e v	<b>BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA</b>						
1	<b>DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES</b>						
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO						
3	Nº DE CORRENTE		17	18	19	20	
4	DESCRIÇÃO		T-1 para E-4	Refluxo de fundo de T-1	T-1 para P-4A	P-4A para T-2	
5							
6	PRESSÃO (1)	kg/cm <sup>2</sup> g	8,04E-01	9,04E-01	9,04E-01	2,62E+00	
7	TEMPERATURA	°C	177,60	180,00	180,00	180,10	
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	4,32E+04	3,17E+04	1,15E+04	1,15E+04	
9	% VAPOR	%p	0,00	100,00	0,00	0,00	
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	0,00E+00	3,17E+04	0,00E+00	0,00E+00	
11	INCONDENSÁVEIS ( N <sub>2</sub> ,...)	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
12	VAPOR DE AGUA	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	0,00E+00	3,17E+04	0,00E+00	0,00E+00	
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h	4,32E+04	0,00E+00	1,15E+04	1,15E+04	
15	AGUA LIVRE	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	4,32E+04	0,00E+00	1,15E+04	1,15E+04	
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	-3,23E+02	2,06E+03	-7,84E+01	-7,76E+01	
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-	
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-	
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-	
21	<b>PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)</b>						
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	-	4,89E+03	-	-	
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm <sup>3</sup> /h	-	6,23E+03	-	-	
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	-	1,20E+02	-	-	
25	DENSIDADE @P,T	kg/m <sup>3</sup>	-	6,48E+00	-	-	
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm <sup>3</sup>	-	5,09E+00	-	-	
27	VISCOSIDADE @T	cP	-	8,58E-03	-	-	
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	1,98E-02	-	-	
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	4,31E-01	-	-	
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T		-	9,36E-01	-	-	
31	Cp / Cv		-	1,05E+00	-	-	
32	ENTALPIA	Gcal/h	-	2,06E+03	-	-	
33	<b>PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)</b>						
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	6,02E+01	-	1,61E+01	1,61E+01	
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m <sup>3</sup> /h	4,99E+01	-	1,33E+01	1,33E+01	
36	DENSIDADE @T	kg/m <sup>3</sup>	7,17E+02	-	7,15E+02	7,15E+02	
37	DENSIDADE @15°C	kg/m <sup>3</sup>	6,47E+01	-	8,64E+02	8,64E+02	
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	2,37E-01	-	2,34E-01	2,33E-01	
39	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	8,78E-02	-	8,74E-02	8,74E-02	
40	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	5,38E-01	-	5,40E-01	4,50E-01	
41	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	1,31E+01	-	1,29E+01	1,29E+01	
42	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-1,02E+00	-	-1,02E+00	-1,02E+00	
43	ENTALPIA	Gcal/h	-3,23E+02	-	-7,84E+01	-7,76E+01	
44	<b>MISCELÂNEOS</b>						
45							
46							
47							
48							
49							
50	NOTAS :						
51	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais					
52							
53							
54							
55							
	Rev.	Por					
	Data	Aprovado					

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN	Balanços de calor e matéria			
	UNIDADE :	Balanços	Pág.	6	de	14
R e v	<b>BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA</b>					
1	<b>DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES</b>					
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO		Destilação			
3	Nº DE CORRENTE		21	22	23	24
4	DESCRIÇÃO		T-2 para E-5 (topo)	Refluxo de topo de T-2	Saída de P-5A (CUMENO)	T-2 para E-6 (fundo)
5						
6	PRESSÃO (1)	kg/cm <sup>2</sup> g	2,41E-01	2,41E-01	2,41E-01	1,11E+00
7	TEMPERATURA	°C	161,97	161,93	161,93	195,20
8	VAZÃO TOTAL	kg/h	2,05E+04	9,26E+03	1,13E+04	1,94E+04
9	% VAPOR	%p	100,00	0,00	0,00	0,00
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h	2,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
11	INCONDENSÁVEIS ( N <sub>2</sub> ,...)	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
12	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
13	HIDROCARBONETOS	kg/h	2,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
14	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	0,00E+00	9,26E+03	1,13E+04	1,94E+04
15	ÁGUA LIVRE	kg/h	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
16	HIDROCARBONETOS	kg/h	0,00E+00	9,26E+03	1,13E+04	1,94E+04
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h	1,18E+03	-1,43E+02	-1,74E+02	-6,30E+02
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p	-	-	-	-
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%	-	-	-	-
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras	-	-	-	-
21	<b>PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)</b>					
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	4,71E+03	-	-	-
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm <sup>3</sup> /h	4,04E+03	-	-	-
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol	1,20E+02	-	-	-
25	DENSIDADE @P,T	kg/m <sup>3</sup>	4,36E+00	-	-	-
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm <sup>3</sup>	5,08E+00	-	-	-
27	VISCOSIDADE @T	cP	8,15E-03	-	-	-
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	1,83E-02	-	-	-
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	4,16E-01	-	-	-
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T		9,53E-01	-	-	-
31	Cp / Cv		1,05E+00	-	-	-
32	ENTALPIA	Gcal/h	1,18E+03	-	-	-
33	<b>PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)</b>					
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h	-	1,26E+01	1,54E+01	2,75E+01
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m <sup>3</sup> /h	-	1,07E+01	1,30E+01	2,25E+01
36	DENSIDADE @T	kg/m <sup>3</sup>	-	7,33E+02	7,33E+02	7,05E+02
37	DENSIDADE @15°C	kg/m <sup>3</sup>	-	8,65E+02	8,65E+02	8,63E+02
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt	-	2,62E-01	2,62E-01	2,22E-01
39	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C	-	9,11E-02	9,11E-02	9,11E-02
40	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C	-	5,21E-01	5,21E-01	5,56E-01
41	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm	-	1,45E+01	1,45E+01	1,21E+01
42	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-	-1,02E+00	-1,02E+00	-1,02E+00
43	ENTALPIA	Gcal/h	-	-1,43E+02	-1,74E+02	-6,30E+02
44	<b>MISCELÂNEOS</b>					
45						
46						
47						
48						
49						
50	NOTAS :					
51	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais				
52						
53						
54						
55						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN			Balanços de calor e matéria			
	UNIDADE :	Balanços			Pág.	7	de	14
R e v	<b>BALANÇOS DE CALOR E MATÉRIA</b>							
1	<b>DADOS DE OPERAÇÃO E VAZÕES</b>							
2	CASO DE OPERAÇÃO/DESENHO			Destilação				
3	Nº DE CORRENTE			25	26			
4	DESCRIÇÃO			Refluxo de	Saída de P-			
5				fundo de T-2	DIPB			
6	PRESSÃO (1)	kg/cm <sup>2</sup> g		1,11E+00	1,11E+00			
7	TEMPERATURA	°C		207,80	207,80			
8	VAZÃO TOTAL	kg/h		1,92E+04	2,24E+02			
9	% VAPOR	%p		100,00	0,00			
10	VAZÃO TOTAL DE VAPOR	kg/h		1,92E+04	0,00E+00			
11	INCONDENSÁVEIS ( N <sub>2</sub> ,...)	kg/h		0,00E+00	0,00E+00			
12	VAPOR DE AGUA	kg/h		0,00E+00	0,00E+00			
13	HIDROCARBONETOS	kg/h		1,92E+04	0,00E+00			
14	VAZÃO TOTAL DE LIQUIDO	kg/h		0,00E+00	2,24E+02			
15	AGUA LIVRE	kg/h		0,00E+00	0,00E+00			
16	HIDROCARBONETOS	kg/h		0,00E+00	2,24E+02			
17	ENTALPIA TOTAL	Gcal/h		7,74E+02	-1,25E+01			
18	COMPOSTOS CORROSIVOS, TÓXICOS	% p / ppm p		-	-			
19	SÓLIDOS : QUANTIDADE	%		-	-			
20	SÓLIDOS : DIAM. PARTÍCULA	Micras		-	-			
21	<b>PROPRIEDADES FASE VAPOR (Úmida)</b>							
22	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h		2,59E+03	-			
23	VAZÃO VOLUMÉTRICA @(1 atm, 0°C)	Nm <sup>3</sup> /h		3,46E+03	-			
24	PESO MOLECULAR	kg/kmol		1,31E+02	-			
25	DENSIDADE @P,T	kg/m <sup>3</sup>		7,40E+00	-			
26	DENSIDADE @(1 atm, 0°C)	kg/Nm <sup>3</sup>		5,55E+00	-			
27	VISCOSIDADE @T	cP		8,84E-03	-			
28	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C		2,10E-02	-			
29	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C		4,63E-01	-			
30	FATOR DE COMPRESIBILIDADE @P,T			9,30E-01	-			
31	Cp / Cv			1,04E+00	-			
32	ENTALPIA	Gcal/h		7,74E+02	-			
33	<b>PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para correntes de hidrocarbonetos)</b>							
34	VAZÃO VOLUMÉTRICA @P,T	m <sup>3</sup> /h		-	3,22E-01			
35	VAZÃO VOLUMÉTRICA @15 °C	m <sup>3</sup> /h		-	2,60E-01			
36	DENSIDADE @T	kg/m <sup>3</sup>		-	6,98E+02			
37	DENSIDADE @15°C	kg/m <sup>3</sup>		-	8,62E+02			
38	VISCOSIDADE CINEMÁTICA @T	cSt		-	2,14E-01			
39	CONDUCTIVIDADE TÉRMICA @T	kcal/h m °C		-	8,87E-02			
40	CALOR ESPECÍFICO @T	kcal/kg °C		-	5,68E-01			
41	TENSÃO SUPERFICIAL @P,T	dinas/cm		-	1,17E+01			
42	PRESSÃO DE VAPOR @T	kg/cm <sup>2</sup> a		-	-1,03E+00			
43	ENTALPIA	Gcal/h		-	-1,25E+01			
44	<b>MISCELÂNEOS</b>							
45								
46								
47								
48								
49								
50	NOTAS :							
51	(1)	A pressão e as propriedades dependentes serão confirmadas pela eng. de detalhe com hidráulicas/isométricas finais						
52								
53								
54								
55								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						



	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DA ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN						Balanço de calor e massa			
	UNIDADE :	Balanços						Pág.	8	de	14
R e v	<b>BALANÇO DE CALOR E MASSA</b>										
1	<b>COMPOSIÇÃO</b>										
2	Nº CORRENTE	1		2		3		4			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	<b>Benzeno</b>	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,10	63,25		
5	<b>Cumeno</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
6	<b>1,4-DIPB</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
7	<b>Propano</b>	0,00	0,00	5,00	4,78	5,00	4,78	1,61	2,37		
8	<b>Propileno/Propeno</b>	0,00	0,00	95,00	95,22	95,00	95,22	22,29	34,38		
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											
44	Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		
45	Vazão total seca (kg/h)	8,20E+03		4,65E+03		4,65E+03		2,04E+04			
46	Vazão total seca (kmol/h)	1,05E+02		1,10E+02		1,10E+02		3,15E+02			
47	Vazão total úmida (kg/h)	0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00			
48	Vazão total úmida (kmol/h)	0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00			
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DA ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN						Balanço de calor e massa			
	UNIDADE :	Balanços						Pág.	9	de	14
R	<b>BALANÇO DE CALOR E MASSA</b>										
e											
v											
1	<b>COMPOSIÇÃO</b>										
2	Nº CORRENTE	5		6		7		8			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	<b>Benzeno</b>	<b>76,10</b>	<b>63,25</b>	<b>76,10</b>	<b>63,25</b>	<b>39,29</b>	<b>47,23</b>	<b>39,29</b>	<b>47,23</b>		
5	<b>Cumeno</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>56,16</b>	<b>43,87</b>	<b>56,16</b>	<b>43,87</b>		
6	<b>1,4-DIPB</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,66</b>	<b>0,38</b>	<b>0,66</b>	<b>0,38</b>		
7	<b>Propano</b>	<b>1,61</b>	<b>2,37</b>	<b>1,61</b>	<b>2,37</b>	<b>1,61</b>	<b>3,43</b>	<b>1,61</b>	<b>3,43</b>		
8	<b>Propileno/Propeno</b>	<b>22,29</b>	<b>34,38</b>	<b>22,29</b>	<b>34,38</b>	<b>2,28</b>	<b>5,09</b>	<b>2,28</b>	<b>5,09</b>		
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	<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>		
45	Vazão total seca (kg/h)	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>		
46	Vazão total seca (kmol/h)	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>0,00E+00</b>		
47	Vazão total úmida (kg/h)	<b>2,04E+04</b>	<b>2,04E+04</b>	<b>2,04E+04</b>	<b>2,04E+04</b>	<b>2,04E+04</b>	<b>2,04E+04</b>	<b>2,04E+04</b>	<b>2,04E+04</b>		
48	Vazão total úmida (kmol/h)	<b>3,15E+02</b>	<b>3,15E+02</b>	<b>3,15E+02</b>	<b>3,15E+02</b>	<b>2,17E+02</b>	<b>2,17E+02</b>	<b>2,17E+02</b>	<b>2,17E+02</b>		
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DA ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN						Balanço de calor e massa			
	UNIDADE :	Balanços						Pág.	10	de	14
R	<b>BALANÇO DE CALOR E MASSA</b>										
e											
v											
1	<b>COMPOSIÇÃO</b>										
2	Nº CORRENTE	9		10		11		12			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	<b>Benzeno</b>	<b>39,29</b>	<b>47,23</b>	<b>50,82</b>	<b>38,99</b>	<b>38,44</b>	<b>48,22</b>	<b>96,98</b>	<b>94,63</b>		
5	<b>Cumeno</b>	<b>56,16</b>	<b>43,87</b>	<b>8,58</b>	<b>4,28</b>	<b>59,65</b>	<b>48,62</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
6	<b>1,4-DIPB</b>	<b>0,66</b>	<b>0,38</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,71</b>	<b>0,43</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
7	<b>Propano</b>	<b>1,61</b>	<b>3,43</b>	<b>16,65</b>	<b>22,63</b>	<b>0,51</b>	<b>1,12</b>	<b>1,28</b>	<b>2,21</b>		
8	<b>Propileno/Propeno</b>	<b>2,28</b>	<b>5,09</b>	<b>23,93</b>	<b>34,09</b>	<b>0,69</b>	<b>1,61</b>	<b>1,74</b>	<b>3,16</b>		
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	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		
45	Vazão total seca (kg/h)	1,90E+04		0,00E+00		1,90E+04		0,00E+00			
46	Vazão total seca (kmol/h)	1,94E+02		0,00E+00		1,94E+02		0,00E+00			
47	Vazão total úmida (kg/h)	1,40E+03		1,40E+03		0,00E+00		1,72E+04			
48	Vazão total úmida (kmol/h)	2,33E+01		2,33E+01		0,00E+00		2,26E+02			
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

PROJETO :		PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DA ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN						Balanço de calor e massa			
UNIDADE :		Balanços						Pág.	11	de	14
R	<b>BALANÇO DE CALOR E MASSA</b>										
e											
v											
1	<b>COMPOSIÇÃO</b>										
2	Nº CORRENTE	13		14		15		16			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	<b>Benzeno</b>	<b>96,98</b>	<b>94,63</b>	<b>96,98</b>	<b>94,63</b>	<b>96,99</b>	<b>94,65</b>	<b>96,98</b>	<b>94,63</b>		
5	<b>Cumeno</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
6	<b>1,4-DIPB</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
7	<b>Propano</b>	<b>1,28</b>	<b>2,21</b>	<b>1,28</b>	<b>2,21</b>	<b>1,27</b>	<b>2,20</b>	<b>1,28</b>	<b>2,21</b>		
8	<b>Propileno/Propeno</b>	<b>1,74</b>	<b>3,16</b>	<b>1,74</b>	<b>3,16</b>	<b>1,74</b>	<b>3,15</b>	<b>1,74</b>	<b>3,16</b>		
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	<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>		
45	Vazão total seca (kg/h)	<b>7,54E+03</b>		<b>7,54E+03</b>		<b>7,57E+03</b>		<b>9,67E+03</b>			
46	Vazão total seca (kmol/h)	<b>9,89E+01</b>		<b>9,89E+01</b>		<b>9,92E+01</b>		<b>1,27E+02</b>			
47	Vazão total úmida (kg/h)	<b>0,00E+00</b>		<b>0,00E+00</b>		<b>0,00E+00</b>		<b>0,00E+00</b>			
48	Vazão total úmida (kmol/h)	<b>0,00E+00</b>		<b>0,00E+00</b>		<b>0,00E+00</b>		<b>0,00E+00</b>			
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DA ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN						Balanço de calor e massa			
	UNIDADE :	Balanços						Pág.	12	de	14
R e v	<b>BALANÇO DE CALOR E MASSA</b>										
1	<b>COMPOSIÇÃO</b>										
2	Nº CORRENTE	17		18		19		20			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	<b>Benzeno</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>		
5	<b>Cumeno</b>	<b>99,41</b>	<b>99,54</b>	<b>99,63</b>	<b>99,70</b>	<b>98,81</b>	<b>99,11</b>	<b>98,81</b>	<b>99,11</b>		
6	<b>1,4-DIPB</b>	<b>0,57</b>	<b>0,42</b>	<b>0,34</b>	<b>0,25</b>	<b>1,18</b>	<b>0,88</b>	<b>1,18</b>	<b>0,88</b>		
7	<b>Propano</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
8	<b>Propileno/Propeno</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
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	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		
45	Vazão total seca (kg/h)	4,32E+04		0,00E+00		1,15E+04		1,15E+04			
46	Vazão total seca (kmol/h)	3,59E+02		0,00E+00		9,52E+01		9,52E+01			
47	Vazão total úmida (kg/h)	0,00E+00		3,17E+04		0,00E+00		0,00E+00			
48	Vazão total úmida (kmol/h)	0,00E+00		2,64E+02		0,00E+00		0,00E+00			
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DA ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BEN						Balanço de calor e massa			
	UNIDADE :	Balanços						Pág.	13	de	14
R e v	<b>BALANÇO DE CALOR E MASSA</b>										
1	<b>COMPOSIÇÃO</b>										
2	Nº CORRENTE	21		22		23		24			
3	Componente / pseudocomp.	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol	% peso	% mol		
4	<b>Benzeno</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
5	<b>Cumeno</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>	<b>67,52</b>	<b>73,73</b>		
6	<b>1,4-DIPB</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>32,48</b>	<b>26,27</b>		
7	<b>Propano</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
8	<b>Propileno/Propeno</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
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	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		
45	Vazão total seca (kg/h)	0,00E+00		9,26E+03		1,13E+04		1,94E+04			
46	Vazão total seca (kmol/h)	0,00E+00		7,71E+01		9,37E+01		1,48E+02			
47	Vazão total úmida (kg/h)	2,05E+04		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00			
48	Vazão total úmida (kmol/h)	1,71E+02		0,00E+00		0,00E+00		0,00E+00			
49	NOTAS :										
50											
51											
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
	Rev.	Por									
	Data	Aprovado									

