



Universidade de Brasília
Instituto de Química
ENGENHARIA QUÍMICA

PRODUÇÃO DO ÉTER DIMETÍLICO (DME)

Alisson Alves Fernandes da Cruz (17/0028267)
Bárbara Resende (17/0056503)
Elizabeth Vieira Melo (17/0032698)
Isabela Lopes de Freitas (17/0035948)
Leonardo Otávio Bispo da Silva (16/0131502)
Tatiana Keiko Borges Umeda (17/0045790)

Projeto de Engenharia Química 2

Docente: **José Linares**

10 de Maio de 2022

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todos que contribuíram para o nosso crescimento pessoal e profissional ao longo da graduação. Foram longos anos de desafios, mas também de aprendizagem e de criação de laços de amizade.

Um agradecimento imenso às nossas famílias que deram o suporte e o auxílio necessário para que conseguíssemos chegar até aqui. Sem o apoio de nossas famílias em cada uma de nossas decisões, por menores que fossem, não teríamos a motivação para conquistarmos as pequenas vitórias dentro da universidade.

Agradecemos a todos os professores que tivemos ao longo desses anos, que deram o seu melhor para adquirirmos o conhecimento que possuímos hoje. Agradecemos pelas infinitas horas de aulas dadas, pelo empenho que tiveram para que aprendêssemos, mesmo durante a pandemia e o ensino à distância, pela disponibilidade de sanar dúvidas mesmo fora do horário de aula e por sempre nos mostrarem a importância de aprender e de se desenvolver. Vocês foram a nossa inspiração como profissionais e prometemos fazer bom uso do conhecimento que nos passaram.

Um agradecimento aos nossos amigos, em especial aos que fizemos na universidade, que sempre nos deram amparo e acolhimento. Agradecemos por toda a compreensão que tiveram, pelos momentos vividos e pelas vitórias que conquistamos juntos. Desejamos levar essas amizades e o que aprendemos com elas para o resto da vida.

Aos nossos colegas de curso pela parceria e pelo auxílio durante a graduação. Vocês foram nossos companheiros na tentativa de superarmos os desafios que existem para conquistar um diploma de graduação. Agradecemos pela oportunidade de trabalharmos juntos para a superação de desafios.

Por fim, agradecemos uns aos outros pela colaboração de cada um na elaboração desse trabalho. Todos nós tivemos um papel fundamental e demos o nosso melhor para o desenvolvimento desse documento.

CITAÇÃO

*”O gosto pelo
conhecimento é a melhor
herança que posso deixar.”*
- Expedito José de Sá Parente

RESUMO E PALAVRAS-CHAVE

O éter dimetílico é muito utilizado como um propelente de aerossol e também como fonte de energia renovável, sendo aditivo de combustíveis para motores diesel. O presente trabalho se trata da engenharia de processo de uma planta de produção de éter dimetílico (DME) a partir da desidratação catalítica do metanol sobre um catalisador de zeólito ácido. A planta conta com uma coluna de destilação, três trocadores de calor e um reator. No projeto, foi utilizado o software Aspen HYSYS® para a otimização da coluna de destilação. A partir dos dados obtidos foi realizado o dimensionamento dos equipamentos, análise econômica e ambiental do projeto, além da estratégia de controle da planta.

Palavras-Chave: DME. Dimetil Éter. Metanol. Catalisador. Síntese. Planta. Simulação. Otimização. Dimensionamento. Engenharia de Processo. Processo Industrial. Processo Químico. Viabilidade.

ABSTRACT AND KEYWORDS

Dimethyl ether is widely used as an aerosol propellant and also as a renewable energy source as a fuel additive for diesel engines. The present work is about the process engineering of a dimethyl ether (DME) production plant from the catalytic dehydration of methanol over an acid zeolite catalyst. The plant has one distillation column, three heat exchangers and one reactor. In the project, the Aspen HYSYS® software was used for the optimization of the distillation column. From the data obtained, the dimensioning of the equipment, economic and environmental analysis of the project was carried out, as well as the control strategy for the plant.

Keywords: DME. Dimethyl Ether. Methanol. Catalyst. Synthesis. Plant. Simulation. Optimization. Sizing. Process Engineering. Industrial process. Chemical process. Feasibility.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	APLICAÇÕES	11
1.1.1	PRODUTOS QUÍMICOS DOMÉSTICOS E COSMÉTICOS EM AEROSSOL	11
1.1.2	LACAS E TINTAS EM SPRAY	11
1.1.3	ESPUMAS DE MONTAGEM	11
1.1.4	ESPUMAS DE POLIESTIRENO ESPUMADO	11
1.1.5	COMBUSTÍVEL	12
1.2	PROPRIEDADES	12
1.3	PROCESSOS	13
1.4	DERIVADOS	14
1.5	MERCADO	15
1.5.1	DEMANDA POR DME EM SUBSTITUIÇÃO AO GLP	15
1.5.2	SEGMENTAÇÃO NO MERCADO	15
1.5.3	POSSÍVEIS RESTRIÇÕES	16
1.5.4	MERCADO GLOBAL	16
1.5.5	PRINCIPAIS EMPRESAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES	17
2	ESPECIFICAÇÕES	18
2.1	OBJETIVOS	18
2.1.1	CRITÉRIOS GERAIS	18
2.1.2	ALIMENTAÇÃO	18
2.1.3	REAÇÃO ENVOLVIDA	18
2.1.4	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	19
3	DIMENSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO	20
3.1	ESTIMATIVA DE CUSTOS	20
3.2	TROCADORES DE CALOR	21
3.2.1	CUSTO ASSOCIADO AOS TROCADORES DE CALOR	22
3.2.2	AQUECEDOR DE METANOL	24
3.2.3	RESFRIADOR DO REATOR	26
3.2.4	RESFRIADOR DE DME	28
3.3	REATOR	30
3.4	OTIMIZAÇÃO DA COLUNA DE DESTILAÇÃO	32
3.4.1	TORRE DE DESTILAÇÃO	33
3.4.2	VASO PULMÃO DE REFLUXO DE DESTILADO	35
3.4.3	CONDENSADOR	36
3.4.4	REFERVEDOR	37
3.4.5	BOMBA QUE ALIMENTA REFLUXO E DESTILADO	37
3.4.6	CUSTOS OPERATIVOS	38
3.4.7	DIMENSÕES DA COLUNA OTIMIZADA	40
4	CONTROLE E SEGURANÇA	41
5	ALARMES E ENCRAVAMENTOS	41
6	VÁLVULAS DE SEGURANÇA	42
7	DIAGRAMA P&ID	43
8	ANÁLISE	44

8.1	ANÁLISE AMBIENTAL	44
8.1.1	LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS	44
8.1.2	PRODUÇÃO DE DME	46
8.1.3	QUÍMICA VERDE	47
8.2	ANÁLISE ECONÔMICA	48
8.2.1	IMOBILIZADO	48
8.2.2	GASTOS TOTAIS	49
8.2.3	FLUXO DE CAIXA	52
8.2.4	INVESTIMENTO TOTAL E RENTABILIDADE	54
8.2.5	VIABILIDADE ECONÔMICA	54
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
10	REFERÊNCIAS	56
11	FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO	58
11.1	CORRENTES MATERIAIS	58
11.2	TROCADORES DE CALOR	62
11.2.1	AQUECEDOR DE METANOL	62
11.2.2	RESFRIADOR DO REATOR	63
11.2.3	RESFRIADOR DE DME	64
11.3	REATOR	65
11.4	COLUNA DE DESTILAÇÃO	66
11.4.1	TORRE DE DESTILAÇÃO	66
11.4.2	VASO PULMÃO	67
11.4.3	CONDENSADOR	68
11.4.4	CALDEIRA	69
11.4.5	BOMBA DE ALIMENTAÇÃO	70
11.5	INTRUMENTOS DE CONTROLE	71
11.5.1	ALARMES	71
11.5.2	VÁLVULAS DE CONTROLE	72
11.5.3	VÁLVULAS DE SEGURANÇA	73
11.5.4	ENCRAVAMENTOS	74
11.5.5	INSTRUMENTOS	75
12	APÊNDICE	77
12.1	FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO: METANOL	77
12.2	FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO: ÉTER DIETÍLICO	88

LISTA DE FIGURAS

1	Estrutura do DME. [1]	10
2	Estrutura tridimensional do DME. [1]	10
3	Rótulo de risco do DME. [2]	11
4	Sulfato de Dimetila	14
5	Ácido Acético	15
6	Segmentação do mercado global de DME em 2020 (adaptado). [3]	16
7	Custo de equipamentos comuns em plantas (tabela reduzida). [4]	20
8	Exemplo de trocador de casco e tubos.	22
9	Representação genérica de uma coluna de destilação. [5]	32
10	Representação do processo no Aspen HYSYS®.	33
11	Representação da coluna de destilação no Aspen HYSYS.	33
12	Representação do vaso pulmão de refluxo.	36

LISTA DE TABELAS

1	Propriedades físico-químicas e ambientais do DME. [2]	13
2	Composição da alimentação. [6]	18
3	Fatores de instalação propostos por Hand (1958). [4]	21
4	Coeficientes individuais de transferência de calor.	23
5	Coeficientes de deposição.	23
6	Correntes relacionadas ao primeiro trocador de calor. [6]	25
7	Cálculos Relacionados ao Primeiro Trocador de Calor. [6]	26
8	Custo Relacionado ao Primeiro Trocador de Calor. [6]	26
9	Correntes relacionadas ao segundo trocador de calor. [6]	27
10	Cálculos Relacionados ao Segundo Trocador de Calor. [6]	28
11	Custo Relacionado ao Segundo Trocador de Calor. [6]	28
12	Correntes relacionadas ao terceiro trocador de calor. [4]	29
13	Cálculos relacionados ao terceiro trocador de calor. [6]	29
14	Custo relacionado ao terceiro trocador de calor. [4]	30
15	Parâmetros de Cálculo do reator. [4]	31
16	Dimensionamento do reator.	32
17	Custos calculados para a torre de destilação.	35
18	Custos calculados para o vaso pulmão do condensador.	36

19	Custos calculados para o condensador.	37
20	Custos calculados para o refeedor.	37
21	Custos calculados para a bomba de alimentação do refluxo e do destilado. . . .	38
22	Custos operativos de água no condensador.	39
23	Custos operativos de vapor de baixa pressão.	39
24	Custos de energia para a bomba.	39
25	Custo total associado a coluna de destilação para cada quantidade de pratos. . .	40
26	Dimensões da coluna de destilação e do vaso pulmão para a coluna otimizada. .	40
27	Dimensão do condensador e do refeedor para a coluna otimizada.	40
28	Dimensão da bomba para a coluna otimizada.	40
29	Lista de alarmes utilizados na planta.	41
30	Sistemas de encravamento na planta.	41
31	Vazões de descarga para cada uma das válvulas de segurança.	42
32	Cálculos dos custos dos equipamentos da planta.	49
33	Cálculos dos custos dos custos de fabricação. [4]	51
34	Cálculos dos gastos gerais. [4]	51
35	Apresentação dos custos relacionados ao projeto. [4]	52
36	Cálculos de Fluxo de Caixa Livre e Atualizado. [4]	53
37	Resultado final da análise econômica do projeto. [4]	54

1 INTRODUÇÃO

O produto abordado no presente relatório é um composto orgânico cuja função principal é o éter. O éter é uma função orgânica oxigenada, a qual possui como principal característica estrutural a presença de dois radicais orgânicos ligados a um átomo de oxigênio. É possível citar algumas propriedades físicas referentes aos éteres [1]:

- Estado físico à temperatura ambiente: quando apresenta 4 ou a mais átomos de carbono em sua composição, este se apresenta no estado líquido.
- Ponto de fusão e ponto de ebulição: quando comparados com compostos orgânicos de massa molar aproximada, estes apresentam ponto de fusão semelhante ao de alcanos.
- Densidade: são compostos que apresentam uma densidade baixa quando comparados à água.
- Polaridade: são compostos que apresentam geometria angular, assim, são polares.
- Forças de interação: são compostos com baixa polaridade, interagindo entre si por uma fraca interação dipolo permanente. Com a água e com os álcoois, os éteres possuem a capacidade de interagir por meio de ligações de hidrogênio.
- Característica organoléptica: são substâncias que exalam um odor agradável, porém sua inalação pode provocar dependência.

O dimetil éter ou éter dimetílico ou metoximetano, também conhecido como DME, possui a fórmula CH_3OCH_3 ou, de forma simplificada, C_2H_6O , é um gás a temperatura ambiente muito utilizado em aerossóis, também pode ser utilizado como combustível automotivo, substituindo o GLP ou o diesel. O DME pode ser obtido a partir de diferentes fontes, como, por exemplo, gás natural, carvão e biomassa. Sua estrutura pode ser observada nas Figuras 1 e 2.