## ANEXO II: TROCADORES DE CALOR

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO		EQUIPAMENTO		E-1	
UNIDADE :		TROCADOR DE CALOR E-1		Pág.		de	
Rev	<b>TROCADORES DE CALOR</b>						
<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>							
1							
2	EQUIPAMENTO Nº	E-1					
3	CASO DE DESENHO	Aquecedor da corrente de entrada do Forno H-1					
4	SERVIÇO	Aquecimento com mudança de fase					
5	TIPO ( casco-tubos / placas / tubo duplo)	casco-tubos	TIPO TEMA			AEU	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal	Circulação (Termosif., forçada)			Forçada	
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS	Em série / paralelo					
<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>							
9	LADO	CASCO		TUBOS			
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-	-	-
11	NATUREZA	Vapor de Água		Mistura de Hidrocarbonetos			
12		Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	7359	7359	20420	20420	20420
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	7359	7359	-	-	20420
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	-
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	7359	7359	-	-	-
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	-	20420
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	20420	-	-
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	-
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	20420	-	-
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	Peso molecular	kg/kmol	18,02	18,02	-	-	64,92
23	Densidade @P,T	Kg/m3	21,26	21,26	-	-	71
24	Viscosidade @T	cP	0,017	0,017	-	-	0,01487
25	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	0,0138	0,0138	-	-	0,0291683
26	Calor específico @T	kcal/kg °C	0,98	0,98	-	-	0,414
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hi-						
28	Densidade @P,T	kg/m3	-	-	747,6	-	-
29	Viscosidade @T	cSt	-	-	0,38	-	-
30	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	-	-	0,1	-	-
31	Calor específico @T	kcal/kg °C	-	-	0,234507	-	-
32	Tensão superficial @P,T	dinas/cm	-	-	18,2	-	-
33	TEMPERATURA	°C	254	254	38,84	-	212,6
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	43,2		31,09		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,05		0,05		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	0,00015		0,00015		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	2,96735105		2,96735105		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,10		0,10		
40	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO		47,52	284	34,20	243	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO		-	-	-	-	
44	À MÍNIMA TEMPERATURA		-	-	-	-	
45			-	-	-	-	
46	FLUSHING OU STEAM OUT						
47	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)</b>						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (polegada)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)		-		
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (polegada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)		14		
50	COMPRIMENTO TUBOS (pés)	20	PITCH (polegada) / TIPO		1		
51	VEL. MÁX. / MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	VEL. MÁX. / MÍN. PERM. CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Área de troca térmica: 40,56 m²					
54	(2)	Número de tubos: 111					
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 CUMENO			EQUIPAMENTO	E-2	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR E-2			Pág.	de	
Rev	<b>TROCADORES DE CALOR</b>						
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>						
2	EQUIPAMENTO Nº						E-2
3	CASO DE DESENHO						Resfriamento da corrente de entrada do vaso V-1
4	SERVIÇO						Resfriamento com mudança de fase
5	TIPO ( casco-tubos / placas / tubo duplo)	casco-tubos	TIPO TEMA		AES		
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal	Circulação (Termosif., forçada)		Forçada		
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS						Em série / paralelo
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-		
11	NATUREZA	Água de Refrigeração			Mistura de Hidrocarbonetos		
12		Entrada	Saída	Entrada	Saída		
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	252181,77	252181,77	20420	20420	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	-	-	20420	2187	
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-	
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	2187	
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	252181,77	252181,77	-	18233	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	252181,77	252181,77	-	-	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	18233	
21	PRÓPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	Peso molecular	kg/kmol	-	-	93,9	-	
23	Densidade @P,T	Kg/m3	-	-	4,696	-	
24	Viscosidade @T	cP	-	-	0,01382	-	
25	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	-	-	0,0348	-	
26	Calor específico @T	kcal/kg °C	-	-	0,50907	-	
27	PRÓPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	Densidade @P,T	kg/m3	995,83	990,395	-	49,32	
29	Viscosidade @T	cSt	0,8	0,6019	-	-	
30	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	0,53	0,549	-	-	
31	Calor específico @T	kcal/kg °C	0,983	0,9667	-	0,44645	
32	Tensão superficial @P,T	dinas/cm	-	-	-	19,82	
33	TEMPERATURA	°C	30	45	328,8	90	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	5,26		1,465		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,200		0,70		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	0,0003		0,00015		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	3,77137834		3,77137834		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,22		1,00		
40	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	5,786	60	1,6115	350	
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	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)</b>						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (polegada)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)		-		
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (polegada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)		14		
50	COMPRIMENTO TUBOS (pés)	20	PITCH (polegada) / TIPO		1		
51	VEL. MÁX. / MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	VEL. MÁX. / MÍN. PERM. CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Área de troca térmica: 39,19 m²					
54	(2)	Número de tubos: 107					
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 CUMENO			EQUIPAMENTO	E-3	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR E-3			Pág.		de
Rev	<b>TROCADORES DE CALOR</b>						
<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>							
1	EQUIPAMENTO Nº						
2	E-3						
3	CASO DE DESENHO						
4	Condensador da T-1						
5	SERVIÇO						
6	Resfriamento com mudança de fase						
7	TIPO ( casco-tubos / placas / tubo duplo)	casco-tubos		TIPO TEMA		AES	
8	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)		Forçada	
9	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS			Em série / paralelo			
<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>							
10	LADO	CASCO			TUBOS		
11	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-			-		
12	NATUREZA	Água de Refrigeração			Mistura de Hidrocarbonetos		
13		Entrada		Saída		Entrada	
14	VAZÃO TOTAL	kg/h	129594,12	129594,12	17210	17210	
15	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	-	-	17210	-	
16	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
17	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-	
18	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	17210	-	
19	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	129594,12	129594,12	-	17210	
20	ÁGUA LIVRE	kg/h	129594,12	129594,12	-	-	
21	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	17210	
22	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
23	Peso molecular	kg/kmol	-	-	76,221	-	
24	Densidade @P,T	Kg/m3	-	-	4,1802	-	
25	Viscosidade @T	cP	-	-	0,00885	-	
26	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	-	-	0,0135	-	
27	Calor específico @T	kcal/kg °C	-	-	0,322	-	
28	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
29	Densidade @P,T	kg/m3	995,83	990,395	-	839,82	
30	Viscosidade @T	cSt	0,8	0,6019	-	0,54556	
31	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	0,53	0,549	-	0,107647	
32	Calor específico @T	kcal/kg °C	0,983	0,9667	-	0,386	
33	Tensão superficial @P,T	dinas/cm	-	-	-	24,565	
34	TEMPERATURA	°C	30	45	92,62	40,13	
35	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	5,26		0,5983		
36	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,2		0,05		
37	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	0,0003		0,00015		
38	CALOR TROCADO	Gcal/h	1,93808004		1,93808004		
39	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
40	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,22		0,15		
<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>							
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	5,79	60	0,66	120	
43	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
44	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
45	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)</b>							
46	MÁX. DIÂMETRO CASCO (polegada)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)			-	
47	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (polegada)	3/4	MÍNIMO ESPESURA (BWG)			14	
48	COMPRIMENTO TUBOS (pés)	20	PITCH (polegada) / TIPO			1	
49	VEL. MÁX./MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	VEL. MÁX./MÍN. PERM. CASCO (m/s)				
50	NOTAS :						
51	(1)	Área de troca térmica: 183,41 m²					
52	(2)	Número de tubos: 503					
53							
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 CUMENO			EQUIPAMENTO	E-4	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR E-4			Pág.		de
Rev	<b>TROCADORES DE CALOR</b>						
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>						
2	EQUIPAMENTO Nº						E-4
3	CASO DE DESENHO						Reboiler da T-1
4	SERVIÇO						Aquecimento com mudança de fase
5	TIPO ( casco-tubos / placas / tubo duplo)	casco-tubos	TIPO TEMA			AKT	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal	Circulação (Termosif., forçada)			Forçada	
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS						Em série / paralelo
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>						
9	LADO	CASCO			TUBOS		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-	-	
11	NATUREZA	Vapor de Água			Mistura de Hidrocarbonetos		
12		Entrada	Saída	Entrada	Saída		
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	4828	4828	43190	43190	
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	4828	4828	-	43190	
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	4828	4828	-	-	
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	43190	
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	43190	-	
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-	
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	43190	-	
21	PRÓPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
22	Peso molecular	kg/kmol	18,02	18,02	-	120,28	
23	Densidade @P,T	Kg/m3	5,8	5,8	-	6,4813	
24	Viscosidade @T	cP	0,015	0,015	-	0,00858	
25	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	0,0138	0,0138	-	0,02	
26	Calor específico @T	kcal/kg °C	1,9665	1,9665	-	0,45257	
27	PRÓPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
28	Densidade @P,T	kg/m3	-	-	717,34	-	
29	Viscosidade @T	cSt	-	-	0,23701	-	
30	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	-	-	0,088	-	
31	Calor específico @T	kcal/kg °C	-	-	0,554	-	
32	Tensão superficial @P,T	dinas/cm	-	-	13,083	-	
33	TEMPERATURA	°C	185,5	185,5	177,6	180	
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	11,57		0,8042		
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,05		0,05		
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	0,00015		0,00015		
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	2,299609288		2,299609288		
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,1		0,1		
40	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>						
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	12,73	215	0,88	210	
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	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)</b>						
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (polegada)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)			-	
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (polegada)	3/4	MÍNIMO ESPESURA (BWG)			14	
50	COMPRIMENTO TUBOS (pés)	20	PITCH (polegada) / TIPO			1	
51	VEL. MÁX./MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	VEL. MÁX./MÍN. PERM. CASCO (m/s)				
52	NOTAS :						
53	(1)	Área de troca térmica: 499,63 m²					
54	(2)	Número de tubos: 1369					
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 CUMENO			EQUIPAMENTO	E-5	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR E-5			Pág.		de
Rev	<b>TROCADORES DE CALOR</b>						
<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>							
1	EQUIPAMENTO Nº						
2	E-5						
3	CASO DE DESENHO						
4	Condensador da T-2						
5	SERVIÇO						
6	Resfriamento com mudança de fase						
7	TIPO ( casco-tubos / placas / tubo duplo)	Tubo Duplo		TIPO TEMA		-	
8	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal		Circulação (Termosif., forçada)		Forçada	
9	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS			Em série / paralelo			
<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>							
10	LADO	TUBO EXTERNO			TUBO INTERNO		
11	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-			-		
12	NATUREZA	Água de Refrigeração			Mistura de Hidrocarbonetos		
13		Entrada		Saída		Entrada	
14		Saída		Entrada		Saída	
15	VAZÃO TOTAL	kg/h	100319,15	100319,15	20520	20520	
16	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	-	-	20520	-	
17	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-	
18	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-	
19	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	20520	-	
20	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	100319,15	100319,15	-	20520	
21	ÁGUA LIVRE	kg/h	100319,15	100319,15	-	-	
22	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	-	20520	
23	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)						
24	Peso molecular	kg/kmol	-	-	120,19	-	
25	Densidade @P,T	Kg/m3	-	-	4,356	-	
26	Viscosidade @T	cP	-	-	0,00815	-	
27	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	-	-	0,018	-	
28	Calor específico @T	kcal/kg °C	-	-	0,436	-	
29	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)						
30	Densidade @P,T	kg/m3	995,83	990,395	-	733,35	
31	Viscosidade @T	cSt	0,8	0,6019	-	0,26167	
32	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	0,53	0,549	-	0,0912	
33	Calor específico @T	kcal/kg °C	0,983	0,9667	-	0,44645	
34	Tensão superficial @P,T	dinas/cm	-	-	-	14,461	
35	TEMPERATURA	°C	30	45	161,97	161,93	
36	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	5,26		0,2414		
37	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,2		0,05		
38	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	0,0003		0,00015		
39	CALOR TROCADO	Gcal/h	1,5		1,5		
40	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110		
41	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,22		0,15		
<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>							
42	CONDIÇÕES DE ...		Pressão	Temperatura	Pressão	Temperatura	
43	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	5,79	60	0,27	190	
44	PROJETO MECÂNICO A VAZIO	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
45	À MÍNIMA TEMPERATURA	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
46	FLUSHING OU STEAM OUT	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-	
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)</b>							
47	MÁX. DIÂMETRO CASCO (polegada)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)			-	
48	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (polegada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)			14	
49	COMPRIMENTO TUBOS (pés)	20	PITCH (polegada) / TIPO			1	
50	VEL. MÁX./MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	VEL. MÁX./MÍN. PERM. CASCO (m/s)				
51	NOTAS :						
52	(1)	Área de troca térmica: 17,46 m²					
53							
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 CUMENO	EQUIPAMENTO	E-6	
	UNIDADE :	TROCADOR DE CALOR E-6	Pág.		de
Rev	<b>TROCADORES DE CALOR</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>				
2	EQUIPAMENTO Nº	E-6			
3	CASO DE DESENHO	Reboiler da T-2			
4	SERVIÇO	Aquecimento com mudança de fase			
5	TIPO ( casco-tubos / placas / tubo duplo)	casco-tubos	TIPO TEMA	AKT	
6	DISPOSIÇÃO (Horiz. / Vert.)	Horizontal	Circulação (Termosif., forçada)	Forçada	
7	NÚMERO DE CARÇAÇAS ESTIMADAS		Em série / paralelo		
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
9	LADO	CASCO		TUBOS	
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)	-	-	-	-
11	NATUREZA	Vapor de Água		Mistura de Hidrocarbonetos	
12		Entrada	Saída	Entrada	Saída
13	VAZÃO TOTAL	kg/h	3453	3453	19410
14	VAZÃO TOTAL DE VAPOR ÚMIDO	kg/h	3453	3453	19410
15	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-
16	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	3453	3453	-
17	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	19410
18	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	19410
19	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-
20	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	19410
21	PROPRIEDADES FASE VAPOR (Húmida)				
22	Peso molecular	kg/kmol	18,02	18,02	131,13
23	Densidade @P,T	kg/m3	21,26	21,26	7,4043
24	Viscosidade @T	cP	0,017	0,017	0,00884
25	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	0,0138	0,0138	0,021
26	Calor específico @T	kcal/kg °C	0,98	0,98	0,4827
27	PROPRIEDADES FASE LÍQUIDA (Seca para hidroc.)				
28	Densidade @P,T	kg/m3	-	-	705,1
29	Viscosidade @T	cSt	-	-	0,22159
30	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	-	-	0,087746
31	Calor específico @T	kcal/kg °C	-	-	0,57133
32	Tensão superficial @P,T	dinas/cm	-	-	12,091
33	TEMPERATURA	°C	264	264	195,18
34	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	43,2		1,1082
35	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	0,05		0,05
36	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	0,00015		0,00015
37	CALOR TROCADO	Gcal/h	1,3915168		1,3915168
38	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	110		110
39	PERDA DE CARGA PERMIT. A VAZÃO MÁX.	kg/cm2	0,1		0,1
40	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>				
41	CONDIÇÕES DE...		Pressão	Temperatura	Pressão
42	PROJETO MECÂNICO	kg/cm2 g ; °C	47,52	284	1,22
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	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y LIMITACIONES NO PROJETO TÉRMICO (1)</b>				
48	MÁX. DIÂMETRO CASCO (polegada)	60	MÁXIMO PESO DO FEIXE (10-20 t)		-
49	DIÂMETRO EXTERIOR TUBOS (polegada)	3/4	MÍNIMO ESPESSURA (BWG)		14
50	COMPRIMENTO TUBOS (pés)	20	PITCH (polegada) / TIPO		1
51	VEL. MÁX./ MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	VEL. MÁX./ MÍN. PERM. CASCO (m/s)		
52	NOTAS :				
53	(1)	Área de troca térmica: 38,34 m²			
54	(2)	Número de tubos: 105			
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			

## ANEXO III – COLUNAS, PRATOS E RECHEIOS

	PROJETO	PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO nº	T-1	
	UNIDADE :	Destilação			Pág.	1	de 2
R e v	<b>VASOS VERTICAIS</b>						
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>						
2	EQUIPAMENTO Nº	T-1					
3	SERVIÇO	Coluna de destilação de pratos para separação de benzeno					
4	CONDIÇÕES	PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> g)		TEMPERATURA (°C)			
5	POSIÇÃO (1)	Topo	Fundo	Topo	Fundo		
6	DE OPERAÇÃO NORMAL	5,98E-01	8,04E-01	92,62	177,60		
7	DE DESENHO MECÂNICO	3,50E+00	3,50E+00	122,62	207,60		
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 VAPORES/INERTIZADO	-	-	-	-		
12	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO</b>						
13	FLUÍDO	Hidrocarbonetos					
14	COMPOSTOS. CORROSIVOS	-					
15	TEOR (% / ppm p)	-					
16	DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m <sup>3</sup> )	-					
17	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m <sup>3</sup> )	-					
18	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)	-					
19	<b>MATERIAL</b>						
20		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico			
21	Envolvente	Aço carbono	3 mm	-			
22	Fundo	Aço carbono	3 mm	-			
23	Internos	Aço carbono	3 mm	-			
24	Pratos	Aço carbono	3 mm	-			
25	Isolamento	-					
26	<b>CONEXÕES</b>						
27	SIGLA	Nº	DIA (")	FLANGE	Serviço		
28	A				Entrada da alimentação		
29	B				Saída do produto de topo		
30	C				Saída do produto de fundo		
31	D				Indicador de nível		
32	E				Entrada do refluxo de topo		
33	F				Entrada do refluxo de fundo		
34	G				Válvula de segurança		
35							
36							
37							
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					

ESQUEMA

1,5 m

0,91 m

0,55 m

6,13 m

35,7 m

A

B

C

D

E

F

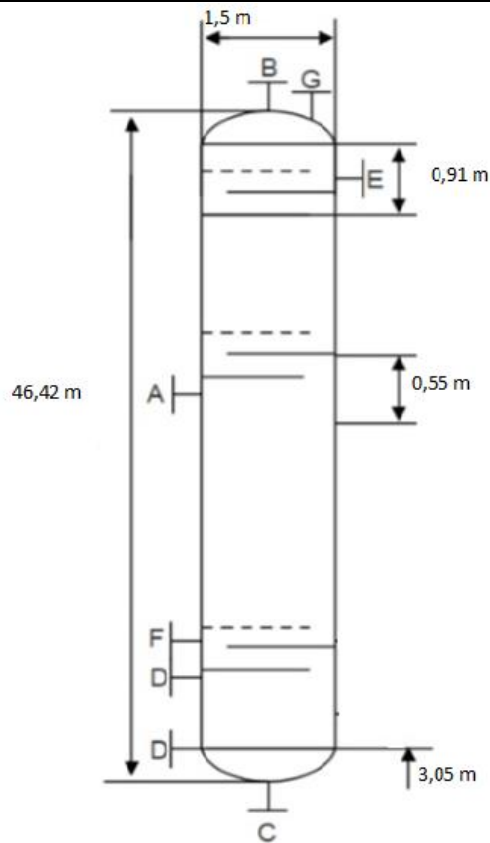
G

Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...



	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO nº	T-1	
	UNIDADE :				Pág.	2	de 2
R e v	<b>PRATOS / RECHEIOS</b>						
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>						
2	EQUIPAMENTO Nº	T-1					
3	SERVIÇO / CASO DE DESENHO :	Coluna de destilação de pratos para separação de benzeno					
4	<b>SEÇÕES DE FRACIONAMENTO (1)</b>						
5	SEÇÃO		<b>Enriquecimento</b>			<b>Esgotamento</b>	
6	DE PRATO REAL / A PRATO REAL		DE 1	A 38	DE 40	A 75	
7	PRESSÃO, P	Kg/cm <sup>2</sup> g	0,5983	0,6995	0,7065	0,8042	
8	PERDA DE PRESSÃO ADMISSÍVEL	kg/cm <sup>2</sup>	200			200	
9	NÚMERO DE PRATOS TEÓRICOS	-	30			19	
10	CALOR RETIRADO NA SEÇÃO (2)	Gcal/h	-			-	
11	<b>VAPOR AO PRATO (TOPO, ALIMENTAÇÃO E FUNDO nesta sequência)</b>						
12	VAZÃO MÁSSICA	kg/h	2,35E+04	2,90E+04	4,20E+04	-	-
13	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m <sup>3</sup> /h	4,12E+03	4,28E+03	5,20E+03	-	-
14	DENSIDADE @ P,T	Kg/m <sup>3</sup>	5,72E+00	6,77E+00	8,08E+00	-	-
15	VISCOSIDADE @ T	cP	3,17E-01	8,85E-03	1,70E-01	-	-
16	TEMPERATURA, T	°C	92,62	90,00	177,60	-	-
17	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%	60/120	60/120	60/120	-	-
18	<b>LÍQUIDO DO PRATO (TOPO, ALIMENTAÇÃO E FUNDO nesta sequência)</b>						
19	VAZÃO MÁSSICA	kg/h	1,17E+04	3,27E+04	4,32E+04	-	-
20	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m <sup>3</sup> /h	1,48E+01	4,15E+01	6,02E+01	-	-
21	DENSIDADE @ T	Kg/m <sup>3</sup>	7,96E+02	7,88E+02	7,17E+02	-	-
22	VISCOSIDADE @ T	cSt	2,12E+00	3,95E-01	2,37E-01	-	-
23	TENSÃO SUPERFICIAL @ P,T	Dinas/cm	-	1,98E+01	1,31E+01	-	-
24	TEMPERATURA, T	°C	92,62	90,00	177,60	-	-
25	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%	60/120	60/120	60/120	-	-
26	<b>CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA</b>						
27	SYSTEM ( FOAMING) FACTOR	-	-			-	
28	TENDÊNCIA AO FOULING (baixo/moderado/alto)	-	BAIXO			BAIXO	
29	COMP. CORROSIVOS / TEOR	% p / ppm p	-			-	
30	<b>LIMITAÇÕES EM PROJETO DE PRATOS (3)</b>						
31	JET FLOODING, MÁX.	%	-			-	
32	DOWNCOMER BACKUP, MÁX.	%	-			-	
33	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS (4)</b>						
34	DIÂMETRO INTERIOR DA COLUNA	mm	1500,00				
35	NÚMERO DE PRATOS	-	38			36	
36	DISTÂNCIA ENTRE PRATOS	mm	550				
37	NÚMERO DE PASSES POR PRATO	-	1			1	
38	TIPO DE PRATO (Perforado, válvulas,...)	-	Valvulados			Valvulados	
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	PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO nº	T-2
UNIDADE :	Destilação			Pág.	1 de 2
R e v	<b>VASOS VERTICAIS</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>					
1	EQUIPAMENTO Nº T-2				
2	SERVIÇO Coluna de destilação de pratos para separação de cumeno e P-DIPB				
3	CONDIÇÕES				
4	PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> g)		TEMPERATURA (°C)		
5	POSIÇÃO (1)	Topo	Fundo	Topo	Fundo
6	DE OPERAÇÃO NORMAL	2,41E+01	1,11E+00	161,90	207,80
7	DE DESENHO MECÂNICO	3,50E+00	3,50E+00	191,90	237,80
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	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO</b>			<b>ESQUEMA</b>	
13	FLUÍDO	Hidrocarbonetos			
14	COMPOSTOS. CORROSIVOS	-			
15	TEOR (% / ppm p)	-			
16	DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m3)	-			
17	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m3)	-			
18	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)	-			
19	<b>MATERIAL</b>				
20		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	
21	Envolvente	Aço carbono	3 mm	-	
22	Fundo	Aço carbono	3 mm	-	
23	Internos	Aço carbono	3 mm	-	
24	Pratos	Aço carbono	3 mm	-	
25	Isolamento	-			
26	<b>CONEXÕES</b>				
27	SIGLA	Nº	DIA (")	FLANGE	Serviço
28	A				Entrada da alimentação
29	B				Saída do produto de topo
30	C				Saída do produto de fundo
31	D				Indicador de nível
32	E				Entrada do refluxo de topo
33	F				Entrada do refluxo de fundo
34	G				Válvula de segurança
35					
36					
37					
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			



Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO nº	T-2			
	UNIDADE :	Destilação			Pág.	2	de 2		
R e v	<b>PRATOS / RECHEIOS</b>								
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>								
2	EQUIPAMENTO Nº	T-2							
3	SERVIÇO / CASO DE DESENHO :	Destilação em pratos para separação do cumeno e p-DIPB							
4	<b>SEÇÕES DE FRACIONAMENTO (1)</b>								
5	SEÇÃO	<b>Enriquecimento</b>			<b>Esgotamento</b>				
6	DE PRATO REAL / A PRATO REAL	DE	1	A	93	DE	95	A	113
7	PRESSÃO, P	Kg/cm <sup>2</sup> g	0,2414	0,9994	1,013	1,108			
8	PERDA DE PRESSÃO ADMISSÍVEL	kg/cm <sup>2</sup>	2,00E+02			2,00E+02			
9	NÚMERO DE PRATOS TEÓRICOS	-	74			15			
10	CALOR RETIRADO NA SEÇÃO (2)	Gcal/h	-			-			
11	<b>VAPOR AO PRATO (TOPO, ALIMENTAÇÃO E FUNDO nesta sequência)</b>								
12	VAZÃO MÁSSICA	kg/h	2,05E+04	1,95E+04	1,96E+04	-			
13	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m <sup>3</sup> /h	4,71E+03	2,87E+03	2,69E+03	-			
14	DENSIDADE @ P,T	Kg/m <sup>3</sup>	4,36E+00	6,81E+00	7,28E+00	-			
15	VISCOSIDADE @ T	cP	8,15E-03	1,67E-01	1,52E-01	-			
16	TEMPERATURA, T	°C	161,97	180,11	195,18	-			
17	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%	60/120	60/120	60/120	-			
18	<b>LÍQUIDO DO PRATO (TOPO, ALIMENTAÇÃO E FUNDO nesta sequência)</b>								
19	VAZÃO MÁSSICA	kg/h	9,22E+03	1,99E+04	1,94E+04	-			
20	VAZÃO VOLUMÉTRICA @ P,T	m <sup>3</sup> /h	1,26E+01	2,79E+01	2,75E+01	-			
21	DENSIDADE @ T	Kg/m <sup>3</sup>	7,33E+02	7,13E+02	7,05E+02	-			
22	VISCOSIDADE @ T	cSt	1,87E+00	2,33E-01	2,22E-01	-			
23	TENSÃO SUPERFICIAL @ P,T	Dinas/cm	-	1,29E+01	1,29E+01	-			
24	TEMPERATURA, T	°C	161,97	180,11	195,18	-			
25	VAZÃO DE OPERAÇÃO MÁX. / MÍN.	%	60/120	60/120	60/120	-			
26	<b>CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA</b>								
27	SYSTEM ( FOAMING) FACTOR	-	-			-			
28	TENDÊNCIA AO FOULING (baixo/moderado/alto)	-	Baixo			Baixo			
29	COMP. CORROSIVOS / TEOR	% p / ppm p	-			-			
30	<b>LIMITAÇÕES EM PROJETO DE PRATOS (3)</b>								
31	JET FLOODING, MÁX.	%	-			-			
32	DOWNCOMER BACKUP, MÁX.	%	-			-			
33	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS (4)</b>								
34	DIÂMETRO INTERIOR DA COLUNA	mm	1500,00						
35	NÚMERO DE PRATOS	-	93			113			
36	DISTÂNCIA ENTRE PRATOS	mm	550,00						
37	NÚMERO DE PASSES POR PRATO	-	1			1			
38	TIPO DE PRATO (Perforado, válvulas,...)	-	Valvulado			Valvulado			
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							



# ANEXO IV – FORNO

PROJETO :		PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO			EQUIPAMENTO		H-1	
UNIDADE :		FORNO			Pág.		1 de 1	
Rev	<b>FORNOS</b>							
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>							
2	EQUIPAMENTO Nº			H-1				
3	CASO DE PROJETO			PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO				
4	SERVIÇO			AQUECIMENTO DE CORRENTE COM BENZENO E PROPILENO				
5	NÚMERO DE PASSES ESTIMADOS			TIPO DE FORNO (CABINE/CILÍNDRICO)		CAIXA		
6	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO E DADOS DE OPERAÇÃO</b>							
7	SERPENTINA			PROCESSO		AUXILIAR		
8	COMPONENTES CORROSIVOS / TEOR (% p)			-	-	-	-	-
9	NATUREZA			HIDROCARBONETOS		HIDROCARBONETOS		
10				Entrada	Saída	Entrada	Saída	
11	VAZÃO TOTAL	kg/h	20417,23	20417,23	178,51	178,51		
12	VAZÃO TOTAL VAPOR ÚMIDO	kg/h	20417,23	20417,23	-	-		
13	INCONDENSÁVEIS (N2,...)	kg/h	-	-	-	-		
14	VAPOR DE ÁGUA	kg/h	-	-	-	-		
15	HIDROCARBONETOS	kg/h	20417,23	20417,23	-	-		
16	VAZÃO TOTAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	178,51	-		
17	ÁGUA LIVRE	kg/h	-	-	-	-		
18	HIDROCARBONETOS	kg/h	-	-	178,51	-		
19	PRÓPRIEDADES FASE VAPOR (ÚMIDA)							
20	Peso molecular	kg/kmol	64,92	64,92	-	-		
21	Densidade @P,T	kg/m3	71	43,5	-	-		
22	Viscosidade @T	cP	0,015	0,018	-	-		
23	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	0,029	0,034	-	-		
24	Calor específico @T	kcal/kg °C	34,73	36,0	-	-		
25	PRÓPRIEDADES FASE LÍQUIDA (SECA)							
26	Densidade @P,T	kg/m3	-	-	0,020	-		
27	Viscosidade @T	cSt	-	-	0,558	-		
28	Condutividade térmica @T	kcal/h m K	-	-	-	-		
29	Calor específico @T	kcal/kg °C	-	-	-	-		
30	Tensão superficial @P,T	dinas/cm	-	-	-	-		
31	TEMPERATURA	°C	212,59	350	25	660,64		
32	PRESSÃO DE ENTRADA	kg/cm2 g	30,37					
33	PERDA DE CARGA PERMITIDA	kg/cm2	1,75					
34	FATOR DE DEPOSIÇÃO	m2 h°C / kcal	-					
35	CALOR TROCADO	Gcal/h	5,38		6,87			
36	VAZÃO E CALOR TROCADO MÁX.	%	-					
37	PERDA DE CARGA PERMITIDA A VAZ. MÁX.	kg/cm2	-					
38	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>							
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	DECOIZAMENTO	kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-		
43		kg/cm2 g ; °C	-	-	-	-		
44	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E LIMITAÇÕES NO PROJETO TÉRMICO (2)</b>							
45	FLUXO TÉRMICO MED. RADIAÇÃO (kcal/h m2)	5560,61	EFICÁCIA ESTIMADA (%)			-		
46	FLUXO TÉRMICO MÁX. RADIAÇÃO (kcal/h m2)	-	CALOR LIBERADO NORMAL (Gcal/h)			1,72		
47	FLUXO TÉRMICO MÁX. CONV. (kcal/h m2)	-	PODER CAL. INF. (FO/FG) (kcal/kg)			6625,6		
48	VEL. MÁX. / MÍN. PERMITIDA TUBOS (m/s)	-	CONSUMO ESTIM. NORMAL (FO/FG) (kg/h)			178,51		
49	MÁX T. DE PROCESSO A RADIANTE (°C)	-	CONSUMO ESTIM. PROJETO (FO/FG) (kg/h)			-		
50	NOTAS :							
51	(1)	EI PROJETO MECÂNICO DO horno se efectuará también en condições de ruptura a 100.000h de OPERAÇÃO.						
52	(2)	Hacer notar si hay limitaciones distintas DAs normais o requerimentos de PROCESSO.						
53	(3)	La eficacia estimada se basa en los serpentines indicados. El aprovechamiento de calor para otros usos, precalent. de aire, etc. es a determinar por l.de detalle con la limitaciones de T min de humos u otras que pudieran existir.						
54								
55								
56								
57		Curvas de evaporización en hoja anexa si procede.						
58		Para materiais ver folha de seleção de materiais.						
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

## ANEXO V - SERVIÇOS AUXILIARES

		PROJETO :	PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO			SERVIÇOS AUXILIARES			
		UNIDADE :				Pág.	1	de	6
Rev	<b>CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO)</b>								
1	CASO DE PROJETO :								
2	EQUIPAMENTO		DESCRIÇÃO			CONSUMO (m3/h) (1,2)		NOTAS	
3									
4	E-2		REDUÇÃO DA TEMPERATURA DA CORRENTE 8			253,9			
5	E-3		CONDENSADOR DE TOPO DE COLUNA T-1			130,5			
6	E-5		CONDENSADOR DE TOPO DE COLUNA T-2			101,0			
7	R-1		ÁGUA DE RESFRIAMENTO PARA REATOR R-1			0,015			
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	<b>TOTAL</b>					<b>485,4</b>			
42	NOTAS :								
43	(1)	Os valores com sinais positivos são vazões circundantes de água refrigeração com o deltaT do projeto. Indicar deltaT considerado para queues 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							

PROJETO : PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO  
 UNIDADE :

SERVIÇOS AUXILIARES  
 Pág. 2 de 6

CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES ( CONSUMO DE VAPOR E GERAÇÃO DE CONDENSADOS )

Rev	MUITO ALTA		ALTA		MEDIA		BAIXA		MUITO BAIXA		MUITO ALTA		ALTA		MEDIA		BAIXA		MUITO BAIXA		
	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	kg/	°C	
3																					
4																					
5		254		185,5																	
6		E-1				7,359															
7		E-4							4,828												
8		E-6				3,453															
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25		TOTAL				10,812			4,828												
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																		

CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES ( GERAÇÃO DE VAPOR )

Rev	MUITO ALTA		ALTA		MEDIA		BAIXA		MUITO BAIXA		MUITO ALTA		ALTA		MEDIA		BAIXA		MUITO BAIXA		%																						
	kg/°C		kg/°C		kg/°C		kg/°C		kg/°C		kg/°C		kg/°C		kg/°C		kg/°C		kg/°C																								
3																																											
4																																											
5														234																													
6																																											
	R-1																																										
7																																											
8																																											
9																																											
10																																											
11																																											
12																																											
13																																											
14																																											
15																																											
16																																											
17																																											
18																																											
19																																											
20																																											
21																																											
22																																											
23																																											
24																																											
25																																											
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 ativos 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 CUMENO			SERVIÇOS AUXILIARES			
		UNIDADE :				Pág.	4	de	6
Rev		<b>CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (COMBUSTÍVEL)</b>							
1	CASO DE PROJETO :								
2	EQUIPAMENTO		DESCRIÇÃO		CONSUMO DE COMBUSTÍVEL (Gcal/h)			NOTAS	
3					Fuel Oil	Fuel gás	Gas Natural		
4	H-1		AQUECIMENTO DA CORRENTE 7		-	-	2,134		
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	<b>TOTAL</b>						<b>2,134</b>		
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 adicionará 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 CUMENO			SERVIÇOS AUXILIARES			
		UNIDADE :				Pág.	5	de	6
Rev		<b>CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (ELETRICIDADE)</b>							
1	CASO DE PROJETO :								
2	EQUIPAMENTO		DESCRIÇÃO	CONSUMO (kwh/h)		NOTAS			
3									
4	P-1		BOMBA	123,25					
5	P-2		BOMBA	0,269					
6	P-3		BOMBA DE REFLUXO DA COLUNA T-1	33,87					
7	P-4		IMPULSÃO DA COLUNA T-1 PARA COLUNA T-2	0,286					
8	P-5		BOMBA DE REFLUXO DA COLUNA T-2	41,33					
9	P-6		BOMBA DE REFLUXO PARA O INÍCIO DA PLANTA	10,05					
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	<b>TOTAL</b>			<b>209,055</b>					
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 adicionará 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 CUMENO			SERVIÇOS AUXILIARES	
		UNIDADE :				Pág. 6 de 6	
Rev	<b>CONSUMO DE SERVIÇOS AUXILIARES (AR)</b>						
1	CASO DE PROJETO :						
2	EQUIPAMENTO		DESCRIÇÃO		CONSUMOS (kg/h)		NOTAS
3			A. PLANTA	A. INSTRUM.	NITROGÊNIO		
4	VÁLV. DE CONTROLE		22 VÁLVULAS DE CONTROLE		-	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	<b>TOTAL</b>				44		
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 adicionará 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					

## ANEXO VI – BOMBAS

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZ	EQUIPAMENTO n°	P-1	
	UNIDADE :	Bombas	Pág.	1	de 2
R e v	<b>BOMBAS</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>				
2	CASO DE PROJETO				
3	SERVIÇO	Alimentação de benzeno			
4	EQUIPAMENTO N° OPERAÇÃO / RESERVA	P-1A/P-1B			
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)	Paralelo			
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO</b>				
9	NATUREZA DO FLUIDO	Hidrocarboneto			
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS	Não	Não		
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 BOMBEIO	°C	42		
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m <sup>3</sup>	8,54E+02		
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	5,72E-01		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm <sup>2</sup> a	-8,00E-01		
18	<b>CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA</b>				
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m <sup>3</sup> /h	✓	2,21E+01	
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m <sup>3</sup> /h	✓	1,11E+01	
21	VAZÃO NORMAL	m <sup>3</sup> /h	✓	1,84E+01	
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	3,11E+01	
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	3,10E+01	
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup>	✓	9,00E-02	
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	✓	1,07E+00	
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	✓	3,72E-01	
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm <sup>2</sup>	✓	1,08E-01	
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	3,72E+01	
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	3,73E+01	
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	2	2	
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)				
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)				
33	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>				
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	72		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	4,10E+01	
36	<b>CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO</b>				
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			Motor Elétrico	Motor Elétrico
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	✓	0,144326159	0,144326159
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 :		PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE		EQUIPAMENTO nº		P-1		
UNIDADE :		Bombas		Pág.		2 de 2		
<b>FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS</b>								
1	SERVIÇO / CASO :							
2	ESQUEMA DE FLUXO :							
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16	<b>NATUREZA DO FLUÍDO</b>	-	<b>Hidrocarbonetos</b>		<b>P. IMPULSÃO</b>	<b>Q Nor</b>		<b>Q Des.</b>
17	T de BOMBEIO	°C	42			Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3
18	Viscosidade @T	cSt	5,72E-01			kg/cm <sup>2</sup> g ó kg/cm <sup>2</sup> (ΔP)		
19	Densidade @T	kg/m <sup>3</sup>	8,54E+02		P. destino			
20					ΔP distribuidor			
21	<b>Capacidade</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	Altura estática			
22	Vazão mássica	kg/h	1,57E+04	-	ΔP linha			
23	Vazão volumétrica	m <sup>3</sup> /h	1,84E+01	-	ΔP filtro			
24					ΔP			
25	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	ΔP			
26	P. recipiente	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	ΔP			
27	H ( LT a center line)	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP			
28	ΔP linha	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP			
29	ΔP filtro	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP placa			
30	ΔP otros	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP Válv. Cont.			
31	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	-	3,10E+01	P. IMPULSÃO			3,11E+01
32								
33	<b>NPSH DISPONÍVEL</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. Diferencial @ Q des</b>			<b>Q des</b>
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> a	3,10E+01		P. IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		3,11E+01
35	P. vapor @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-0,8		P. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		3,10E+01
36	Diferença	kg/cm <sup>2</sup>	3,18E+01		P. Diferencial	kg/cm <sup>2</sup>		1,00E-01
37	NPSHA	m	3,72E-01		Altura Diferencial	m		1,07E+00
38								
39	<b>Consumo estimado ACIONAMENTO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. máx. ASPIRAÇÃO</b>			
40	HHP	CV			P. Recipiente (1)	kg/cm <sup>2</sup> g		
41	Eficiência bomba	%	30	30	H (HHL-Center line)	kg/cm <sup>2</sup>		
42	BHP	CV			P máx. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		3,72E+01
43	Motor				<b>P. máx. IMPULSÃO</b>			
44	Eficiência motor	%	75		P difer. máx. motor (2)	kg/cm <sup>2</sup> g		
45	Eletricidade	kWh/h	1,23E+02	-	P difer. máx. turbina (2)	kg/cm <sup>2</sup> g		
46	Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)	kg/cm <sup>2</sup> g		3,73E+01
47	ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg						
48	Eficiência turbina	%						
49	Consumo vapor	kg/h						
50	<b>NOTAS :</b>							
51	(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração						
52	(2)	Especificar n veces 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 :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE BENZ	EQUIPAMENTO n°	P-2	
	UNIDADE :	Entrada de propeno	Pág.	1	de 2
R e v	<b>BOMBAS</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>				
2	CASO DE PROJETO				
3	SERVIÇO		Alimentação propeno		
4	EQUIPAMENTO N° OPERAÇÃO / RESERVA		P-2A/P2B		
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)		Paralelo		
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO</b>				
9	NATUREZA DO FLUIDO		Hidrocarboneto		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Não	Não	
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 BOMBEIO		°C		
15	Densidade @T BOMBEIO		kg/m <sup>3</sup>	5,06E+02	
16	Viscosidade @T BOMBEIO		cSt	1,38E-01	
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO		kg/cm <sup>2</sup> a	1,48E+01	
18	<b>CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA</b>				
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)		m <sup>3</sup> /h	1,10E+01	
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)		m <sup>3</sup> /h	5,51E+00	
21	VAZÃO NORMAL		m <sup>3</sup> /h	9,19E+00	
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated		kg/cm <sup>2</sup> g	3,11E+01	
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated		kg/cm <sup>2</sup> g	1,09E+01	
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated		kg/cm <sup>2</sup>	2,02E+01	
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)		m	4,07E+02	
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)		m	4,68E+00	
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)		kg/cm <sup>2</sup>	2,42E+01	
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO		kg/cm <sup>2</sup> g	3,50E+00	
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO		kg/cm <sup>2</sup> g	2,77E+01	
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO		polegadas	1,97	2,97
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)		-		
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)				
33	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>				
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO		°C	55	
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO		kg/cm <sup>2</sup> g	3,05E+01	
36	<b>CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO</b>				
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			Motor Elétrico	Motor Elétr
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		kWh/h	2,69E-03	2,69E-03
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.			
44	(3)	Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / marge para todo tipo de bombas.			
46	(4)	Este valor não pode ser excedido pela bomba con dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.			
47	(5)	Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.			
48	(6)	Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.			
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58		Para materiais ver la folha de seleção de materiais.			
	Rev.	Por			
	Data	Aprovado			