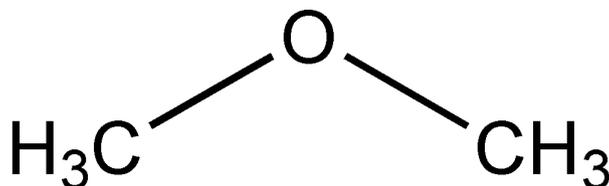


Figura 1: Estrutura do DME. [1]

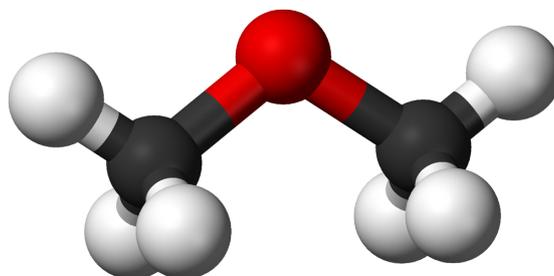


Figura 2: Estrutura tridimensional do DME. [1]

O número ONU que identifica o éter dimetílico é 1033, seu rótulo de risco pode ser visto na Figura 3 e seu número de risco é 23 (gás inflamável).



Figura 3: Rótulo de risco do DME. [2]

1.1 APLICAÇÕES

O dimetil éter, é um gás incolor, não prejudicial para o ozônio, utilizado como propelente em diversas aplicações, esse composto oferece diferentes características, como seu elevado poder solvente e a sua capacidade de mistura com o álcool e outras substâncias aquosas. [7]

1.1.1 PRODUTOS QUÍMICOS DOMÉSTICOS E COSMÉTICOS EM AEROSSOL

O DME é um solvente muito bom para polímeros em spray para cabelo, ele fornece uma dispersão suave do produto da lata, é altamente compatível com propelentes de hidrocarbonetos (propano, butano, propano-butano, pentano) e apresenta alta solubilidade em água. [7]

1.1.2 LACAS E TINTAS EM SPRAY

O DME é importante para esse tipo de aplicação pois é um propelente e um solvente, sua rápida evaporação garante uma secagem mais rápida, minimiza a formação de estrias, cria uma camada homogênea, reduz o uso de tinta para obter efeito semelhante, tem uma pressão parcial maior do que no caso do propano ou butano. [7]

1.1.3 ESPUMAS DE MONTAGEM

Para este caso o DME é o propelente ideal, é um solvente muito bom para o fluoropolímero, prolonga a vida útil do produto acabado, é bom para controlar a viscosidade e a estrutura das espumas e uma fórmula contendo éter dimetílico pode otimizar as formulações de inverno. [7]

1.1.4 ESPUMAS DE POLIESTIRENO ESPUMADO

A utilização de DME nesse caso evita o uso adicional de outros solventes (etanol, acetona), pode ser usado em vez de freon, reduzindo os custos de produção, apresenta alto índice de distribuição o que o torna adequado para produção de placas com menor densidade, reduz os custos de produção, permite a produção de placas de maior espessura (até 100 mm e acima), as quais apresentam melhor resistência à compressão, melhora as propriedades de isolamento

térmico e ajuda a reduzir as emissões de CO_2 para a atmosfera. [7]

1.1.5 COMBUSTÍVEL

O DME é um combustível sustentável para motores de ignição por compressão e pode ser produzido a partir de várias fontes renováveis [8]. Por isso um uso potencialmente importante dele é como substituto do propano no GLP usado como combustível. Ele também é um combustível promissor em motores diesel e turbinas a gás. Como o DME é um composto de cadeia curta de carbono, isso leva a emissões muito baixas de partículas e não gera óxido de enxofre em sua combustão. [9]

Descarbonizar o setor de transporte é uma necessidade cada vez mais alarmante, pois o mundo procura caminhos alternativos de enfrentar a poluição global e os problemas de saúde associados. Assim, é interessante ter uma gama de combustíveis com baixo teor de carbono ou carbono negativo que são substitutos realistas, econômicos e de longo prazo para os combustíveis fósseis de hoje.

O combustível a partir do éter dimetílico é uma opção de baixo custo, baixo teor de carbono e fuligem zero, que pode substituir o diesel advindo de petróleo. Além disso, o DME é um transportador de hidrogênio econômico.

O DME pode ser usado em motores diesel como substituto do diesel tradicional devido à sua boa eficiência de ignição e alto índice de cetano. Por outro lado, tem viscosidade e lubricidade menores que o diesel. Ele é mantido em estado líquido sob baixa pressão, semelhante ao GLP para motores a gasolina, o que ajuda a limitar o número de modificações necessárias no motor. Mesmo assim, algumas pequenas modificações no motor são necessárias, com destaque para a bomba injetora e a instalação de um tanque de pressão semelhante ao utilizado para o GLP.

O motor DME e a produção do veículos que o comporta já foram feitos e a confiabilidade do veículo foi validada por um teste de 100.000 km. A maioria desses veículos são fabricados no Japão, um exemplo é o Mitsubishi Fuso Canter. [3]

1.2 PROPRIEDADES

- É miscível com a maioria dos solventes orgânicos.
- Alta solubilidade em água.
- Completamente miscível em água e 6% de etanol.
- Alta volatilidade.
- Alto número de cetano, ou seja, possui um tempo curto de combustão após ignição. Por isso é muito usado como um aditivo de motores a diesel. [10]
- É um queimador de baixo NO_x , ou seja, em sua combustão, ele não gera em grande volume de óxidos de nitrogênio na forma NO , NO_2 e NO_3 na atmosfera. Um baixo NO_x é desejado pois esses componentes atuam na degradação da camada de ozônio, e conseqüentemente, aumentando as conseqüências do efeito estufa. [10]
- Facilmente transformado em líquido, com a pressão de 6 atmosferas. Essa propriedade possibilita o transporte facilitado do DME para regiões mais distantes e de difícil acesso, como a Amazônia, por exemplo.

Na Tabela 1 é possível visualizar as propriedades físico-químicas associadas ao éter dimetílico.

Tabela 1: Propriedades físico-químicas e ambientais do DME. [2]

Propriedade	Valor/Descrição
Peso molecular	46.1
Ponto de ebulição (°C)	-24.7
Ponto de fusão (°C)	-138.5
Temperatura crítica (°C)	126.9
Pressão crítica (atm)	53
Densidade relativa do vapor	1.6
Densidade relativa do líquido	0,724 a -24,7°C
Pressão de vapor	760 mm Hg a -23,7 °C
Calor latente de vaporização (cal/g)	111
Calor de combustão (cal/g)	-7480
Solubilidade na água	7,0g/100mL a 20 °C
Reatividade química com água	não reage
Reatividade química com materiais comuns	não reage
Polimerização	não ocorre
Degradabilidade	produto volátil (gás)
Potencial de concentração na cadeia alimentar	nenhum
Potencial de ionização (eV)	11,32

1.3 PROCESSOS

Gás natural, biomassa, resíduos de fábricas de celulose e papel, produtos florestais, subprodutos agrícolas, resíduos de construção e cultivos de combustível dedicados, são apenas algumas das fontes abundantes do DME. Ele também pode ser derivado diretamente do gás de síntese produzido por gaseificação de carvão ou biomassa, ou reforma de gás natural. [3]

O DME originalmente é obtido a partir do gás de síntese, que poderá ser derivado do carvão, biogás, gás natural [11]. Neste processo temos a hidrogenação do monóxido de carbono, em um processo bastante custoso, conforme demonstrado a seguir:

Produção pela via direta: hidrogenação do monóxido de carbono.

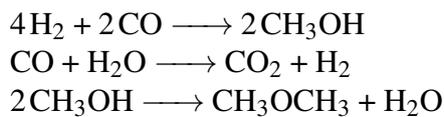


Pela via direta, pode ser gerado o bioDME, que seria o éter dimetílico oriundo de biomassa lignocelulósica ou resíduos agrícolas [12].

Obter o dimetil éter se tornou o desejo de muito países, justamente pois o DME é uma excelente alternativa ao diesel e uma fonte de energia com menor taxa de emissão de particulados e gases nocivos à camada de ozônio. Porém, o processamento do metano pela via direta, a via mais tradicional de produção, é um processo bastante caro e se tornou inviável para China, Índia, Coreia do Sul e até mesmo o Brasil. Com esse cenário, também foi desenvolvida uma via de produção indireta de DME, que pode baratear o processo. [13]

Para a via indireta, temos a desidratação do metanol. O método é indireto pois primeiro precisamos formar o metanol para em seguida desidratá-lo [14]. Esse processo, além de mais barato, apresenta menos resíduos e subprodutos:

Produção pela via indireta: síntese do metanol e sua desidratação



A produção do DME considerada neste presente projeto é a realizada por meio da desidratação catalítica do metanol, ou seja, uma das etapas da via indireta, em que seu catalizador é uma zeólita ácida.

A inclusão do DME em alternativa ao diesel em processos de geração de energia acaba sendo bastante vantajoso ecologicamente. Em sua combustão ele gera até 85% menos emissão de gases estufa e ainda pode ser produzido a partir de biomassa. [15]

1.4 DERIVADOS

Além dos processos de geração de energia, o DME pode ser utilizado como matéria-prima no processo de produção do sulfato de dimetila, um agente de metilação, usado em sínteses orgânicas [12]:

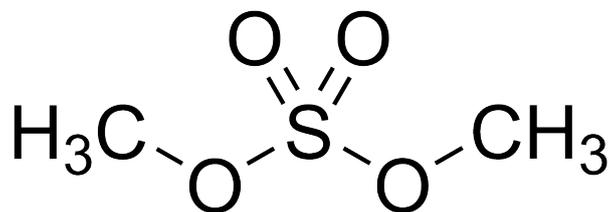
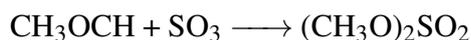


Figura 4: Sulfato de Dimetila

E também pode ser convertido em ácido acético, que possui imensos usos para a indústria, como na produção de polímeros, produção de tintas e corantes [12]. A reação ocorre quando DME reage com monóxido de carbono e água em um processo de carbonilação:



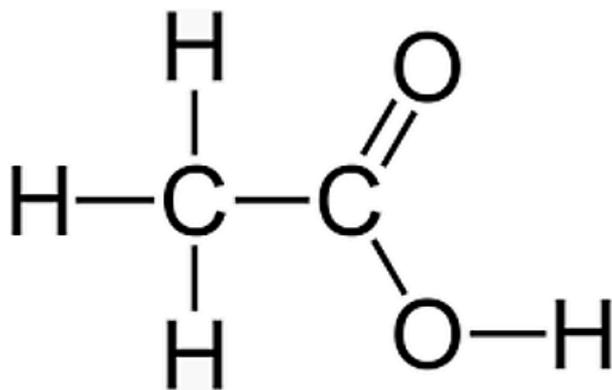


Figura 5: Ácido Acético

1.5 MERCADO

O mercado global de éter dimetílico foi estimado em US\$ 4.001,89 milhões no ano de 2020. Frente a pandemia do COVID-19 houve uma diminuição da demanda em todas as regiões, o mercado global apresentou um declínio de 2,76% em 2020 em comparação com o crescimento médio anual entre 2017 e 2019. A previsão é que o mercado cresça para USD 4.363,9 milhões em 2021 e para USD 8.755,17 milhões em 2028.

Como dito anteriormente o DME possui propriedades semelhantes ao Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Pode-se dizer que a China produz a maior parte dos produtos do mundo, enquanto o Japão monopoliza as fábricas. Plantas de produção também são encontradas na América do Norte, Indonésia e Uzbequistão e a Suécia abriga a primeira fábrica de bio DME do mundo.

De acordo com a ETEnergyworld, o efeito Corona, que inclui bloqueio abrangente nas economias consumidoras de petróleo, deverá reduzir a produção global de petróleo em 15-20 milhões de barris por dia. Assim, o declínio no consumo de petróleo, por sua vez, diminuiria o consumo de éter dimetílico. [3]

1.5.1 DEMANDA POR DME EM SUBSTITUIÇÃO AO GLP

Empresas como Topsoe, Mitsubishi e Total estão focando na promoção do DME como um combustível sintético moderno e renovável devido às suas excelentes propriedades de combustão e que pode ser usado para substituir o gás liquefeito de petróleo (GLP) ou misturado em uma mistura de combustível. É um gás a temperaturas e pressão ambiente, mas pode ser liquefeito a pressões mais altas.