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE		EQUIPAMENTO n°	P-2								
	UNIDADE :	Bombas		Pág.	2	de	2						
R e v	<b>FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS</b>												
1	SERVIÇO / CASO :												
2	ESQUEMA DE FLUXO :												
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16	<b>NATUREZA DO FLUÍDO</b>							-	Hidrocarbonetos			Q Nor	
17	T de BOMBEIO	°C	25		P. IMPULSÃO	Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3					
18	Viscosidade @T	cSt	1,38E-01			kg/cm <sup>2</sup> g ó kg/cm <sup>2</sup> (ΔP)							
19	Densidade @T	kg/m <sup>3</sup>	5,06E+02		P. destino								
20					ΔP distribuidor								
21	<b>Capacidade</b>		Q Nor	Q des	Altura estática								
22	Vazão mássica	kg/h	4,65E+03	-	ΔP linha								
23	Vazão volumétrica	m <sup>3</sup> /h	9,19	-	ΔP filtro								
24					ΔP								
25	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>		Q Nor	Q des	ΔP								
26	P. recipiente	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	ΔP								
27	H ( LT a center line)	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP								
28	ΔP linha	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP								
29	ΔP filtro	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP placa								
30	ΔP otros	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP Válv. Cont.								
31	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>	kg/cm <sup>2</sup> g	1,09E+01	1,09E+01	P. IMPULSÃO			3,11E+01					
32													
33	<b>NPSH DISPONÍVEL</b>		Q Nor	Q des	P. Diferencial @ Q des			Q des					
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> a		-	P. IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		3,11E+01					
35	P. vapor @T	kg/cm <sup>2</sup> a		-	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		1,09E+01					
36	Diferença	kg/cm <sup>2</sup>		-	P. Diferencial	kg/cm <sup>2</sup>		2,02E+01					
37	NPSHA	m		-	Altura Diferencial	m		4,07E+02					
38													
39	<b>Consumo estimado ACIONAMENTO</b>		Q Nor	Q des	P. máx. ASPIRAÇÃO								
40	HHP	CV			P. Recipiente (1)	kg/cm <sup>2</sup> g							
41	Eficiência bomba	%	30	30	H (HHL-Center line)	kg/cm <sup>2</sup>							
42	BHP	CV			P. máx. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		1,31E+01					
43	Motor				P. máx. IMPULSÃO								
44	Eficiência motor	%	75		P. difer. máx. motor (2)	kg/cm <sup>2</sup> g							
45	Eletricidade	kWh/h	2,69E-03	-	P. difer. máx. turbina (2)	kg/cm <sup>2</sup> g							
46	Turbina				P. máx. IMPULSÃO (3)	kg/cm <sup>2</sup> g		3,73E+01					
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 veces 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 :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE BENZ	EQUIPAMENTO n°	P-3	
	UNIDADE :	Bombas	Pág.	1	de 2
R e v	<b>BOMBAS</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>				
2	CASO DE PROJETO				
3	SERVIÇO		Refluxo de T-1		
4	EQUIPAMENTO N° OPERAÇÃO / RESERVA		P-3A/P-3B		
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		
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO</b>				
9	NATUREZA DO FLUIDO		Hidrocarboneto		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Não	Não	
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 BOMBEIO		°C		
15	Densidade @T BOMBEIO		kg/m <sup>3</sup>		
16	Viscosidade @T BOMBEIO		cSt		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO		kg/cm <sup>2</sup> a		
18	<b>CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA</b>				
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)		m <sup>3</sup> /h		
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)		m <sup>3</sup> /h		
21	VAZÃO NORMAL		m <sup>3</sup> /h		
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated		kg/cm <sup>2</sup> g		
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated		kg/cm <sup>2</sup> g		
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated		kg/cm <sup>2</sup>		
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)		m		
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)		m		
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)		kg/cm <sup>2</sup>		
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO		kg/cm <sup>2</sup> g		
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO		kg/cm <sup>2</sup> g		
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO		polegadas		
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)				
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)				
33	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>				
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO		°C		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO		kg/cm <sup>2</sup> g		
36	<b>CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO</b>				
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA		Motor Elétrico		Motor Elétri
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		kWh/h		0,398154102
39	CONSUMO DE VAPOR ESTIMADO A VAZÃO PROJETO		Kg/h		0,398154102
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 a folha de seleção de materiais.				
	Rev.	Por			
	Data	Aprovado			

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTSDE		EQUIPAMENTO nº	P-3										
	UNIDADE :	Bombas		Pág.	2	de	2								
R e v	<b>FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS</b>														
1	SERVIÇO / CASO :														
2	ESQUEMA DE FLUXO :														
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16								<b>NATUREZA DO FLUIDO</b>	-	Hidrocarboneto		<b>P. IMPULSÃO</b>	<b>Q Nor</b>		<b>Q Des.</b>
17								T de BOMBEIO	°C	40,13		Circ. 1	Circ. 2	Circ. 3	
18	Viscosidade @T	cSt	0,545		kg/cm <sup>2</sup> g ó kg/cm <sup>2</sup> (ΔP)										
19	Densidade @T	kg/m <sup>3</sup>	8,39E+02		P. destino	-	-								
20					ΔP distribuidor	-	-								
21	<b>Capacidade</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	Altura estática	-	-								
22	Vazão mássica	kg/h	17199,5	20639,4	ΔP linha	-	-								
23	Vazão volumétrica	m <sup>3</sup> /h	21	24,6	ΔP filtro	-	-								
24					ΔP	-	-	-							
25	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	ΔP	-	-	-							
26	P. recipiente	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	ΔP	-	-	-							
27	H ( LT a center line)	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP	-	-	-							
28	ΔP linha	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP	-	-	-							
29	ΔP filtro	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP placa	-	-	-							
30	ΔP otros	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP Válv. Cont.	-	-	-							
31	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>	kg/cm <sup>2</sup> g	-	1,07E-01	<b>P. IMPULSÃO</b>	-	-	2,41E-01							
32															
33	<b>NPSH DISPONÍVEL</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. Diferencial @ Q des</b>			<b>Q des</b>							
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> a		0,107	P. IMPULSÃO		kg/cm <sup>2</sup> g	0,24							
35	P. vapor @T	kg/cm <sup>2</sup> a		2,40E-01	P. ASPIRAÇÃO		kg/cm <sup>2</sup> g	0,11							
36	Diferença	kg/cm <sup>2</sup>		-	P. Diferencial		kg/cm <sup>2</sup>	0,13							
37	NPSHA	m		4,68	Altura Diferencial		m	1,63							
38															
39	<b>Consumo estimado ACIONAMENTO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. máx. ASPIRAÇÃO</b>										
40	HHP	CV	-	-	P. Recipiente (1)		kg/cm <sup>2</sup> g								
41	Eficiência bomba	%	-	30	H (HHL-Center line)		kg/cm <sup>2</sup>	-							
42	BHP	CV	-	-	P máx. ASPIRAÇÃO		kg/cm <sup>2</sup> g	0,1284							
43	Motor				<b>P. máx. IMPULSÃO</b>										
44	Eficiência motor	%	-	75	P difer. máx. motor (2)		kg/cm <sup>2</sup> g								
45	Eletricidade	kWh/h	-	-	P difer. máx. turbina (2)		kg/cm <sup>2</sup> g								
46	Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)		kg/cm <sup>2</sup> g	0,2892							
47	ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg	-	-											
48	Eficiência turbina	%	-	-											
49	Consumo vapor	kg/h	-	-											
50	<b>NOTAS :</b>														
51	(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração													
52	(2)	Especificar n veces 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 :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE BENZ	EQUIPAMENTO n°	P-4	
	UNIDADE :		Pág.	1	de 2
R e v	<b>BOMBAS</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>				
2	CASO DE PROJETO				
3	SERVIÇO		Saída de T-1		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-4A/P-4B		
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		
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO</b>				
9	NATUREZA DO FLUIDO		Hidrocarboneto		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Não	Não	
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 BOMBEIO	°C	180		
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m <sup>3</sup>	7,15E+02		
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	2,34E-01		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm <sup>2</sup> a	-1,02E+00		
18	<b>CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA</b>				
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m <sup>3</sup> /h	✓	1,93E+01	
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m <sup>3</sup> /h	✓	9,65E+00	
21	VAZÃO NORMAL	m <sup>3</sup> /h	✓	1,61E+01	
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	2,62E+00	
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	9,04E-01	
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup>	✓	1,72E+00	
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	✓	2,45E+01	
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	✓	1,38E+02	
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm <sup>2</sup>	✓	2,06E+00	
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	1,08E+00	
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	3,14E+00	
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	-	-	
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)				
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)				
33	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>				
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	✓	210	
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	✓	4,94E+00	
36	<b>CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO</b>				
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA				
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	✓	4,002335766	
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 con 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 :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE	EQUIPAMENTO nº	P-4		
	UNIDADE :	Bombas	Pág.	2	de	2
R e v	<b>FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS</b>					
1	SERVIÇO / CASO :					
2	ESQUEMA DE FLUXO :					
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16	<b>NATUREZA DO FLUÍDO</b>	-	Hidrocarboneto			
17	T de BOMBEIO	°C	180		<b>P. IMPULSÃO</b>	
18	Viscosidade @T	cSt	0,234		Circ. 1	Q Nor
19	Densidade @T	kg/m <sup>3</sup>	715		Circ. 2	Circ. 3
20					kg/cm <sup>2</sup> g ó kg/cm <sup>2</sup> (ΔP)	
21	<b>Capacidade</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	P. destino	
22	Vazão mássica	kg/h	1,15E+04	1,38E+04	ΔP distribuidor	
23	Vazão volumétrica	m <sup>3</sup> /h	1,61E+01	1,93E+01	Altura estática	
24					ΔP linha	
25	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	ΔP filtro	
26	P. recipiente	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	ΔP	
27	H ( LT a center line)	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP	
28	ΔP linha	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP	
29	ΔP filtro	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP placa	
30	ΔP otros	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP Válv. Cont.	
31	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>0,904</b>	<b>0,904</b>	<b>P. IMPULSÃO</b>	<b>2,62</b>
32						
33	<b>NPSH DISPONÍVEL</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. Diferencial @ Q des</b>	<b>Q des</b>
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> a		0,904	P. IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g
35	P. vapor @T	kg/cm <sup>2</sup> a		-1,02	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g
36	Diferença	kg/cm <sup>2</sup>		1,924	P. Diferencial	kg/cm <sup>2</sup>
37	NPSHA	m		1,38E+02	Altura Diferencial	m
38						
39	<b>Consumo estimado ACIONAMENTO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. máx. ASPIRAÇÃO</b>	
40	HHP	CV	-	-	P. Recipiente (1)	kg/cm <sup>2</sup> g
41	Eficiência bomba	%	-	30	H (HHL-Center line)	kg/cm <sup>2</sup>
42	BHP	CV	-	-	P máx. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g
43	Motor				<b>P. máx. IMPULSÃO</b>	
44	Eficiência motor	%	-	75	P difer. máx. motor (2)	kg/cm <sup>2</sup> g
45	Eletricidade	kWh/h	-	-	P difer. máx. turbina (2)	kg/cm <sup>2</sup> g
46	Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)	kg/cm <sup>2</sup> g
47	ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg	-	-		
48	Eficiência turbina	%	-	-		
49	Consumo vapor	kg/h	-	-		
50	<b>NOTAS :</b>					
51	(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração				
52	(2)	Especificar n veces 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 :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE BENZ	EQUIPAMENTO nº	P-5	
	UNIDADE :	Bombas	Pág.	1	de 2
R e v	<b>BOMBAS</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>				
2	CASO DE PROJETO				
3	SERVIÇO		Saída de Cumeno		
4	EQUIPAMENTO Nº OPERAÇÃO / RESERVA		P-5A/P-5B		
5	NÚMERO DE BOMBAS REQUERIDAS OPERAÇÃO / RESERVA		1	1	
6	TIPO DE BOMBA ( centrífuga / volumétrica alternativa / volumétrica rotativa)		Centrífuga		
7	FUNCIONAMENTO ( contínuo / descontínuo ; série / paralelo)		Contínuo		
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO</b>				
9	NATUREZA DO FLUIDO		Hidrocarboneto		
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS		Não	Não	
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 BOMBEIO	°C	161		
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m <sup>3</sup>	7,33E+02		
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	2,62E-01		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm <sup>2</sup> a	-1,02E+00		
18	<b>CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA</b>				
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m <sup>3</sup> /h	1,85E+01		
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m <sup>3</sup> /h	9,25E+00		
21	VAZÃO NORMAL	m <sup>3</sup> /h	1,54E+01		
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g	2,41E-01		
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g	1,46E+00		
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup>	1,70E+00		
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	2,36E+01		
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	8,25E-02		
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm <sup>2</sup>	2,04E+00		
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	3,90E+00		
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	5,94E+00		
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas	1,97E+00	1,97E+00	
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)				
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)				
33	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>				
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	191		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	7,74E+00		
36	<b>CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO</b>				
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA		Motor Elétrico	Motor Elétrico	
38	CONSUMO ELÉCTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h	2,280232222	2,280232222	
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 con 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 :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE	EQUIPAMENTO n°	P-5		
UNIDADE :	Bombas	Pág.	2	de 2	
R e v	<b>FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS</b>				
	SERVIÇO / CASO :				
ESQUEMA DE FLUXO :					
<b>NATUREZA DO FLUÍDO</b>	-			<b>Q Nor</b>	<b>Q Des.</b>
T de BOMBEIO	°C	<b>161</b>		<b>P. IMPULSÃO</b>	Circ. 1    Circ. 2    Circ. 3
Viscosidade @T	cSt	<b>2,62E-01</b>			
Densidade @T	kg/m <sup>3</sup>	<b>7,33E+02</b>		P. destino	
<b>Capacidade</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	ΔP distribuidor	
Vazão mássica	kg/h	<b>1,13E+04</b>	<b>1,36E+04</b>	Altura estática	
Vazão volumétrica	m <sup>3</sup> /h	<b>1,54E+01</b>	<b>1,85E+01</b>	ΔP linha	
<b>P. ASPIRAÇÃO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	ΔP filtro	
P. recipiente	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	ΔP	
H ( LT a center line)	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP	
ΔP linha	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP	
ΔP filtro	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP placa	
ΔP otros	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	ΔP Válv. Cont.	
P. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	-	<b>1,46</b>	P. IMPULSÃO	<b>2,41E-01</b>
<b>NPSH DISPONÍVEL</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. Diferencial @ Q des</b>	<b>Q des</b>
PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> a	/	<b>1,46</b>	P. IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g <b>2,41E-01</b>
P. vapor @T	kg/cm <sup>2</sup> a	/	<b>-1,02</b>	P. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g <b>1,46</b>
Diferença	kg/cm <sup>2</sup>	/	<b>2,48</b>	P. Diferencial	kg/cm <sup>2</sup> <b>-1,219</b>
NPSHA	m	/	<b>8,25E-02</b>	Altura Diferencial	m <b>2,36E+01</b>
<b>Consumo estimado ACIONAMENTO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. máx. ASPIRAÇÃO</b>	
HHP	CV			P. Recipiente (1)	kg/cm <sup>2</sup> g
Eficiência bomba	%	<b>30</b>	<b>30</b>	H (HHL-Center line)	kg/cm <sup>2</sup>
BHP	CV			P máx. ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g <b>1,752</b>
Motor				<b>P. máx. IMPULSÃO</b>	
Eficiência motor	%	<b>75</b>	<b>75</b>	P difer. máx. motor (2)	kg/cm <sup>2</sup> g
Eletricidade	kWh/h	<b>1671,41</b>		P difer. máx. turbina (2)	kg/cm <sup>2</sup> g
Turbina				P máx. IMPULSÃO (3)	kg/cm <sup>2</sup> g <b>2,89E-01</b>
ΔH vapor isoentrópica.	kJ/Kg				
Eficiência turbina	%				
Consumo vapor	kg/h				
<b>NOTAS :</b>					
(1)	Especificar o set pressure da válvula de segurança do recipiente de aspiração				
(2)	Especificar n veces a pressão diferencial @ Qdes, onde n = 1,2 // 1,2*1,1 para acionamento com motor // turbina.				
(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.				
Rev.	Por				
Data	Aprovado				