Assim como o GLP, o DME também pode ser usado para cozinhar e aquecer. A semelhança entre estes e a facilidade de processamento de várias matérias-primas criam várias perspectivas para a chegada do combustível ultralimpo a novos mercados ao redor do mundo como uma boa alternativa. O uso do DME como fonte alternativa de energia tem apresentado grande interesse em vários países, com iniciativas na China, Egito, Índia, Indonésia, Japão, Coreia, Uzbequistão e Vietnã. O mercado de fontes de energia "mais verdes" nas economias em desenvolvimento despertou o interesse em misturas contendo o produto feito a partir de matéria-prima renovável. [3]

1.5.2 SEGMENTAÇÃO NO MERCADO

Por aplicação o mercado de DME é dividido em mistura de GLP, propulsor de aerossol, combustível de transporte e outros, como pode ser visto na Figura 6.

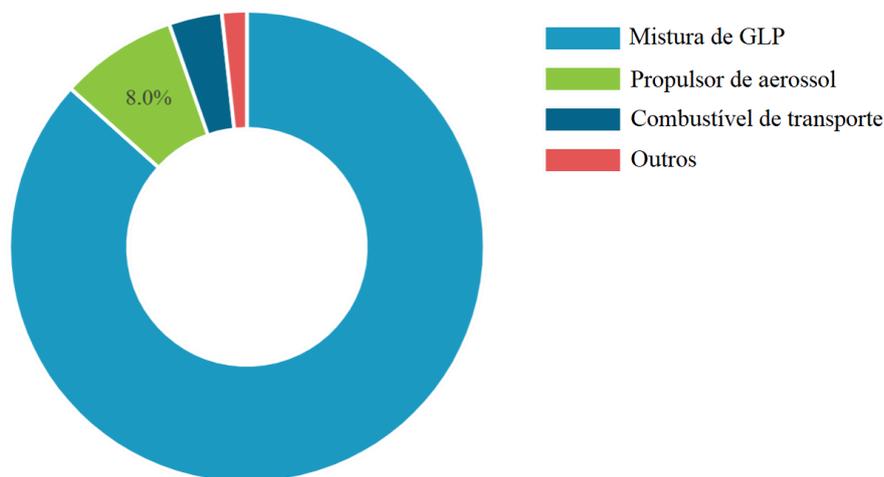


Figura 6: Segmentação do mercado global de DME em 2020 (adaptado). [3]

A partir da Figura 6 é possível observar que a mistura de GLP é o principal segmento do mercado de DME, este fornece vários caminhos para combustíveis renováveis e de emissão zero para uma variedade de usos. Em segundo lugar, observa-se que O DME também é um composto orgânico comumente usado como um propulsor de aerossol e em demais aplicações como um reagente na fabricação de outros compostos, como sulfato de dimetil, ácido acético, nitrato de amônio, fosfato de amônio e produção de amônia. O éter dimetílico também pode ser usado como refrigerante verde, pois apresenta um risco de aquecimento global significativamente menor do que os clorofluorcarbonos e não tem potencial de destruição da camada de ozônio. [3]

1.5.3 POSSÍVEIS RESTRIÇÕES

A criação de regulamentos e normas podem dificultar o crescimento do mercado de DME. Espera-se que a Organização Internacional de Padronização emita diretrizes sobre o uso de DME. As pesquisas científicas relacionadas estão sendo realizadas por empresas envolvidas na fabricação, mistura e distribuição do produto na China em colaboração com fabricantes de válvulas, vedações e cilindros, para a obtenção de um único padrão para GLP e misturas.

A legislação formal e oficial que regulamenta o cilindro, o armazenamento e as porcentagens deste produto que podem ser usadas nessas misturas é o próximo passo necessário para o crescimento do mercado e do desenvolvimento de procedimentos de segurança e manuseio globalmente reconhecidos. [3]

1.5.4 MERCADO GLOBAL

O tamanho do mercado na Ásia-Pacífico foi de US\$ 3.194,17 milhões em 2020. Ou seja, a região dominou o mercado global devido a um crescimento exponencial em países como China e Índia.

O DME tem sido usado como fonte de energia na China, Japão, Coreia, Egito e Brasil há décadas. Ele pode ser gerado internamente a partir de diversas matérias-primas, incluindo biogás de resíduos urbanos ou agrícolas e gás natural. As indústrias de transporte, agricultura e construção são aplicações perfeitas na América do Norte. Como o DME pode ser produzido a partir de uma variedade de opções isso pode torná-lo altamente competitivo a até mais acessível do que o diesel tradicional. Quando feito a partir de biogás pelo processo Oberon, o produto é certificado como combustível verde sob o Padrão de Combustíveis Renováveis da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

A Europa é outro mercado significativo devido ao crescimento da indústria automotiva nesses países. Além disso, o uso de éter dimetílico nas residências impulsiona o desenvolvimento e conseqüentemente impulsiona o mercado.

Espera-se que o Oriente Médio, a África e a América Latina apresentem um crescimento constante durante o período de previsão (2021-2018). O crescimento esperado é decorrente de várias iniciativas governamentais que visam o aumento do uso de combustível doméstico limpo e também do uso para a indústria química. [3]

1.5.5 PRINCIPAIS EMPRESAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES

Temos algumas empresas-chave para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento que fortalecem a presença do DME no mercado. Os principais players no mercado global são: Jiutai Energy Group (China), Haldor Topsoe, Oberon fuels (EUA), CF Industries Holdings, Royal Dutch Shell Plc. (Holanda), The Chemours Company (EUA), Mitsubishi Corporation (Japão) e Toyo Engineering Corporation. Essas empresas combinaram suas operações de fabricação e entrega de matérias-primas para manter a consistência do produto e expandir o alcance regional. Tal escolha proporcionou um benefício financeiro na redução de custos, permitindo o aumento de suas margens de lucro. A seguir é possível visualizar algumas contribuições realizadas pelas empresas para o mercado de DME. [3]

- Junho de 2021: a Oberon Fuels iniciou a produção comercial de éter dimetílico renovável (rDME). A empresa é a primeira e única produtora em escala comercial desse combustível de baixo teor de carbono.
- Maio de 2020, a Air Products, principal produtora de gases industriais, e a Haldor Topsoe, produtora global de catalisadores de alto desempenho e tecnologia de propriedade para indústrias químicas, anunciaram a assinatura de um acordo de aliança global. É previsto que as empresas usem seu amplo alcance de mercado para desenvolver projetos de proficiência em plantas de metanol, amônia e/ou éter dimetílico em grande escala para serem desenvolvidas em nível global.

2 ESPECIFICAÇÕES

2.1 OBJETIVOS

O objetivo do presente relatório é apresentar um livro de Engenharia de Processos de uma planta produtiva de dimetil éter (DME) através da desidratação catalítica do metanol com auxílio de um catalisador de zeólito ácido.