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE BENZ	EQUIPAMENTO n°	P-6	
	UNIDADE :	Bombas	Pág.	1	de 2
R e v	<b>BOMBAS</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>				
2	CASO DE PROJETO				
3	SERVIÇO	Reciclo			
4	EQUIPAMENTO N° OPERAÇÃO / RESERVA	P-6A/P-6B			
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			
8	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUIDO</b>				
9	NATUREZA DO FLUIDO	Hidrocarboneto			
10	COMPONENTES CORROSIVOS / TÓXICOS	Não	Não		
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 BOMBEIO	°C	41		
15	Densidade @T BOMBEIO	kg/m <sup>3</sup>	8,40E+02		
16	Viscosidade @T BOMBEIO	cSt	5,45E-01		
17	PRESSÃO DE VAPOR @T BOMBEIO	kg/cm <sup>2</sup> a	2,40E-01		
18	<b>CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DA BOMBA</b>				
19	VAZÃO DE PROJETO Q (rated) (1)	m <sup>3</sup> /h	✓	1,08E+01	
20	VAZÃO MÍNIMO DE PROCESSO (2)	m <sup>3</sup> /h	✓	5,39E+00	
21	VAZÃO NORMAL	m <sup>3</sup> /h		8,98E+00	
22	PRESSÃO DE IMPULSÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g		3,11E+01	
23	PRESSÃO DE ASPIRAÇÃO @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup> g		2,41E-01	
24	PRESSÃO DIFERENCIAL @ Q rated	kg/cm <sup>2</sup>		3,09E+01	
25	ALTURA DIFERENCIAL @ Q rated (1)	m	✓	3,74E+02	
26	NPSH DISPONÍVEL @ Q rated (3)	m	✓	8,40E-02	
27	MÁX. DP a IMPULSÃO FECHADA (4)	kg/cm <sup>2</sup>	✓	3,70E+01	
28	PRESSÃO MÁXIMA ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		4,94E-01	
29	PRESSÃO MÁXIMA IMPULSÃO	kg/cm <sup>2</sup> g		3,75E+01	
30	DIÂMETRO TUBULAÇÃO ASPIRAÇÃO / IMPULSÃO	polegadas		2,00E+00	2,00E+00
31	IMPULSOR / FECHAMENTO (5)			-	
32	TRACEJADO / ISOLAMENTO / FLUSHING (6)				
33	<b>CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO</b>				
34	TEMPERATURA PROJETO MECÂNICO	°C	71		
35	PRESSÃO PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	5,60E+01		
36	<b>CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO</b>				
37	TIPO OPERAÇÃO / RESERVA			Motor Elétrico	Motor Elétrico
38	CONSUMO ELÉTRICO ESTIMADO A VAZÃO PROJETO	kWh/h		10,05	10,05
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					
44	(3)	Na brida de aspiração da bomba. Exclui cargas de aceleração para bombas volumétricas alternativas. Exclui contingências / margem para todo tipo de bombas.			
45					
46	(4)	Este valor não pode ser excedido pela bomba com dens., viscos. normais e velocidade de OPERAÇÃO contínua máx.			
47	(5)	Especificar tipo / particularidades do impulsor / fechamento, se existem requerimentos de processo.			
48	(6)	Especificar TRACEJADO, ISOLAMENTO, flushing se existem requerimentos de processo.			
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58		Para materiais ver a folha de seleção de materiais.			
	Rev.	Por			
	Data	Aprovado			

	PROJETO :	PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFT SDE	EQUIPAMENTO nº	P-6	
	UNIDADE :	Bombas	Pág.	2	de 2
R e v	<b>FOLHA DE CÁLCULO DE BOMBAS</b>				
1	SERVIÇO / CASO :				
2	ESQUEMA DE FLUXO :				
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16	<b>NATUREZA DO FLUÍDO</b>	-	<b>Hidrocarboneto</b>		
17	T de BOMBEIO	°C	<b>41</b>		<b>P. IMPULSÃO</b>
18	Viscosidade @T	cSt	<b>0,5456</b>		Circ. 1
19	Densidade @T	kg/m <sup>3</sup>	<b>863,6</b>		Circ. 2
20					Circ. 3
21	<b>Capacidade</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>Q Des.</b>
22	Vazão mássica	kg/h	<b>7540</b>	<b>9048</b>	
23	Vazão volumétrica	m <sup>3</sup> /h	<b>8,731</b>	<b>10477,2</b>	
24					
25	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	
26	P. recipiente	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	
27	H ( LT a center line)	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	
28	ΔP linha	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	
29	ΔP filtro	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	
30	ΔP otros	kg/cm <sup>2</sup>	-	-	
31	<b>P. ASPIRAÇÃO</b>	kg/cm <sup>2</sup> g	-	<b>2,40E-01</b>	<b>P. IMPULSÃO</b>
32					
33	<b>NPSH DISPONÍVEL</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. Diferencial @ Q des</b>
34	PRESSÃO ASPIRAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> a		<b>2,40E-01</b>	
35	P. vapor @T	kg/cm <sup>2</sup> a		<b>2,40E-01</b>	
36	Diferença	kg/cm <sup>2</sup>		<b>0,001</b>	
37	NPSHA	m		<b>0,08259</b>	
38					
39	<b>Consumo estimado ACIONAMENTO</b>		<b>Q Nor</b>	<b>Q des</b>	<b>P. máx. ASPIRAÇÃO</b>
40	HHP	CV	-	-	
41	Eficiência bomba	%	-	<b>50</b>	
42	BHP	CV	-	-	
43	Motor				
44	Eficiência motor	%	-	<b>75</b>	
45	Elettricidade	kWh/h	-	<b>10,05</b>	
46	Turbina				
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			

## ANEXO VII – VÁLVULAS DE SEGURANÇA

	PROJETO : <b>PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO</b>	Válvulas de segurança			
	UNIDADE : <b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>	Pág.	1	de	8
Rev	<b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	VÁLVULA Nº				<b>PSV-01</b>
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				-
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)				<b>V-1</b>
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g			<b>0,0033</b>
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C			<b>41</b>
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g			<b>3,5</b>
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C			<b>71</b>
9	NATUREZA DO FLUIDO				<b>ORGÂNICO</b>
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS ( % peso / ppm p)				<b>BENZENO</b>
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)	FOGO	BLOQUEIO		
12	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA</b>				
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	<b>0</b>	<b>0</b>	
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	<b>71</b>	<b>71</b>	
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	<b>3680</b>	<b>15769</b>	
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>78,11</b>	<b>78,11</b>	
19	Cp/Cv	-	<b>1,12</b>	<b>1,12</b>	
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>	<b>1</b>	
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P, T (2)	m <sup>3</sup> /h	-	<b>18,45</b>	
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	<b>854,8</b>	
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	-	<b>0,5724</b>	
24	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À SAÍDA DA VÁLVULA</b>				
25	TEMPERATURA	°C	<b>71</b>	<b>71</b>	
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	<b>3680</b>	<b>15769</b>	
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>78,11</b>	<b>78,11</b>	
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>	<b>1</b>	
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P, T	m <sup>3</sup> /h	-	<b>18,45</b>	
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	<b>854,8</b>	
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	<b>TOCHA</b>	<b>TOCHA</b>	
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	
35	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA )	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	
38	BALANCEADA (sim/não)	~	-	-	
39	PILOTADA (sim/não)	~	-	-	
40	ÁREA CALCULADA / SELECIONADA	polegadas 2	-	-	
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~	-	-	
42	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm <sup>2</sup> 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.				
52	(2) No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-á vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.				
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 : <b>PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO</b>		Válvulas de segurança	
UNIDADE : <b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		Pág. <b>2</b> de <b>8</b>	
Rev	<b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>		
2	VÁLVULA Nº	<b>PSV-02</b>	
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)	-	
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)	<b>V-2</b>	
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>0,75</b>
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C	<b>90</b>
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	<b>120</b>
9	NATUREZA DO FLUIDO	<b>ORGÂNICO</b>	
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS ( % peso / ppm p)	<b>BENZENO, PROPILENO, CUMENO, PROPANO E DIISOPROPILBENZENO</b>	
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)	<b>FOGO</b>	<b>BLOQUEIO</b>
12	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA</b>		
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	<b>0</b>
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	<b>120</b>
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	<b>12844</b>
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>97,97</b>
19	Cp/Cv	-	<b>1,098</b>
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m <sup>3</sup> /h	<b>23,70</b>
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	<b>802,4</b>
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	<b>0,3954</b>
24	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À SAÍDA DA VÁLVULA</b>		
25	TEMPERATURA	°C	<b>120</b>
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	<b>12844</b>
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>97,97</b>
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P, T	m <sup>3</sup> /h	<b>23,70</b>
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	<b>802,4</b>
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	<b>TOCHA</b>
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm <sup>2</sup> g	-
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm <sup>2</sup> g	-
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	-
35	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>		
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA )	kg/cm <sup>2</sup> g	-
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm <sup>2</sup> g	-
38	BALANCEADA (sim/não)	~	-
39	PILOTADA (sim/não)	~	-
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2	-
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~	-
42	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>		
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm <sup>2</sup> g	-
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm <sup>2</sup> g	-
45	BALANCEADA (sim/não)	~	-
46	PILOTADA (sim/não)	~	-
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~	-
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~	-
49	<b>NOTAS :</b>		
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.		
52	(2) No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-á vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.		
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 : <b>PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO</b>		Válvulas de segurança			
UNIDADE : <b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		Pág. <b>3</b> de <b>8</b>			
Rev	<b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	VÁLVULA Nº	<b>PSV-03</b>			
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)	T-1			
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>0,90</b>		
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C	<b>180</b>		
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>		
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	<b>210</b>		
9	NATUREZA DO FLUIDO	<b>ORGÂNICO</b>			
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS ( % peso / ppm p)	<b>CUMENO E DIISOPROPILBENZENO</b>			
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)	<b>FOGO</b>	<b>F. CONDENSADOR</b>	<b>F. REFERVEDOR</b>	
12	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA</b>				
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	<b>10259</b>	<b>159293</b>	<b>252359</b>
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>120,60</b>	<b>120,60</b>	<b>120,60</b>
19	Cp/Cv	-	<b>1,038</b>	<b>1,038</b>	<b>1,038</b>
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m <sup>3</sup> /h	-	-	<b>353,00</b>
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	<b>714,9</b>
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	-	-	<b>0,2336</b>
24	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À SAÍDA DA VÁLVULA</b>				
25	TEMPERATURA	°C	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	<b>10259</b>	<b>159293</b>	<b>252359</b>
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>120,60</b>	<b>120,60</b>	<b>120,60</b>
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P, T	m <sup>3</sup> /h	-	-	<b>353,00</b>
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	<b>714,9</b>
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atrn / tocha,...) (3)	-	<b>TOCHA</b>	<b>TOCHA</b>	<b>TOCHA</b>
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
35	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA )	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
38	BALANCEADA (sim/não)	~	-	-	-
39	PILOTADA (sim/não)	~	-	-	-
40	ÁREA CALCULADA / SELECIONADA	polegadas 2	-	-	-
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~	-	-	-
42	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
45	BALANCEADA (sim/não)	~	-	-	-
46	PILOTADA (sim/não)	~	-	-	-
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~	-	-	-
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~	-	-	-
49	<b>NOTAS :</b>				
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	(2) No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-á vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.				
52	(3) Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.				
53	(4) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.				
54					
55					
56					
57					
58					
Rev.	Por				
Data	Aprovado				

PROJETO : <b>PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO</b>		Válvulas de segurança	
UNIDADE : <b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		Pág. <b>4</b> de <b>8</b>	
Rev	<b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>			
1			
2	VÁLVULA Nº	<b>PSV-04</b>	
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)		
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)	<b>V-3</b>	
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>0,24</b>
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C	<b>40</b>
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	<b>70</b>
9	NATUREZA DO FLUIDO	<b>ORGÂNICO</b>	
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS ( % peso / ppm p)	<b>PROPILENO, BENZENO E PROPANO</b>	
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)	<b>FOGO</b>	<b>BLOQUEIO</b>
12	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA</b>		
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	<b>0</b>
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	<b>70</b>
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	<b>5993</b>
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>76,22</b>
19	Cp/Cv	-	<b>1,107</b>
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m <sup>3</sup> /h	<b>8,98</b>
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	<b>839,8</b>
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	<b>0,5456</b>
24	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À SAÍDA DA VÁLVULA</b>		
25	TEMPERATURA	°C	<b>70</b>
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	<b>5993</b>
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>76,22</b>
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P, T	m <sup>3</sup> /h	<b>8,98</b>
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	<b>839,8</b>
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	<b>TOCHA</b>
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>-</b>
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>-</b>
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>-</b>
35	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>		
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA )	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>-</b>
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>-</b>
38	BALANCEADA (sim/não)	~	<b>-</b>
39	PILOTADA (sim/não)	~	<b>-</b>
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2	<b>-</b>
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~	<b>-</b>
42	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>		
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>-</b>
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>-</b>
45	BALANCEADA (sim/não)	~	<b>-</b>
46	PILOTADA (sim/não)	~	<b>-</b>
47	ORIFÍCIO API INSTALADO	~	<b>-</b>
48	VALIDEZ DA VÁLVULA (4)	~	<b>-</b>
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.		
52	(2) No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-á vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.		
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 : <b>PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO</b>		Válvulas de segurança			
UNIDADE : <b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		Pág. <b>5</b> de <b>8</b>			
Rev	<b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>					
1					
2	VÁLVULA Nº	<b>PSV-05</b>			
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)				
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)	<b>T-2</b>			
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>1,1</b>		
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C	<b>208</b>		
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>		
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	<b>238</b>		
9	NATUREZA DO FLUIDO	<b>ORGÂNICO</b>			
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS ( % peso / ppm p)	<b>CUMENO, DIISOPROPILBENZENO</b>			
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)	FOGO	F. CONDENSADOR	F. REFERVEDOR	
12	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA</b>				
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	<b>238</b>	<b>238</b>	<b>238</b>
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	<b>10351</b>	<b>22171</b>	<b>23444</b>
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>142,50</b>	<b>142,50</b>	<b>142,50</b>
19	Cp/Cv	-	<b>1,03</b>	<b>1,03</b>	<b>1,03</b>
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m <sup>3</sup> /h	-	-	<b>33,60</b>
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	<b>697,7</b>
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	-	-	<b>0,2135</b>
24	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À SAÍDA DA VÁLVULA</b>				
25	TEMPERATURA	°C	<b>238</b>	<b>238</b>	<b>238</b>
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	<b>10351</b>	<b>22171</b>	<b>23444</b>
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>142,50</b>	<b>142,50</b>	<b>142,50</b>
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m <sup>3</sup> /h	-	-	<b>33,60</b>
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	<b>697,7</b>
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atrn / tocha,...) (3)	-	<b>TOCHA</b>	<b>TOCHA</b>	<b>TOCHA</b>
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
35	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA )	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
38	BALANCEADA (sim/não)	~	-	-	-
39	PILOTADA (sim/não)	~	-	-	-
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2	-	-	-
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~	-	-	-
42	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm <sup>2</sup> g	-	-	-
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm <sup>2</sup> 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	(2) No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-á vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.				
52	(3) Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.				
53	(4) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.				
54					
55					
56					
57					
58					
	Rev.	Por			
	Data	Aprovado			



PROJETO : <b>PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO</b>		Válvulas de segurança	
UNIDADE : <b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		Pág. <b>6</b> de <b>8</b>	
Rev	<b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>		
2	VÁLVULA Nº		<b>PSV-06</b>
3	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)		
4	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)		<b>V-4</b>
5	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>0,24</b>
6	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C	<b>162</b>
7	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,6</b>
8	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	<b>192</b>
9	NATUREZA DO FLUIDO		<b>ORGÂNICO</b>
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS ( % peso / ppm p)		<b>CUMENO</b>
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)	<b>FOGO</b>	<b>BLOQUEIO</b>
12	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA</b>		
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	<b>0</b>
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+S SOBREPRESSÃO)	kg/cm <sup>2</sup> g	<b>3,5</b>
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	<b>192</b>
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	<b>11210</b>
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>120,20</b>
19	Cp/Cv	-	<b>1,04</b>
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P, T (2)	m <sup>3</sup> /h	<b>15,35</b>
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	<b>733,4</b>
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	<b>0,2617</b>
24	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À SAÍDA DA VÁLVULA</b>		
25	TEMPERATURA	°C	<b>192</b>
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	<b>11210</b>
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	<b>120,20</b>
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	<b>1</b>
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P, T	m <sup>3</sup> /h	<b>15,35</b>
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	<b>733,4</b>
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	<b>TOCHA</b>
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm <sup>2</sup> g	-
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm <sup>2</sup> g	-
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	-
35	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>		
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA )	kg/cm <sup>2</sup> g	-
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm <sup>2</sup> g	-
38	BALANCEADA (sim/não)	~	-
39	PILOTADA (sim/não)	~	-
40	ÁREA CALCULADA / SELECIONADA	polegadas 2	-
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~	-
42	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>		
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm <sup>2</sup> g	-
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm <sup>2</sup> 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	(2) No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-á vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.		
52	(3) Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.		
53	(4) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.		
54			
55			
56			
57			
58			
Rev.	Por		
Data	Aprovado		

PROJETO : <b>PLANTA DE PRODUÇÃO DE CUMENO</b>		Válvulas de segurança	
UNIDADE : <b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		Pág. <b>7</b> de <b>8</b>	
Rev	<b>VÁLVULAS DE SEGURANÇA</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>			
1	VÁLVULA Nº		PSV-07
2	Nº REQUERIDO (SERVIÇO / RESERVA)		
3	EQUIPAMENTO(S) PROTEGIDO (S)		R-1
4	PRESSÃO NORMAL DE OPERAÇÃO	kg/cm <sup>2</sup> g	30,2
5	TEMPERATURA NORMAL DE OPERAÇÃO	°C	350
6	PRESSÃO DE PROJETO MECÂNICO	kg/cm <sup>2</sup> g	33,3
7	TEMPERATURA DE PROJETO MECÂNICO	°C	380
8	<b>ORGÂNICO</b>		
9	NATUREZA DO FLUIDO		
10	COMPOSTOS CORROS. / TÓXICOS ( % peso / ppm p)	BENZENO, PROPILENO, CUMENO, PROPANO E DIISOPROPILBENZENO	
11	CASO DE PROJETO DA VÁLVULA (1)	SOBREPRES- SÃO	
12	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À ENTRADA DA VÁLVULA</b>		
13	PRESSÃO DE ACIONAMENTO	kg/cm <sup>2</sup> g	33,3
14	MÁXIMA SOBREPRESSÃO	%	0
15	PRES. DE DESCARGA (Pdisp+SOBREPRESSÃO)	kg/cm <sup>2</sup> g	33,3
16	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	380
17	VAZÃO DE DESCARGA GAS OU VAPOR	kg/h	24501
18	PESO MOLECULAR	kg/kmol	93,90
19	Cp/Cv	-	1,041
20	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	1
21	VAZÃO DE DESCARGA LÍQUIDO @P,T (2)	m <sup>3</sup> /h	-
22	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-
23	VISCOSIDADE LÍQUIDO @P, T	cSt	-
24	<b>CONDIÇÕES DE DESCARGA À SAÍDA DA VÁLVULA</b>		
25	TEMPERATURA	°C	380
26	VAZÃO DE GAS O VAPOR	kg/h	24501
27	PESO MOLECULAR	kg/kmol	93,90
28	FATOR DE COMPRESSIBILIDADE	-	1
29	VAZÃO DE LÍQUIDO @P,T	m <sup>3</sup> /h	-
30	DENSIDADE LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-
31	VÁLVULA DESCARGA A... (Atm / tocha,...) (3)	-	TOCHA
32	CONTRAPRESSÃO SUPERIMPOSED	kg/cm <sup>2</sup> g	-
33	CONTRAPRESSÃO BUILT-UP	kg/cm <sup>2</sup> g	-
34	CONTRAPRESSÃO TOTAL / MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	-
35	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>		
36	PRESSÃO DE DISPARO (1ª VÁLVULA )	kg/cm <sup>2</sup> g	-
37	PRESSÃO DE DISPARO (outras)	kg/cm <sup>2</sup> g	-
38	BALANCEADA (sim/não)	~	-
39	PILOTADA (sim/não)	~	-
40	ÁREA CALCULADA / SELECCIONADA	polegadas 2	-
41	ORIFÍCIO API ESTIMADO	~	-
42	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>		
43	MARCA E MODO DA VÁLVULA	kg/cm <sup>2</sup> g	-
44	PRESSÃO DE DISPARO	kg/cm <sup>2</sup> 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	(2) No caso de recipientes cheios de líquido, ademais da vazão de descarga, indicar-se-á vazão de líquido inicialmente deslocado e volumen total de líquido deslocado.		
52	(3) Comprovar "pour point" ou tendência a polimerizar do fluido.		
53	(4) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.		
54			
55			
56			
57			
58			
Rev.	Por		
Data	Aprovado		