2.1.1 CRITÉRIOS GERAIS

- Capacidade produtiva: 50.000 ton/ano.
- Pureza do DME: 99.5% (w/w).
- Operação: 8.375 h/ano.
- Conversão (passagem única): 80%.

2.1.2 ALIMENTAÇÃO

A corrente de alimentação entra a 45°C e 15.2 bar e sua composição está descrita na Tabela 2, sendo que todos os componentes estão na fase líquida com vazão de 10.49 ton/h.

Tabela 2: Composição da alimentação. [6]

Componente	Vazão molar (kmol/h)
Metanol	323
Água	3.8
DME	1.5

2.1.3 REAÇÃO ENVOLVIDA

A reação de produção de éter dimetílico a partir de metanol é descrita a seguir.



A reação que ocorre é exotérmica e apresenta um calor padrão de reação, $\Delta H_r(25^\circ\text{C}) = -11.770 \text{ kJ/kmol}$. Não há outras reações significativas ocorrendo a menos de 400°C. A mais de 250°C a equação da taxa é dada por [6]:

$$-r_{(\text{metanol})} = k_o \cdot \exp\left[\frac{-E_o}{RT}\right] \cdot p_{(\text{metanol})} [6] \quad (2)$$

em que $k_o = 1,21 \times 10^6 \text{ kmol}/(\text{m}^3\text{cat.h.kPa})$, $E_o = 80,48 \text{ kJ/mol}$ e $p_{(\text{metanol})}$ = pressão parcial de metanol (kPa). É importante citar que a desativação significativa do catalisador ocorre em temperaturas superiores a 400°C, portanto o reator deve ser projetado para que esta temperatura não seja excedida em nenhum ponto do reator. [6]

2.1.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo consiste na produção de 50.000 toneladas por ano de dimetil éter (DME) a partir da reação exotérmica de desidratação do metanol por uma via catalítica (equação 1). Para as temperaturas normais de operação, não são observadas reações laterais significativas que possam comprometer o rendimento do processo [6].

O exemplo utiliza como base para a execução do presente projeto foi obtido no apêndice B.1 do livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes* [6] e foram realizadas algumas simplificações, como a retirada da etapa de recuperação do metanol a partir do produto de fundo e o reciclo na coluna de destilação, dessa forma o processo final utilizado foi o definido a seguir.

A corrente inicial com as características descritas na subseção 2.1.2 entra no processo e passa inicialmente por um refeedor (trocador de calor) para ser vaporizada antes de entrar em um reator de leito fixo que opera entre 250°C e 370°C. O catalisador utilizado é de alumina amorfo tratado com 10,2% de sílica. A conversão do metanol em DME no reator é de 80% (passagem única). [6]

A corrente de saída do reator é então resfriada através de um trocador de calor antes de entrar em uma coluna de destilação para obter o DME, o qual será obtido por meio de uma destilação fracionada. O produto de topo da coluna é o DME, por ser mais volátil, enquanto que o produto de fundo é uma mistura de subproduto da reação (água) e de metanol não reagido. A corrente que sai do topo da coluna está a 46°C e 10.3 bar e contém DME na pureza almejada de 99,5%. [6]

3 DIMENSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO

3.1 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Para calcularmos o valor gasto em cada equipamento inicialmente realizamos uma estimativa de custos preliminar e a adicionamos na etapa de otimização para que o custo seja um dos fatores a serem considerados. Para calcular o custo dos equipamentos será utilizada a tabela 6.6 do livro *Chemical Engineering Design* [4] a qual é apresentada de forma reduzida na Figura 7.

Equipment	Units for Size, S	S_{Lower}	S_{Upper}	a	b	n
<i>Boilers</i>						
Packaged, 15 to 40 bar	kg/h steam	5,000.0	200,000.0	4,600	62	0.8
Field erected, 10 to 70 bar	kg/h steam	20,000.0	800,000.0	-90,000	93	0.8
<i>Distillation columns</i>						
See pressure vessels, packing, and trays						
<i>Evaporators</i>						
Vertical tube	area, m ²	11.0	640.0	17,000	13,500	0.6
Agitated falling film	area, m ²	0.5	12.0	29,000	53,500	0.6
<i>Exchangers</i>						
U-tube shell and tube	area, m ²	10.0	1,000.0	10,000	88	1.0
Floating head shell and tube	area, m ²	10.0	1,000.0	11,000	115	1.0
Double pipe	area, m ²	1.0	80.0	500	1,100	1.0
Thermosiphon reboiler	area, m ²	10.0	500.0	13,000	95	1.0
U-tube Kettle reboiler	area, m ²	10.0	500.0	14,000	83	1.0
Plate and frame	area, m ²	1.0	180.0	1,100	850	0.4
<i>Packings</i>						
304 ss Raschig rings	m ³			0	3,700	1.0
Ceramic intalox saddles	m ³			0	930	1.0
304 ss Pall rings	m ³			0	4,000	1.0
PVC structured packing	m ³			0	250	1.0
304 ss structured packing	m ³			0	3,200	1.0
<i>Pressure vessels</i>						
Vertical, cs	shell mass, kg	150.0	69,200.0	-400	230	0.6
Horizontal, cs	shell mass, kg	250.0	69,200.0	-2,500	200	0.6
Vertical, 304 ss	shell mass, kg	90.0	124,200.0	-10,000	600	0.6
Horizontal, 304 ss	shell mass, kg	170.0	114,000.0	-15,000	560	0.6
<i>Pumps and drivers</i>						
Single-stage centrifugal	flow Liters/s	0.2	500.0	3,300	48	1.2
Explosion-proof motor	power, kW	1.0	2,500.0	920	600	0.7
Condensing steam turbine	power, kW	100.0	20,000.0	-19,000	820	0.8
<i>Reactors</i>						
Jacketed, agitated	volume, m ³	0.5	100.0	14,000	15,40	0.7
Jacketed, agitated, glass-lined	volume, m ³	0.5	25.0	13,000	34,00	0.5
<i>Tanks</i>						
Floating roof	capacity, m ³	100.0	10,000.0	53,000	2,400	0.6
Cone roof	capacity, m ³	10.0	4,000.0	5,700	700	0.7
<i>Trays</i>						
Sieve trays	diameter, m	0.5	5.0	100	120	2.0
Valve trays	diameter, m	0.5	5.0	130	146	2.0
Bubble cap trays	diameter, m	0.5	5.0	200	240	2.0

Figura 7: Custo de equipamentos comuns em plantas (tabela reduzida). [4]

A equação que relaciona os parâmetros apresentados na Figura 7 é [4]:

$$C_e = a + b.S^n \quad (3)$$

Onde, " C_e " é custo estimado, " a " e " b " são as constantes presentes na tabela da Figura 7, " S " é o critério de dimensionamento do equipamento que tem sua definição e unidade descrita para cada equipamento na tabela e " n " é expoente utilizado para cada equipamento.