**RESUMO DE VÁLVULAS DE SEGURANÇA**

Rót	VALVULA	SERVIÇO (1)	TAMANHO (2) ETIPO (3)	SET Pres. kg/cm <sup>2</sup>	CASOS DE DESCARGA																					
					FOGO			FALHA CW			FALHA ELETRICA			OUTRAS												
					kg/h	PM	(°C)	kg/h	PM	(°C)	kg/h	PM	(°C)	VAPOR kg/h	PM	LIQUIDO m <sup>3</sup> /h	Dens	°C	CASO (4)							
6	PSV-01	V-1	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15769	78,11	18,45	854,9	71	BLOQUEIO				
7	PSV-02	V-2	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19020	97,97	23,70	802,4	120	BLOQUEIO				
8	PSV-03	T-1	-	3,5	-	-	-	252369	120,60	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
9	PSV-04	V-3	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7540	76,22	8,98	839,8	70	BLOQUEIO				
10	PSV-05	T-2	-	3,5	-	-	-	23444	142,50	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
11	PSV-06	V-4	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11268	120,20	15,35	733,4	192	BLOQUEIO				
12	PSV-07	R-1	-	33,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24501	93,90	-	-	-	-	-	380	SOBREPRESSÃO	
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										
31																										
32																										
33																										
34																										
NOTAS :																										
(1) Equipamento protegido e descrição																										
(2) Indicar tamanho do orifício																										
(3) Balanceada (B) ou não (NB)																										
(4) Bloqueio, falha válvula controle, falha refluxo, etc.																										
Rev.	Por																									
Data	Aprovado																									

## ANEXO VIII – REATOR

	PROJETO	PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO n	R-1		
	UNIDADE:				Pág.	1	de 1	
R e v	<b>VASOS HORIZONTAIS</b>							
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>							
2	EQUIPAMENTO Nº	R-1						
3	SERVIÇO	Reação de alquilação de Friedel-Crafts para produção de cumeno						
4	CONDIÇÕES			PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> g)	TEMPERATURA (°C)			
5	DE OPERAÇÃO NORMAL			30,37	350,00			
6	DE PROJETO MECÂNICO			32,17	380,00			
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 VAPOR/INERTIZADO			-	-			
11	<b>ESQUEMA</b>							
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	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO</b>				<b>CONEXÕES</b>			
33	FLUÍDO	Hidrocarboneto		SIGLA	Nº	DIA (")	FLANGE	SERVIÇO
34	COMP. CORROSIVOS	-		A				Alimentação
35	TEOR (% / ppm p)	-		B				Saída
36	DENS. LÍQ. LEVE @T (kg/m <sup>3</sup> )	-						
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m <sup>3</sup> )	-						
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)	-						
39	<b>MATERIAL</b>							
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico				
41	Envolvente	Aço inoxidável	3 mm	-				
42	Fundos	Aço inoxidável	3 mm	-				
43	Internos	Aço inoxidável	3 mm	-				
44	Isolamento	-						
45	NOTAS :							
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

# ANEXO IX – TUBULAÇÕES

PROJETO :		PRODUÇÃO DE CUMIDO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRIFTS										TUBULAÇÕES DE PROCESSO																	
UNIDADE :												Pag. 1 de 3																	
R		TUBULAÇÕES DE PROCESSO																											
e																													
v																													
1	TUBULAÇÃO Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9																			
2	IDENTIFICAÇÃO RJ																												
3	DE		V-1			E-1	H-1	R-1	E-2	V-2																			
4																													
5	A	V-1	P-1	P-2	E-1	H-1	R-1	E-2	V-2	T-1																			
6																													
7		NATUREZA, RA SE e VAZÃO																											
8	NATUREZA DO FLUIDO	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico									
9	CORROSIVOS / TOXICOS (% peso / ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
10	FASE (1) / VAZÃO (% peso)	L	0	L	0	L	0	L	0	V	100	V	100	V	100	V	100	M	10,71	L	0								
11	VAZÃO VOLUMÉTRICO VAZÃO @ P.T									287,6		469,4		4348		390,2													
12	VAZÃO VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @ P.T																												
13																													
14	PESSO MOLECULAR GAS									64,92		64,92		93,9		93,9													
15	DENSIDADE GAS / LÍQUIDO @ P.T									854,30		840,10		506,20		747,60		70,98		43,50		4,70							
16	VISCOSIDADE GAS / LÍQUIDO @ P.T									0,57		0,33		0,14		0,38		0,01		0,02		0,01							
17	PONTO DE FULGÜR (ROU POINT)									°C																			
18																													
19	TEMPERATURA OPERAÇÃO / PROJETO									°C	25	55	41	71	25	55	38,66	68,85	212,6	242,6	350	380	328,8	358,8	90	120	90	120	
20	PRESSÃO OPERAÇÃO / PROJETO									kg/cm² g	-0,003	3,5	-0,0033	3,5	10,96	12,66	30,67	32,47	31,09	32,89	30,37	32,17	14,65	3,5	0,7513	3,5	0,7513	3,5	
21																													
22	DIÂMETRO NOMINAL									polegadas	2	3	2	3	6	6	8	6	4										
23	JP CALCULADA / PERMIDA (2)									kg/cm² / km	0,109	-	0,0534	-	0,0495	-	0,0926	-	0,0332	-	0,043	-	0,0979	-	0,0591	-	0,2383	-	
24	VELOCIDADE CALCULADA / PERMIDA (2)									ms	1,314	-	1,187	-	1,259	-	1,663	-	4,379	-	7,148	-	37,243	-	0,361	-	0,812	-	
25	ISOLAMENTO TRACELADO (3)										-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26	NOTAS																												
27	(1) Especificar se é vapor (V), líquido (L), o fase mista (M).																												
28	(2) Indicar a velocidade máxima permitida só se é um aquecimento de processo, corrosão, sólidos, fluidos especiais, etc.																												
29	(3) Se é requerido especificar: P: proteção pessoal; H: conservação de visão; C: conservação de audição; E: conservação de vapor; ET: tração elétrica; SJ: encamisado com vapor, etc.																												
30																													
31																													
32																													
33																													
34																													
	Rev. _____ Por _____																												
	Data _____ Aprovado _____																												

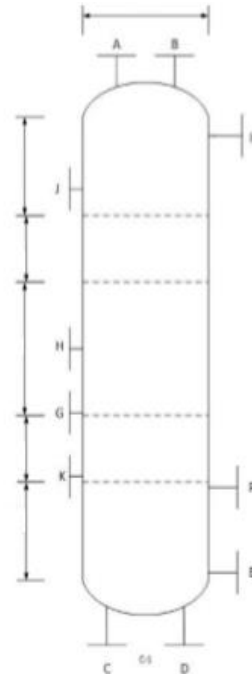
PROJETO :		TUBULAÇÕES DE PROCESSO															
UNDA DE :		Folha 2 de 3															
		TUBULAÇÕES DE PROCESSO															
		Folha 2 de 3															
R	e	TUBULAÇÕES DE PROCESSO															
1	TUBULAÇÃO Nº	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
2	IDENTIFICAÇÃO NO RUI																
3	DE	T-1	P-3	P-3	T-1	E-4	T-1	P-4	T-2	E-5							
4																	
5	A	E-3	T-1	P-6	E-4	T-1	P-4	T-2	E-5	T-2							
6																	
7	NATUREZA DO FLUIDO	NATUREZA, R, SEY VAZÃO															
8		Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico
9	COMPONENTOS CORROSIVOS / TOXICOS (% peso / ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	FASE (1) / VAPOREZADO (% peso)	V   100	L   0	L   0	L   0	L   0	V   100	L   0	L   0	V   100	L   0	L   0	V   100	L   0	L   0	L   0	
11	VAZÃO VOLUMÉTRICO VAPOREZADO @ P.T	4116,14	-	-	-	-	4891	-	-	-	-	-	4771	-	-	-	-
12	VAZÃO VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @ P.T	-	11,98	8,978	48,34	-	-	16,06	16,06	-	-	-	-	-	-	-	12,63
13																	
14	PESO MOLECULAR GÁS	76,22	-	-	-	-	120,3	-	-	120,2	-	-	-	-	-	-	-
15	DENSIDADE GÁS / LÍQUIDO @ P.T	4,18	-	839,8	-	839,8	-	717,4	6,481	-	-	714,9	-	745,2	4,356	-	733,4
16	VISCOSIDADE GÁS / LÍQUIDO @ P.T	0,0085	-	0,5466	-	0,5466	-	0,2371	0,0857	-	-	0,2336	-	0,2334	0,0081	-	0,2617
17	PONTO DE FUSÃO (POUR POINT)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18																	
19	TEMPERATURA OPERAÇÃO / PROJETO	92,62	122,62	40,13	70,13	40,13	70,13	195,18	215,18	180	210	180	210	180,1	210,1	161,97	191,97
20	PRESSÃO OPERAÇÃO / PROJETO	0,3983	3,5	0,2414	3,5	0,2414	3,5	1,108	3,5	0,9042	3,5	0,9042	3,5	2,618	4,418	0,2414	3,5
21																	
22	DIÂMETRO NOMINAL	8	3	3	3	8	10	3	3	8	3	3	3	8	3	3	3
23	JP CALCULADA / PERMIDA (2)	0,0805	-	0,0316	-	0,0165	-	0,109	-	0,0515	-	0,062	-	0,0307	-	0,1081	-
24	VELOCIDADE CALCULADA / PERMIDA (2)	36,256	-	0,705	-	0,547	-	0,414	-	26,813	-	0,978	-	0,978	-	40,867	-
25	ISOLAMENTO TRACELADO (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26																	
27	NOTAS																
28	(1) Especificar se é vapor (V), líquido (L), o fase mista (M).																
29	(2) Indicar a velocidade máxima permitida só se é um requerimento de processo, corrosão, sólidos, fluidos especiais, etc.																
30	(3) Se é requerido especificar, P: proteção pessoal, H: conservação decolor, C: conservação ffo, ST: tracelado com vapor, ET: traçado elétrico, SI: encaminhado com vapor, etc.																
31																	
32																	
33																	
34	Para maiores ver a folha de seleção de materiais.																
	Rev. Por																
	Data																
	Aprovado																

TUBULAÇÕES DE PROCESSO		TUBULAÇÕES DE PROCESSO									
R	e										
UNDA DE :											
1	TUBULAÇÃO Nº	19	20	21	22	23					
2	IDENTIFICAÇÃO NO RUI										
3	DE	P-5	T-2	E-6	T-2	P-6					
4											
5	A		E-6	T-2		V-1					
6											
7											
8	NATUREZA DO FLUIDO	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico	Orgânico
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS (% peso/ppm/p)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	FASE (1) / VAPORESADO (% peso)	L	L	V	L	L	L	L	L	L	L
11	VAZÃO VOLUMÉTRICO VAPORES @ P.T			291							
12	VAZÃO VOLUMÉTRICO LÍQUIDO @ P.T	15,35	282,1			0,3215	9,06				
13											
14	PESO MOLECULAR GAS	-	-	131,1	-	-	-	-	-	-	-
15	DENSIDADE GAS / LÍQUIDO @ P.T	kg/m <sup>3</sup>	733,4	69,8	7,404	-	697,7	-	840,1		
16	VISCOSIDADE GAS / LÍQUIDO @ P.T	gf/(g)/(cm <sup>2</sup> )/s	0,2617	0,2221	0,0038	-	0,1409	-	0,45		
17	PONTO DE FLUIZ (POUR POINT)	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18											
19	TEMPERATURA OPERAÇÃO / PROJETO	°C	161,93	191,93	195,18	215,18	207,78	207,78	237,78	417,9	717,9
20	PRESSÃO OPERAÇÃO / PROJETO	kg/cm <sup>2</sup> g	0,2414	3,5	1,108	3,5	1,108	3,5	1,108	31,09	32,89
21											
22	DIÂMETRO NOMINAL	polegadas	3	4	8	1	2				
23	JP CALCULADA / PERMIDA (2)	kg/cm <sup>2</sup> /km	0,0929	0,019	0,054	0,004	0,0942	-			
24	VELOCIDADE CALCULADA / PERMIDA (2)	ms	0,935	9,665	22,194	0,176	1,224	-			
25	ISOLAMENTO TRACELADO (3)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
26											
27	NOTAS										
28	(1) Especificar se é vapor (V), líquido (L), o fase mista (M).										
29	(2) Indicar a velocidade máxima permitida só se é um requerimento de processo, corrosão, sólidos, fluidos especiais, etc.										
30	(3) Se é requerido especificar, P: proteção passiva, H: conservação de calor, C: conservação térmica, ST: tracelado com vapor, ET: tracelado elétrico, SJ: encamisado com vapor, etc.										
31											
32											
33											
34	Para maiores ver a folha de seleção de materiais.										
	Rev. Por										
	Data	Aprovado									



# ANEXO X – VASOS

PROJETO		PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO n°		V-2		
UNIDADE:		Vasos			Pág.	1	de	4	
R	<b>VASOS VERTICAIS</b>								
e									
v									
<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>									
1									
2	EQUIPAMENTO Nº	V-2							
3	SERVIÇO	Vaso Separador							
4	CONDIÇÕES		PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> g)		TEMPERATURA (°C)				
5	POSIÇÃO (1)		Topo	Fundo	Topo	Fundo			
6	DE OPERAÇÃO NORMAL		7,51E-01	7,51E-01	90	90			
7	DE DESENHO MECÂNICO		3,50E+00	3,50E+00	120	120			
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	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO</b>				<b>ESQUEMA</b>				
13	FLUÍDO		Hidrocarbonetos						
14	COMPOSTOS. CORROSIVOS		-						
15	TEOR (% / ppm p)		-						
16	DENSIDADE LÍQ. LEVE @T (kg/m <sup>3</sup> )		3,576						
17	DENSIDADE LÍQ. PESADO @T (kg/m <sup>3</sup> )		802,4						
18	NÍVEL MÁXIMO LÍQUIDO (mm)		8.188,10						
19	<b>MATERIAL</b>								
20		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico					
21	Envolvente	Aço carbono	3 mm	-					
22	Fundo	Aço carbono	3 mm	-					
23	Internos	Aço carbono	3 mm	-					
24	Pratos	Aço carbono	3 mm	-					
25	Isolamento	-							
26	<b>CONEXÕES</b>								
27	SIGLA	Nº	DIA (")	FLANGE	Serviço				
28	A				SAÍDA PARA CONDENSADOR				
29	B				PURGA DE VAPOR				
30	C				ENTRADA DE REFLUXO				
31	D				ENTRADA DE ALIMENTAÇÃO				
32	E				INDICADOR DE NÍVEL SUPERIOR				
33	F				INDICADOR DE NÍVEL INFERIOR				
34	G				BOCA DE INSPEÇÃO				
35	H				SAÍDA PARA REFERVEDOR				
36	I				PURGA DE LÍQUIDO				
37	J				INDICADOR DE TEMPERATURA				
38	K				ENTRADA DE VAPOR				
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	HLL	13.100,9 mm							
54	NLL	8188,1 mm							
55	LLL	3.275,2 mm							
56									
57									
58									
	Rev.	Por							
	Data	Aprovado							





PROJETO	PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO nº	V-1	
UNIDADE :	Vasos			Pág.	2	de 4
R e v	<b>VASOS HORIZONTAIS</b>					
	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>					
EQUIPAMENTO Nº	V-1					
SERVIÇO	Acumulador					
CONDIÇÕES	PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> g)		TEMPERATURA (°C)			
DE OPERAÇÃO NORMAL	1		40,13			
DE PROJETO MECÂNICO	3,5		70,13			
DE DESENHO MECÂNICO ALT. (regeneração, pem, EOR, etc.)	-		-			
DE DESENHO MECÂNICO A VÁCUO	-		-			
A MÍNIMA TEMPERATURA (despressurização, etc)	-		-			
DE LIMPEZA COM VAPOR/INERTIZADO	-		-			
<b>ESQUEMA</b>						
Indicar regiões com recobrimentos, diferente material, CA, T de projeto e/ou isolamentos, enjaquetados...						
<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO</b>				<b>CONEXÕES</b>		
FLUÍDO	Benzeno			SIGLA	Nº	FLANGE
COMP. CORROSIVOS	-			A		SERVIÇO
TEOR (% / ppm p)	99			B		ALIMENTAÇÃO
DENS. LÍQ. LEVE @T (kg/m <sup>3</sup> )	-			C		VÁLVULA DE SEGURANÇA
DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m <sup>3</sup> )	854,8			D		CONTROLE DE NÍVEL
NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)	1176,57			E		VENTEIO
<b>MATERIAL</b>				F		PURGA A VAPOR
	Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	G		BOCA DE INSPEÇÃO
Envolvente	Aço carbono	3 mm	-	H		VÁLVULA DE ALÍVIO
Fundos	Aço carbono	3 mm	-			VÁLVULA DE REFLUXO
Internos	Aço carbono	3 mm	-			
Isolamento	-					
NOTAS :						
(1)	A função deste vaso é acumular benzeno de entrada e benzeno proveniente do reciclo					
HLL	941,3 mm					
NLL	588,3 mm					
LLL	235,3 mm					
Rev.	Por					
Data	Aprovado					

	PROJETO	PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO nº	V-3		
	UNIDADE:	Vasos			Pág.	3	de 4	
R e v	<b>VASOS HORIZONTAIS</b>							
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>							
2	EQUIPAMENTO Nº	V-3						
3	SERVIÇO	Acumulador						
4	CONDIÇÕES	PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> g)		TEMPERATURA (°C)				
5	DE OPERAÇÃO NORMAL	0,24142		40,13				
6	DE PROJETO MECÂNICO	3,5		70,13				
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 VAPOR/INERTIZADO	-		-				
11	<b>ESQUEMA</b>							
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	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO</b>				<b>CONEXÕES</b>			
33	FLUÍDO	Benzeno		SIGLA	Nº	DIA (")	FLANGE	
34	COMP. CORROSIVOS	-		A			SERVIÇO	
35	TEOR (% / ppm p)	99		B			ALIMENTAÇÃO	
36	DENS. LÍQ. LEVE @T (kg/m <sup>3</sup> )	-		C			VÁLVULA DE SEGURANÇA	
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m <sup>3</sup> )	839,82		D			CONTROLE DE NÍVEL	
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)	1.335,09		E			VENTIL	
39	<b>MATERIAL</b>				F			PURGA A VAPOR
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	G			BOCA DE INSPEÇÃO
41	Envolvente	Aço carbono	3 mm	-	H			VÁLVULA DE ALÍVIO
42	Fundos	Aço carbono	3 mm	-				VÁLVULA DE REFLUXO
43	Internos	Aço carbono	3 mm	-				
44	Isolamento	-						
45	NOTAS:							
46	(1) Vaso pulmão para acumular benzeno (produto de topo)							
47	HLL	1.068,1 mm						
48	NLL	667,5 mm						
49	LLL	267,0 mm						
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

	PROJETO	PRODUÇÃO DE CUMENO POR REAÇÃO DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS			EQUIPAMENTO nº	V-4		
	UNIDADE:	Vasos			Pág.	4	de 4	
R e v	<b>VASOS HORIZONTAIS</b>							
1	<b>CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO</b>							
2	EQUIPAMENTO Nº	V-4						
3	SERVIÇO	Acumulador						
4	CONDIÇÕES	PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> g)		TEMPERATURA (°C)				
5	DE OPERAÇÃO NORMAL	0,2414		161,93				
6	DE PROJETO MECÂNICO	3,5		191,93				
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 VAPOR/INERTIZADO	-		-				
11	<b>ESQUEMA</b>							
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	<b>CARACTERÍSTICAS DO FLUÍDO</b>				<b>CONEXÕES</b>			
33	FLUÍDO	Cumeno		SIGLA	Nº	DIA (")	FLANGE	
34	COMP. CORROSIVOS	-		A			SERVIÇO	
35	TEOR (% / ppm p)	99		B			ALIMENTAÇÃO	
36	DENS. LÍQ. LEVE @T (kg/m <sup>3</sup> )	-		C			VÁLVULA DE SEGURANÇA	
37	DENS. LÍQ. PES. @T (kg/m <sup>3</sup> )	96,77		D			CONTROLE DE NÍVEL	
38	NÍVEL MÁXIMO LÍQ. (mm)	1.520,16		E			VENTIL	
39	<b>MATERIAL</b>				F			PURGA A VAPOR
40		Material	Sob. Corrosão	Trat. Térmico	G			BOCA DE INSPEÇÃO
41	Envolvente	Aço carbono	3 mm	-	H			VÁLVULA DE ALÍVIO
42	Fundos	Aço carbono	3 mm	-				VÁLVULA DE REFLUXO
43	Internos	Aço carbono	3 mm	-				
44	Isolamento	-						
45	NOTAS :							
46	(1) Vaso pulmão para acúmulo de cumeno							
47	HLL	1.216,1 mm						
48	NLL	760,1 mm						
49	LLL	304 mm						
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
	Rev.	Por						
	Data	Aprovado						

# ANEXO XI – INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE

R e v	INSTRUMENTOS DE VAZÃO	Instrumentos de vazão	Pag.	1	de	4	
	<b>PROJETO : PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZENO E PROPILENO</b>						
	<b>UNIDADE : Instrumentos de vazão</b>						
1	INSTRUMENTO Nº	FT-02	FT-03	FT-05	FT-06	FT-07	FT-11
2	SERVIÇO	Saida P-1	Vapor para E-1	Entrada H-1	Combustível H-1	Entrada ar H-1	Água para R-1
3	CASO DE PROJETO						
4	NATUREZA DO FLUIDO	HC	DATOS GERAS DE OPERAÇÃO		HC	Ar	Água de refrigeração
5	COMPONENTOS CORROSIVOS / TOXICOS (% peso / ppm p)	-	Vapor de água	-	HC	-	-
6	FASE (1)	L	V	G	G	G	L
7	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @15,4°C	1,83E+01	-	-	2,63E+02	2,76E+03	-
8	GAS @ 0°C y 1 atm.	Nm <sup>3</sup> /h	-	2,04E+04	2,63E+02	2,76E+03	-
9	VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-	-	-
10	VAZÃO MÍNIMA / MÁXIMA	%	-	-	-	-	-
11	TEMPERATURA ENTRADA	°C	42	254	212,6	25	30
12	PRESSÃO ENTRADA	kg/cm <sup>2</sup> g	3,11E+01	4,32E+01	3,04E+01	-5,23E-01	-1,00E+00
13							
14			PROPRIEDADES DO FLUIDO				
15	PESO MOLECULAR GAS	-	1,80E+01	6,49E+01	1,60E+01	2,90E+01	-
16	DENSIDADE LÍQUIDO @15,4 °C	Sp. Gr.	8,64E+02	-	-	-	-
17	POUR POINT DO LÍQUIDO	°C	8,54E+02	2,13E+01	7,10E+01	3,24E-01	9,96E+02
18	DENSIDADE @ P, T	kg/m <sup>3</sup>	8,54E+02	0,0177	0,0149/	0,0127/	0,01885/
19	VISCOSIDADE @ T	cP (G) / cSt (L)	/0,572				/0,8
20			CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO				
21	TIPO ELEMENTO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-
22	SITUACION (2)	L	L	P	L	L	L
23	PONTOS CONSIGNA (VAZÃO NORMAL : 100%)						
24	ALARME ALTO / MUITO ALTO	%	-	-	-	-	-
25	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO	%	80/	-	-	-	-
26	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO	%	-	-	-	-	-
27	TRACEJADO / DIAFRAGMA / FLUSHING		-	-	-	-	-
28	LOCALIZADO EM IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO	4	-	5	-	-	-
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 VAZÃO**

INSTRUMENTO Nº	Fluente	Entrada	Saída	Reciclo	Saída
1	Fluente	FT-20	FT-27	FT-28	FT-29
2	SERVIÇO	Entrada E-2	Água para E-3		Saída P-6
3	CASO DE PROJETO				
4					
<b>DATOS GENERAIS DE OPERAÇÃO</b>					
5	NATUREZA DO FLUIDO	HC	HC	HC	HC
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS (% peso / ppm p)	-	-	-	-
7	FASE (1)	G	L	L	L
8	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @ 15,4 °C	-	2,20E+01	1,30E+05	8,73E+00
9	GAS @ 0°C y 1 atm.	5,14E+03	-	-	-
10	VAPOR DE AGUA	-	-	-	-
11	VAZÃO MÍNIMA / MÁXIMA	-	-	-	-
12	TEMPERATURA ENTRADA	328,8	90	40,13	41,79
13	PRESSÃO ENTRADA	1,47E+00	7,51E-01	2,41E-01	3,11E+01
14					
<b>PROPRIEDADES DO FLUIDO</b>					
15	PESO MOLECULAR GAS	9,39E+01	-	-	-
16	DENSIDADE LÍQUIDO @15,4 °C	-	8,64E+02	8,64E+02	8,64E+02
17	POUR POINT DO LÍQUIDO	-	-	-	-
18	DENSIDADE @ P T	4,70E+00	8,02E+02	8,40E+02	8,40E+02
19	VISCOSIDADE @ T	0,0138/	/0,395	/0,546	/0,546
20					
<b>CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO</b>					
21	TIPO ELEMENTO PRIMARIO	-	-	-	-
22	SITUACION (2)	P	L	L	L
23	PONTOS CONSIGNA ( VAZÃO NORMAL : 100%)				
24	ALARME ALTO / MUITO ALTO	%	-	-	-
25	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO	%	-	80/60	80/
26	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO	%	-	/60	-
27	TRACEJADO / DIARRAGMA / FLUSHING	-	-	-	-
28	LOCALIZADO EM / IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO	7	9	11	12
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.	Data	Por	Aprovado

**INSTRUMENTOS DE VAZÃO**

1	2	3	4	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				
R																																					
e																																					
v																																					
1	INSTRUMENTO Nº	FI-31	FT-32	FT-35	FI-34	FT-37	FT-42																														
2	SERVIÇO	Entrada E-4	Vapor para E-4	Saída P-4	Saída E-4	Água para E-5	Saída P-5																														
3	CASO DE PROJEITO																																				
4	<b>DATOS GENERAIS DE OPERAÇÃO</b>																																				
5	NATUREZA DO FLUIDO	HC	Vapor de água	HC	HC	Agua de refrigeração	HC																														
6	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS (% peso / ppm p)	-	-	-	-	-	-																														
7	FASE (1)	L	V	L	G	L	L																														
8	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @ 15,4 °C	4,99E+01	-	1,33E+01	-	1,00E+05	1,07E+01																														
9	GAS @ 0°C Y 1 atm.	-	-	-	6,23E+03	-	-																														
10	VAPOR DE AGUA	-	4,83E+03	-	-	-	-																														
11	VAZÃO MÍNIMA / MÁXIMA	-	-	-	-	-	-																														
12	TEMPERATURA ENTRADA	177,6	185,5	180,1	180	30	161,93																														
13	PRESSÃO ENTRADA	8,04E-01	3,63E+00	2,62E+00	9,04E-01	5,26E+00	2,41E-01																														
14	<b>PROPIEDADES DO FLUIDO</b>																																				
15	PESO MOLECULAR GAS	-	1,80E+01	-	1,20E+02	-	-																														
16	DENSIDADE LÍQUIDO @15,4 °C	6,47E+01	-	8,64E+02	-	-	8,65E+02																														
17	POUR POINT DO LÍQUIDO	-	-	-	-	-	-																														
18	DENSIDADE @ P, T	7,17E+02	5,80E+00	7,15E+02	6,48E+00	9,96E+02	7,33E+02																														
19	VISCOSIDADE @ T	/0,237	0,015/	/0,233	0,00858/	/0,8	/0,262																														
20	<b>CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO</b>																																				
21	TIPO ELEMENTO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-																														
22	SITUACION (2)	P	L	L	P	L	L																														
23	PONTOS CONSIGNA (VAZÃO NORMAL : 100%)	-	-	-	-	-	-																														
24	ALARME ALTO / MUITO ALTO	-	-	-	-	-	-																														
25	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO	-	-	80/60	-	-	80/60																														
26	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO	-	-	/60	-	-	/60																														
27	TRAGEJADO / DIAFRAGMA / FLUSHING	-	-	-	-	-	-																														
28	LOCALIZADO EM / IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO	13	-	15	14	-	-																														
29	<b>NOTAS :</b>																																				
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																																		

PROJETO : **PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZENO E PROPILENO**  
 UNIDADE : **Instrumentos de vazão**

Instrumentos de vazão  
 Pág. 4 de 4

**INSTRUMENTOS DE VAZÃO**

INSTRUMENTO Nº	FT-43	FL-45	FT-46	FL-48	FT-49	FT-50
1	Saída de cumeno	Entrada E-6	Vapor para E-6	Saída E-6	Saída DIPPB	Saída P-2
2	CASO DE PROJETO					
3	NATUREZA DO FLUIDO					
4	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS (% peso / ppm p)					
5	FASE (1)					
6	VAZÃO NORMAL LÍQUIDO @ 15,4 °C					
7	GAS @ 0°C y 1 atm.					
8	VAPOR DE ÁGUA					
9	VAZÃO MINIMA / MÁXIMA					
10	TEMPERATURA ENTRADA					
11	PRESSÃO ENTRADA					
12	PESO MOLECULAR GAS					
13	DENSIDADE LÍQUIDO @15,4 °C					
14	POUR POINT DO LÍQUIDO					
15	DENSIDADE @ P. T					
16	VISCOSIDADE @T					
17	TIPO ELEMENTO PRIMÁRIO					
18	SITUAÇÃO(2)					
19	PONTOS CONSIGNA (VAZÃO NORMAL : 100%)					
20	ALARME ALTO / MUITO ALTO					
21	ALARME BAIXO / MUITO BAIXO					
22	ENCRAVAMENTO ALTO / BAIXO					
23	TRAGEJADO / DIAFRAGMA / FLUSHING					
24	LOCALIZADO EM / IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO					
25	NOTAS :					
26	(1) Especificar se é gas (G), líquido (L) ou vapor de água (V).					
27	(2) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) ou painel local (PL).					
28	Rev.					
29	Data					
30	Por					
31	Aprovado					
32						
33						
34						





PROJETO : PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZENO E PROPILENO  
 UNIDADE : Instrumentos de pressão

Instrumentos de PRESSÃO  
 Pág. 1 de 2

**INSTRUMENTOS DE PRESSÃO**

R e v	INSTRUMENTO Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	NATUREZA FLUIDO	COMPUSIST O TOXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)			SITUAÇÃO (3)	CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO						TRAC. (sim /nao)	LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO/ RECIPIENTE	
								PRES. (kg/cm <sup>2</sup> g)	MIN	NORM		MAX	PONTOS CONSIGNA (kg/cm <sup>2</sup> g)							
													PAL	PALL	PAH	PAHH	BAIXO			ALTO
1																				
2																				
3																				
4																				
5	PI-02	Entrada E-1		HC	Não	L	38,84		3,11E+01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	4
6	PI-03	Vapor para E-1		Vapor de água	Não	V	254		4,32E+01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	5
7	PI-05	Entrada H-1		HC	Não	G	212,6		3,04E+01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	6
8	PI-09	Entrada R-1		HC	Não	G	350		3,02E+01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	7
9	PI-13	Saida R-1		HC	Não	G	350		3,02E+01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	7
10	PI-14	Entrada E-2		HC	Não	G	328,8		1,47E+00		P	-	-	-	-	-	-	-	-	7
11	PT-18	V-2		HC	Não	M	90		7,51E-01		L	-	-	-	-	-	-	-	-	V-2
12	PI-20	Entrada T-1		HC	Não	L	90		7,51E-01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	9
13	PT-21	Topo T-1		HC	Não	G	92,62		5,99E-01		L	-	-	1,50E+00	2,40E+00	-	2,40E+00	-	-	10
14	PI-22	Água para E-3		Água	Não	L	30		3,00E+01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	PI-26	Saida V-3		HC	Não	L	40,13		1,07E-01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	PI-27	Saida P-3		HC	Não	L	40,13		2,41E-01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	11
17	PI-28	Entrada P-6		HC	Não	L	40,13		2,41E-01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	12
18	PI-29	Saida P-6		HC	Não	L	41,79		3,11E+01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	23
19	PI-31	Entrada E-4		HC	Não	L	177,6		8,04E-01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	13
20	PI-32	Vapor para E-4		Vapor de água	Não	V	185,5		3,63E+00		P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	PI-34	Saida E-4		HC	Não	G	180		9,04E-01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	14
22	PI-35	Saida P-4		HC	Não	L	180,1		2,62E+00		P	-	-	-	-	-	-	-	-	16
23	PT-36	Topo T-2		HC	Não	G	161,97		2,41E-01		L	-	-	1,14E+00	2,04E+00	-	2,04E+00	-	-	17
24	PI-41	Saida V-4		HC	Não	L	161,97		1,48E+00		P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	PI-42	Saida P-5		HC	Não	L	161,93		2,41E-01		P	-	-	-	-	-	-	-	-	18
26	NOTAS :																			
27	(1) Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de água (V) o mista (M).																			
28	(2) Especificam-se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tunelação ou equipamento associado.																			
29	(3) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).																			
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
	Rev	Por																		
	Data	Aprovado																		

**INSTRUMENTOS DE PRESSÃO**

R e v	INSTRUMENTO Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	NATUREZA FLUIDO	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)								CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO						LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO / RECIPIENTE		
					COMPUEST CORROSIVOS O TÓXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)	PRES. (kg/cm <sup>2</sup> g)			SITUAÇÃO (3)	PONTOS CONSIGNA ALARMES (kg/cm <sup>2</sup> g)						TRAC. (sim /nao)			
								MÍN	NORM.	MAX.		PAL	PALL	PAH	PAHH	BAIXO	ALTO				
1																					
2																					
3																					
4																					
5	PI-45	Entrada E-6		HC	Não	L	195,2													20	
6	PI-46	Vapor para E-6		Vapor de água	Não	V	254														21
7	PI-48	Saida E-6		HC	Não	G	207,8														
8	PI-50	Saida P-2		HC	Não	L	27,39														
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26	NOTAS :																				
27	(1) Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de agua (V) o mista (M).																				
28	(2) Especificam-se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tunelização ou equipamento associado.																				
29	(3) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).																				
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					

Rev.	Por																				
Data	Aprovado																				

**INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA**

R e V	INSTRUMENT Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	NATUREZA FLUIDO	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)						CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO								
					COMPUESTOS CORROSIVOS OU TOXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)	TEMPERATURA (°C)			SITUACIÓN (3)	PUNTOS CONSIGNA (°C)							
								MIN.	NORM.	MÁX.		ALARMES	ENCRAV.	LOCALIZADO EM TUBULACIÓN / RECIPIENTE					
1																			
2																			
3																			
4																			
5		TI-02	Saída P-1		HC	Não	L	42		42									4
6		TI-03	Vapor para E-1		HC	Não	V	254		254									
7		TI-04	Saída E-1		HC	Não	L	254		254									
8		TI-05	Entrada H-1		HC	Não	G	212,6		212,6									5
9		TI-08	Saída gás H-1		Gases combustão	Não	G	660,6		660,6									
10		TI-09	Saída H-1		HC	Não	G	350		350									6
11		TI-10	R-1		HC	Não	G	350		350									R-1
12		TI-11	Água para R-1		Água	Não	L	30		30									
13		TI-12	Saída vapor R-1		Vapor de água	Não	V	-		-									
14		TI-14	Entrada E-2		HC	Não	G	328,8		328,8									7
15		TI-15	Água para E-2		Água	Não	L	30		30									
16		TI-16	Saída água E-2		Água	Não	L	45		45									
17		TI-17	Entrada V-2		HC	Não	M	90		90									8
18		TI-20	Entrada T-1		HC	Não	L	90		90									9
19		TI-21	Topo T-1		HC	Não	G	92,62		92,62									10
20		TI-22	Água para E-3		Água	Não	L	30		30									
21		TI-23	Saída água E-3		Água	Não	L	45		45									
22		TI-24	Saída E-3		HC	Não	L	40,13		40,13									
23		TI-31	Entrada E-4		HC	Não	L	177,6		177,6									13
24		TI-32	Vapor para E-4		Vapor de água	Não	V	185,5		185,5									
25		TI-33	Saída água E-4		Água	Não	L	185,5		185,5									
26		NOTAS:																	
27		(1) Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de água (V) o mista (M).																	
28		(2) Especificam-se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tunelização ou equipamento associado.																	
29		(3) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).																	
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
	Rev.		Por																
	Data		Aprovado																

PROJETO : **PRODUÇÃO DE GUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZENO E PROPILENO**  
 UNIDADE : **Instrumentos de temperatura**

Instrumentos de temperatura  
 Pág. **2** de **2**

**INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA**

R e v	INSTRUMENT Nº	SERVIÇO	CASO DE PROJETO	NATUREZA FLUIDO	DATOS GERAIS DE OPERAÇÃO (2)			SITUAÇÃO (3)	CARACTERÍSTICAS INSTRUMENTO						LOCALIZADO EM TUBULAÇÃO / RECIPIENTE						
					COMPUSTOS CORROSIVOS OU TOXICOS	FASE (1)	TEMP. (°C)		TEMPERATURA (°C)			PUNTOS CONSIGNA (°C)									
									MIN.	NORM.	MAX.	ALARMES	TAHH	TAHH		ENCRAV.	ALTO				
1																					
2																					
3																					
4																					
5	TT-34	Saida E-4		HC	Não	G	180												210	14	
6	TI-36	Topo T-2		HC	Não	G	161,97													17	
7	TI-37	Agua para E-5		Agua	Não	L	30													-	
8	TI-38	Saida água E-5		Agua	Não	L	45													-	
9	TI-39	Saida E-5		HC	Não	L	161,93													-	
10	TI-45	Entrada E-6		HC	Não	L	195,2													20	
11	TI-46	Vapor para E-6		Vapor de água	Não	V	254													-	
12	TI-47	Saida água E-6		Agua	Não	L	254													-	
13	TI-48	Saida E-6		HC	Não	G	207,8													237,8	21
14	TI-50	Saida P-2		HC	Não	L	27,39													-	-
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26	NOTAS:																				
27	(1) Especificar se é gas (G), líquido (L), vapor de agua (V) o mista (M).																				
28	(2) Especificam-se condições de operação. Para condições de projeto mecânico referir-se às condições da tunulação ou equipamento associado.																				
29	(3) Indicar se o instrumento é local (L), painel (P) o painel local (PL).																				
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
	Rev.		Por																		
	Data		Aprovado																		