Também serão considerados os custos de instalação para cada equipamento, o fator de instalação pode ser encontrado na Tabela 3 que foi retirada do livro *Chemical Engineering Design* [4] (tabela 6.3).

Tabela 3: Fatores de instalação propostos por Hand (1958). [4]

Tipo de equipamento	Fator de instalação
Compressor	2.5
Colunas de destilação	4
Fornalha	2
Trocador de calor	3.5
Instrumentos	4
Outros equipamentos	2.5
Vasos pressurizados	4
Bombas	4

Com o valor do custo estimado calculado pela equação 3 é possível calcular o custo do equipamento considerando a instalação a partir da equação 4, onde " L " representa o fator de instalação.

$$C = L.C_e = L.(a + b.S^n) \quad (4)$$

3.2 TROCADORES DE CALOR

Trocadores de calor são equipamentos que utilizam um fluido, podendo ser um líquido ou um gás, para realizar troca de calor entre meios sem o contato direto entre eles. Os trocadores são extremamente importantes e utilizados na indústria química justamente pois muitas reações dependem da temperatura, e a quantidade de energia trocada interfere diretamente na eficiência da reação, nos custos e no aproveitamento térmico do sistema. [16]

Existem diversos tipos de trocadores, que se diferenciam pelo modo de operação, forma de construção, quais fluidos utilizam, sendo os mais comuns os trocadores de casco e tubo, trocador de placas, trocador de tubo duplo e trocador serpentina. Além disso, o fluidos podem estar em contra-corrente, paralelos ou até mesmo em uma direção de 90°, tudo irá depender dos objetivos do seu sistema de aquecimento/resfriamento.

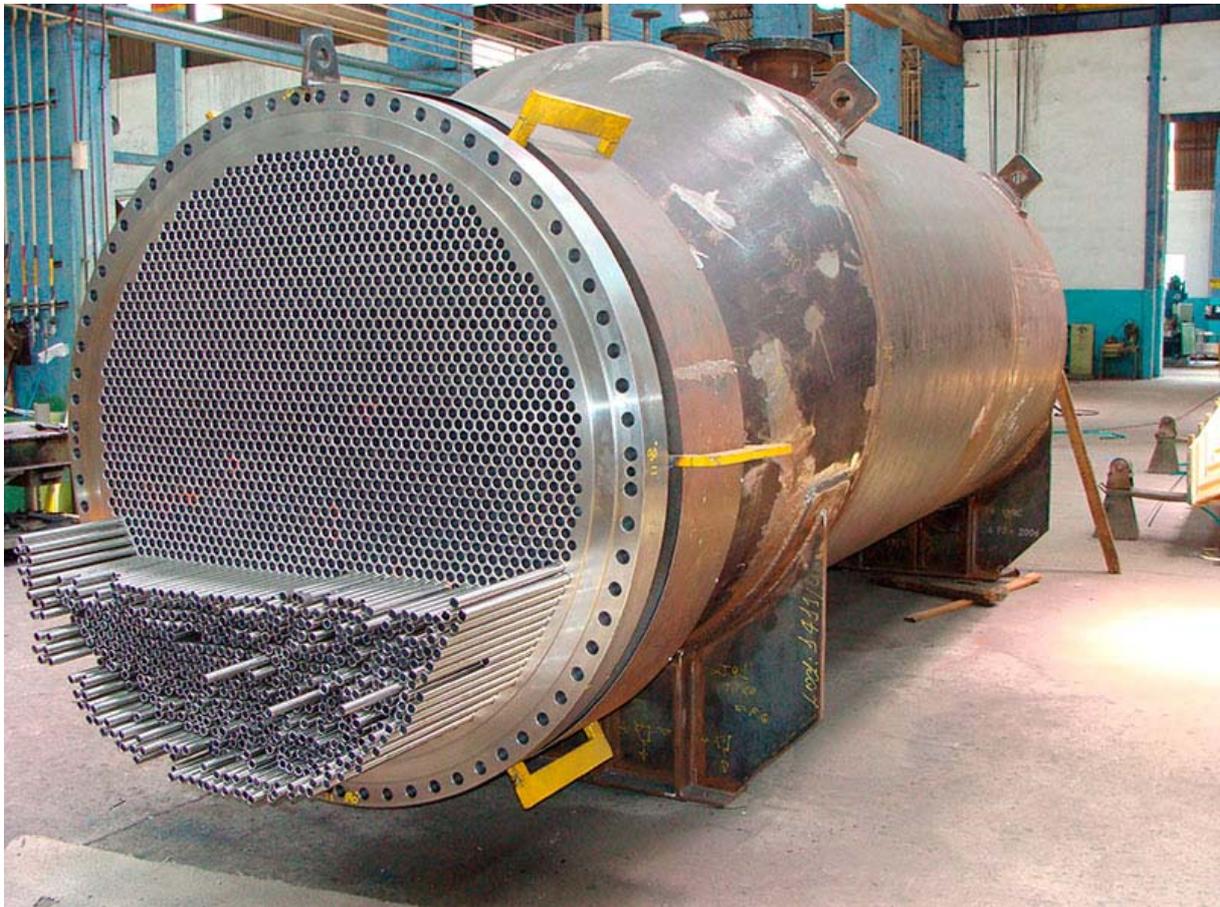


Figura 8: Exemplo de trocador de casco e tubos.

[17]

Em nosso sistema temos três trocadores de calor: um aquecedor de metanol, que garante que o reagente esteja em temperatura adequada para a realização da reação, um resfriador do reator, que garante que o catalisador não seja desativado e um resfriador de produto DME para que ele entre na coluna de destilação e seja devidamente separado dos outros componentes da mistura.