PROJETO : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE			
UNIDADE : <b>Válvulas de controle</b>		Pág. 1 de 11			
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	Nº DE VÁLVULA	<b>FCV-01</b>		<b>FCV-02</b>	
3	SERVIÇO	Alimentação de benzeno		Saída P-1	
4	CASO				
5	LOCALIZADA EM P&ID				
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	HC		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	-		
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	8,20E+03	8,20E+03	1,57E+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	41	41	42
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	8,54E+02	8,54E+02	8,54E+02
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,572	0,572	0,572
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-8,00E-01	-8,00E-01	-8,00E-01
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a	-		
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	-		
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-	-	-
22	Cp / Cv	-	-	-	-
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	2,97E-01	-3,31E-03	3,14E+01
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	-		
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	3,56E-01	-3,97E-03	3,77E+01
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO	-		
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FC		FC
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO	-		
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -	-		
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	1	4	
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 : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE			
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. <b>2</b> de <b>11</b>			
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-03		FCV-04	
3	SERVIÇO	Vapor de água E-1		Entrada ar H-1	
4	CASO				
5	LOCALIZADA EM P&ID				
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
7		ENTRADA	SAIDA	ENTRADA	SAIDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	Vapor de água		Ar	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS	% p / ppm p	-	-	
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	-
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	-	3,38E+03	3,38E+03
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h	7,36E+03	7,36E+03	-
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60
14	TEMPERATURA	°C	254	254	25
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	-	-	-
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-	-	-
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a			
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	1,80E+01	1,80E+01	2,90E+01
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	2,13E+01	2,13E+01	3,51E-02
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-	-	1
22	Cp / Cv	-	-	-	1,401
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	4,35E+01	4,32E+01	-7,03E-01
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g			-1,00E+00
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	5,22E+01	5,18E+01	-8,44E-01
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO			
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FC		FC
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -			
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
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	<b>NOTAS :</b>				
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 : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE			
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. <b>3</b> de <b>11</b>			
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-05		FCV-06	
3	SERVIÇO	Entrada gás natural H-1		Entrada refrigeração de R-1	
4	CASO				
5	LOCALIZADA EM P&ID				
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
7		ENTRADA	SAIDA	ENTRADA	SAIDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	Gás natural		Água de refrigeração	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS	% p / ppm p	-	-	-
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	-
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	1,79E+02	1,79E+02	-
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60
14	TEMPERATURA	°C	25	25	30
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	9,95E+02
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	-	-	0,8
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-	-	-
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a			
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	1,60E+01	1,60E+01	-
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	3,24E-01	3,24E-01	-
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	0,9989	0,9989	-
22	Cp / Cv	-	1,302	1,302	-
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	-2,23E-01	-5,23E-01	5,56E+00
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g			5,26E+00
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	-2,68E-01	-6,28E-01	6,67E+00
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO			
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FC		FO
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -			
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
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	<b>NOTAS :</b>				
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 : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE			
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. <b>4</b> de <b>11</b>			
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-07		FCV-08	
3	SERVIÇO	Saída gás combustível V-2		Saída de fundo V-2	
4	CASO				
5	LOCALIZADA EM P&ID				
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
7		ENTRADA	SAIDA	ENTRADA	SAIDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	Gás combustível		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	-		-
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	-	1,90E+04
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	1,40E+03	1,40E+03	-
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60
14	TEMPERATURA	°C	90	90	90
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	8,02E+02
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	-	-	0,395
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-	-	-4,75E-01
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a			
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	5,99E+01	5,99E+01	-
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	3,58E+00	3,58E+00	-
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	0,972	0,972	-
22	Cp / Cv	-	1,11	1,11	-
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	1,05E+00	7,51E-01	1,05E+00
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g			
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	1,26E+00	9,02E-01	1,26E+00
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO			
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FO		FC
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -			
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	-	9	
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	<b>NOTAS :</b>				
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 : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE			
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. 5 de 11			
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-09		FCV-10	
3	SERVIÇO	Água de refrigeração E-3		Topo T-1	
4	CASO				
5	LOCALIZADA EM P&ID				
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	Água de refrigeração		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS	% p / ppm p	-	-	
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	1,30E+05	1,30E+05	-
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	30	30	92,62
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	9,95E+02	9,95E+02	-
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,8	0,8	-
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-	-	-
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a			
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	-	-	7,62E+01
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	4,18E+00
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-	-	0,959
22	Cp / Cv	-	-	-	1,1
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	5,56E+00	5,26E+00	8,98E-01
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g			
26	PRESSÃO PARA VÁLVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	6,67E+00	6,31E+00	1,08E+00
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO			
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FO		FO
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NAO			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -			
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	-	10	
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			

<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>						
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>						
1	Nº DE VALVULA		FCV-11		FCV-12	
2	SERVIÇO		Refluxo T-1		Vapor E-4	
3	CASO					
4	LOCALIZADA EM P&ID					
5	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>					
6			ENTRADA	SAIDA	ENTRADA	SAIDA
7	NATUREZA DO FLUIDO		HC		Vapor de água	
8	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	-		-	
9	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	9,67E+03	9,67E+03	-	-
10	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	-	-	-	-
11	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	4828	4828
12	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60	
13	TEMPERATURA	°C	40,13	40,13	185,5	185,5
14	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	8,40E+02	8,40E+02	-	-
15	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,546	0,546	-	-
16	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	1,73E-01	1,73E-01	-	-
17	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a				
18	PESO MOLECULAR DO GAS	-	-	-	1,80E+01	1,80E+01
19	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	5,80E+00	5,80E+00
20	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-	-	-	-
21	Cp / Cv	-	-	-	-	-
22	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>					
23	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	5,41E-01	2,41E-01	3,93E+00	3,63E+00
24	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g				
25	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	6,49E-01	2,89E-01	4,72E+00	4,36E+00
26	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO				
27	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100	
28	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FO		FC	
29	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO				
30	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -				
31	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>					
32	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	11		-	
33	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-				
34	CURVA DA VÁLVULA (4)	-				
35	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE	-				
36	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-				
37	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-				
38	NOTAS :					
39	(1) Válvula estagnada significa classe V o VI .					
40	(2) Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula					
41	(3) Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)					
42	(4) Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida					
43	(5) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.					
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
	Rev.	Por				
	Data	Aprovado				

PROJETO : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE				
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. <b>7</b> de <b>11</b>				
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>					
	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>					
1						
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-13		FCV-14		
3	SERVIÇO	Saída P-4		Água de refrigeração E-5		
4	CASO					
5	LOCALIZADA EM P&ID					
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>					
7						
8	NATUREZA DO FLUIDO	ENTRADA		SAÍDA		
9		HC		Água de refrigeração		
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	-			
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	1,15E+04	1,15E+04	1,00E+05	1,00E+05
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	180,1	180,1	30	30
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	7,15E+02	7,15E+02	9,96E+02	9,96E+02
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,233	0,233	0,8	0,8
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-1,02E+00	-1,02E+00	-	-
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a				
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	-	-	-	-
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-	-	-	-
22	Cp / Cv	-	-	-	-	-
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>					
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	2,92E+00	2,62E+00	5,56E+00	5,26E+00
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g				
26	PRESSÃO PARA VÁLVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	3,50E+00	3,14E+00	6,67E+00	6,31E+00
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO				
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100	
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FC		FO	
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO				
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -				
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>					
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	16		-	
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	<b>NOTAS :</b>					
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 : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZENO</b>		Válvula de CONTROLE			
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. <b>8</b> de <b>11</b>			
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-15		FCV-16	
3	SERVIÇO	Topo T-2		Refluxo T-2	
4	CASO				
5	LOCALIZADA EM P&ID				
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
7		ENTRADA	SAÍDA	ENTRADA	SAÍDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	HC		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS	% p / ppm p	-	-	-
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	-	9,26E+03	9,26E+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	161,97	161,97	161,93
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	7,33E+02
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	-	-	2,62E-01
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-	-	-1,02E+00
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a			
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	1,20E+02	1,20E+02	-
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	4,36E+00	4,36E+00	-
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	0,953	0,953	-
22	Cp / Cv	-	1,05	1,05	-
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	5,41E-01	2,41E-01	5,14E-01
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g			
26	PRESSÃO PARA VÁLVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	6,49E-01	2,89E-01	6,17E-01
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO			
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FO		FO
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NAO			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -			
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	17	18	
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 : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE	
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. <b>9</b> de <b>11</b>	
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>		
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>		
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-17	FCV-18
3	SERVIÇO	Saída de cumeno	Vapor E-6
4	CASO		
5	LOCALIZADA EM P&ID		
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>		
7		ENTRADA	SAIDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	HC	Vapor de água
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	-
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	-1,02E+00
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	1,13E+04
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h	-
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	3,45E+03
14	TEMPERATURA	°C	120/60
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	161,93
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	161,93
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	254
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a	254
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	1,80E+01
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	1,80E+01
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	2,13E+01
22	Cp / Cv	-	-
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>		
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	5,41E-01
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g	2,41E-01
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	5,56E+00
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO	5,26E+00
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	6,49E-01
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	2,89E-01
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO	6,67E+00
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -	6,31E+00
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>		
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	19
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 : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE			
UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. 10 de 11			
R e v	<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>				
1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>				
2	Nº DE VÁLVULA	FCV-19		FCV-20	
3	SERVIÇO	Saída DIPB		Reciclo T-1	
4	CASO				
5	LOCALIZADA EM P&ID				
6	<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>				
7		ENTRADA	SAIDA	ENTRADA	SAIDA
8	NATUREZA DO FLUIDO	HC		HC	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TOXICOS	% p / ppm p	-	-	
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	2,24E+02	2,24E+02	-
11	VAZÃO NORMAL DE GAS	kg/h	-	-	7,54E+03
12	VAZÃO NORMAL DE VAPOR DE AGUA	kg/h	-	-	-
13	VAZÃO MÁXIMO / MÍNIMO	%	120/60		120/60
14	TEMPERATURA	°C	207,8	207,8	40,13
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	6,98E+02	6,98E+02	8,64E+02
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,214	0,214	0,546
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	-1,03E+00	-1,03E+00	1,73E-01
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a			
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	-	-	-
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-	-	-
22	Cp / Cv	-	-	-	-
23	<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>				
24	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	1,41E+00	1,11E+00	5,41E-01
25	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g			
26	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	1,69E+00	1,33E+00	6,49E-01
27	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO			
28	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100
29	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FC		FO
30	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO			
31	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -			
32	<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>				
33	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	22		12
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	<b>NOTAS :</b>				
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			

R e v		PROJETO : <b>PRODUÇÃO DE CUMENO A PARTIR DE ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DE BENZEN</b>		Válvula de CONTROLE		
		UNIDADE : <b>Valvulas de controle</b>		Pág. 11 de 11		
<b>VÁLVULAS DE CONTROLE</b>						
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>						
1	Nº DE VÁLVULA		FCV-21		FCV-22	
2	SERVIÇO		Saída P-6		Saída P-2	
3	CASO					
4	LOCALIZADA EM P&ID					
5						
<b>CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO</b>						
6			ENTRADA	SAIDA	ENTRADA	SAIDA
7			HC		HC	
8	NATUREZA DO FLUIDO		-		-	
9	COMPOSTOS CORROSIVOS / TÓXICOS	% p / ppm p	-		-	
10	VAZÃO NORMAL DE LÍQUIDO	kg/h	7,56E+03	7,56E+03	4,65E+03	4,65E+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	41,79	41,79	27,39	27,39
15	DENSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	kg/m <sup>3</sup>	8,40E+02	8,40E+02	5,08E+02	5,08E+02
16	VISCOSIDADE DO LÍQUIDO @P, T	cSt	0,536	0,536	0,134	0,134
17	PRESSÃO DE VAPOR DO LÍQUIDO @T	kg/cm <sup>2</sup> a	1,70E-01	1,70E-01	1,48E+01	1,48E+01
18	PRESSÃO CRÍTICA	kg/cm <sup>2</sup> a				
19	PESO MOLECULAR DO GAS	-	-	-	-	-
20	DENSIDADE GAS @P, T	kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
21	COMPRESSIBILIDADE Z @P,T	-	-	-	-	-
22	Cp / Cv	-	-	-	-	-
<b>CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA</b>						
23	PRESSÃO PARA VAZÃO NORMAL	kg/cm <sup>2</sup> g	3,14E+01	3,11E+01	3,14E+01	3,11E+01
24	PRESSÃO PARA VAZÃO MÁXIMA	kg/cm <sup>2</sup> g				
25	PRESSÃO PARA VALVULA FECHADA	kg/cm <sup>2</sup> g	3,77E+01	3,73E+01	3,77E+01	3,73E+01
26	VÁLVULA ESTAGNADA (1)	SIM / NÃO				
27	ABERTURA MÍNIMA / MÁXIMA ( 2)	%	0/100		0/100	
28	AÇÃO A FALHA DE AR (3)	-	FC		FC	
29	AÇÃO TUDO / NADA	SIM / NÃO				
30	PASSO PLENO REQUERIDO	SIM / -				
<b>COMPROVAÇÃO PARA VÁLVULAS EXISTENTES</b>						
31	LOCALIZADA EM TUBULAÇÃO	-	23		-	
32	MARCA E MODO DA VÁLVULA	-				
33	CURVA DA VÁLVULA (4)	-				
34	CV INSTALADO EM VAL. EXISTENTE	-				
35	CV ESTIMADO NOVAS CONDIÇÕES	-				
36	VALIDEZ DA VÁLVULA (5)	-				
37	NOTAS :					
38	(1) Válvula estagnada significa classe V o VI .					
39	(2) Indicar se por razões de processo ou segurança deve limitar-se a abertura da válvula					
40	(3) Especificar a posição de segurança a válvula: FA (falha abre), FC (falha fecha) o FP (falha mantém a posição)					
41	(4) Indicar se é Linear, Isoporcentual ou abertura Rápida					
42	(5) Indicar se é válida ou não válida. NÃO VÁLIDA poderá indicar mudança da válvula ou modificações na mesma.					
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
Rev.		Por				
Data		Aprovado				

## ANEXO XII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=98-82-8&interface=CAS%20No.&N=0&mode=partialmaxfocus=product&lang=pt&region=BR&focus=product&gclid=Cj0KCQjw3InYBRCLARIsAG6bfMTDDXw6XGa5\\_tzl2Et mTm9U4JqPW6Ia7fap6dD9bJRE0saXeyeY7J8aAvzsEALw\\_wcB](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=98-82-8&interface=CAS%20No.&N=0&mode=partialmaxfocus=product&lang=pt&region=BR&focus=product&gclid=Cj0KCQjw3InYBRCLARIsAG6bfMTDDXw6XGa5_tzl2Et mTm9U4JqPW6Ia7fap6dD9bJRE0saXeyeY7J8aAvzsEALw_wcB)
- [2] TURTON, Richard et al. Analysis, synthesis and design of chemical processes. Pearson Education, 2008.
- [3] <https://www.ceresana.com/en/market-studies/chemicals/benzene/>
- [4] <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0159.html>
- [5] <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/cumene.pdf>
- [6] <https://cameochemicals.noaa.gov/chris/CUM.pdf>
- [7] [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/14356007.a19\\_299.pub2](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/14356007.a19_299.pub2)
- [8] <https://www.organic-chemistry.org/chemicals/oxidations/cumene-hydroperoxide-cmhp.shtm>
- [9] <https://www.icis.com/resources/news/2008/10/06/9160957/chemical-profile-cumene/>
- [10] <http://www.micromarketmonitor.com/market-report/cumene-reports-4415539497.html>
- [11] [https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2015/133446/TFG\\_Arrol\\_part07.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2015/133446/TFG_Arrol_part07.pdf)
- [12] <https://www.intratec.us/chemical-markets/cumene-price>



- [13] <https://mcgroup.co.uk/news/20170405/upsurge-cumene-prices-viewed-manifestation-bigger-trend.html>
- [14] <https://www.icis.com/resources/news/1999/11/29/100160/cumene/7>
- [15] <https://br.advfn.com/forum/unip6/484194/26>
- [16] <https://www.icis.com/resources/news/2005/05/24/679982/brazil-s-unipar-to-add-100-000-tonne-year-of-cumene-in-2007/>
- [17] [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1\\_4-diisopropylbenzene#section=Vapor-Pressure](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_4-diisopropylbenzene#section=Vapor-Pressure)
- [18] <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C100185&Mask=4>
- [19] CAO, E. Heat Transfer in Process Engineering. McGraw-Hill. 2009.
- [20] ÇENGEL, Y. A. HEAT TRANSFER: A Practical Approach. 2a edição.1998.
- [21] INCROPERA, F. P.; DEWITT D. P.; BERGMAN, T. L., LAVINE, A. S.; Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons. 6a edição. 2007.
- [22] KERN, D.; Process Heat Transfer. McGraw - Hill Book Company. New York, 1965.
- [23] TOWLER, G., SINNOTT, R. Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. BH. 2008.
- [24] CABRA, Luis D. / DE LUGAS, Antonio M./ RUIZ, Fernando F./ RAMOS, María J. M. Metodologías del Diseño Aplicado y Gestión de Proyectos para Ingenieros Químicos.

[25] BEGA, E. A.; DELMÉE, G.J.; COHN, P.E.; BULGARELLI, R.; KOCH, R.; FINKEL, V.S. GROOVER, M. P. Instrumentação Industrial, 2ª Ed., Rio de Janeiro: Interciência: IBP, 2006. xviii, 583 p

[26] MERWE, WV. Conversion of spent solid phosphoric Acid catalyst to environmentally friendly fertilizer. 2010.

[27] TOWLER, G. e SINNOTT, R. Chemical Engineering Desing. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Desing. Butterworth-Heinemann. 2008.

[28] MANKIW, Bibliografia Básica. NG Introdução à economia: São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2009. PINHO, DB; VASCONCELLOS, MAS de (Orgs.). Manual de Economia: equipe de professores da USP, v. 5.

[29] PETERS, Max Stone Et al. Plant design and economics for chemical engineers. New York: McGraw-Hill, 1968.

[30] RASE, Howard F.. Handbook of Commercial Catalysts: Heterogeneous Catalysts. Austin, Texas: Crc Press, 2016. 520 p.

[31] KAEDING, Warren W.; HOLLAND, Robert E.. Shape-selective reactions with zeolite catalysts: VI. Alkylation of benzene with propylene to produce cumene. Journal Of Catalysis. Princeton, New Jersey, p. 212-216. jan. 1988

[32] HARIDASAN V A. Sobic. PRESENTATION ON CUMENE PLANT. Riyadh, Saudi Arabia: Sobic, 2012. 39 slides, color

[33]HERDY, José de Souza; MAFRA, João Carlos Martins. REAÇÕES EM COMPOSTOS AROMÁTICOS. Grande Rio: Universidade do Grande Rio, 2009

[34] MCMURRY, John. ORGANIC CHEMISTRY. 7. ed. New York: Thomson, 2008. 1350 p.