Para o dimensionamento de trocadores, é levada em consideração a lei do resfriamento de Newton:

$$q = h.A_s.(T_s - T_b) \quad (5)$$

Em que o calor trocado depende do coeficiente de transferência de calor h , da área de troca de calor A_s , da temperatura T_s da superfície de troca e da temperatura média de mistura do fluido T_b . Em um trocador de calor a temperatura dos fluidos está em constante mudança e seria extremamente complexo o cálculo da mudança dessa temperatura, envolveria saber os fluxos de calor nas paredes de troca, e saber a temperatura na superfície de troca, assim é necessário realizar algumas simplificações para o dimensionamento destes equipamentos. Consideraremos então que estamos lidando com um regime permanente, que os calores específicos não são funções da temperatura e que o coeficiente de transferência de calor é constante ao longo do trocador. [18]

3.2.1 CUSTO ASSOCIADO AOS TROCADORES DE CALOR

Considerando a Figura 7 nota-se que o parâmetro necessário para estimar o custo de trocadores de calor é a área em m^2 , dessa forma será apresentado o algoritmo que será utilizado para os cálculos de custo dos trocadores de calor.

A área de um trocador pode ser calculada da seguinte forma:

$$A_{trocador} = \frac{Q}{U \cdot F_T \cdot \Delta T_{ml}} \quad (6)$$

O "U" presente na equação 6 representa o coeficiente global de troca térmica, o qual é calculado da seguinte forma:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_q} + \frac{1}{h_f} + r_q + r_f \quad (7)$$

Na equação 7 "h" representa os coeficientes individuais de transferência de calor, "r" representa o coeficiente de deposição e os índices "q" e "f" se referem ao fluido quente e ao fluido frio, respectivamente. Os valores relacionados podem ser observados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Coeficientes individuais de transferência de calor.

Valor aproximado de h (kcal/(h.m².°C))	
Sem mudança de fase	
Água	1400 - 10000
Gases	10 - 240
Solventes orgânicos	300 - 2400
Hidrocarbonetos	50 - 600
Produtos condensando	
Vapor de água	4900 - 15000
Solventes orgânicos	700 - 2400
Hidrocarbonetos leves	950 - 1950
Hidrocarbonetos pesados	100 - 250
Produtos evaporando	
Água	3900 - 9800
Solventes orgânicos	500 - 1500
Hidrocarbonetos leves	750 - 1450
Hidrocarbonetos pesados	50 - 250

Tabela 5: Coeficientes de deposição.

Coefficiente de deposição ((h.m².°C)/kcal)	
Fluido limpo	0.0001 - 0.0002
Fluido sujo	0.0004 - 0.002
Água de refrigeração	0.0002 - 0.0004
Vapor de água	0.0001 - 0.0002

O ΔT_{ml} é diferença de temperatura logarítmica entre o fluido quente e o fluido frio e pode ser calculado como mostrado na equação 8.

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} \quad (8)$$

- T_1 = temperatura de entrada do fluido frio;
- T_2 = temperatura de saída do fluido frio;
- t_1 = temperatura de entrada do fluido quente;
- t_2 = temperatura de saída do fluido quente.

O " F_T " da equação 6 é o fator de correção que pode ser calculado a partir das equações 9, 10 e 11 ou também graficamente.

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

$$s = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \quad (10)$$

$$F_T = \frac{\sqrt{(R^2 + 1)} \cdot \ln\left[\frac{(1-s)}{(1-R \cdot s)}\right]}{(R - 1) \cdot \ln\left[\frac{2-s \cdot (R+1-\sqrt{(R^2+1)})}{2-s \cdot (R+1+\sqrt{(R^2+1)})}\right]} \quad (11)$$

Os valores de " Q " que são os fluxos de calor trocado em cada trocador foram obtidos a partir da simulação do processo no programa *ASPENtech*.

Dessa forma é possível calcular a área de troca necessária para cada trocador e essas serão utilizadas na equação 3 em conjunto com os parâmetros da Figura 7 obtendo assim o custo estimado de cada trocador de calor.

Os tubos considerados no caso de trocadores de casco e tubos serão de diâmetro igual a 3/4" (0.01905 m) e 20 ft (6.096), portando cada tubo terá a área de 0.365 m², portando dividindo o valor da área total pela área de cada tubo será possível determinar o número de tubos para cada caso.

$$A_{tubo} = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0.01905m \cdot 6.096m = 0.36483m^2 \quad (12)$$

$$N_{tubos} = \frac{A_{trocador}}{A_{tubo}} = \frac{A_{trocador}}{0.365m^2} \quad (13)$$

3.2.2 AQUECEDOR DE METANOL

O evaporador de metanol é o primeiro trocador presente na planta de produção do DME. As características das correntes de entrada e saída podem ser observadas na Tabela 6.

Tabela 6: Correntes relacionadas ao primeiro trocador de calor. [6]

Corrente	Entrada Frio	Saída Frio	Entrada Quente	Saída Quente
Temperatura (°C)	45	154	212	212
Pressão (bar)	15.2	15.1	-	-
Fração de vapor	0	1	1	1
Fluxo mássico (ton/h)	10.49	10.49	-	-
Fluxo molar (kmol/h)	328.3	328.3	-	-
Composição				
Dimetil éter (kmol/h)	1.5	1.5	0	0
Metanol (kmol/h)	323	323	0	0
Água	3.8 (kmol/h)	3.8 (kmol/h)	1 (fração molar)	1 (fração molar)

O vaporizador utilizado é um trocador do tipo casco e tubos de aço carbono com cabeça flutuante, no qual o gás é processado dentro dos tubos, no caso a corrente de metanol, DME e água. A variação máxima de pressão suportada por este é de 15 bar, na Tabela 6 é possível notar que a perda de pressão foi de 0.1 bar, portanto esse requisito foi atendido.

No caso deste trocador, temos como entrada a corrente de composição mostrada na Tabela 6, ou seja, um fluxo em estado líquido composto em sua maioria por metanol e contendo pequenas quantidades de DME e água. Esse fluxo entra no casco do vaporizador envolta dos tubos e o fluido de aquecimento, no caso o vapor de água, passa na região interna dos tubos. A corrente de entrada passa por uma mudança de fase, já que o fluxo de saída encontra-se com fração de vapor igual a 1.

Para calcular o custo do trocador é necessário calcular o coeficiente global associado, utilizando os valores das Tabelas 4 e 5 e considerando que o fluido frio é a corrente de entrada (mistura de metanol, DME e água) é evaporada e que o fluido quente utilizado para o aquecimento é vapor de água temos o valor aproximado de 321,10 kcal/(h.m².°C) para o coeficiente global.

Com os valores informados na Tabela 6 é possível calcular os valores de ΔT_{ml} e de F_T com as equações 8 e 11, como o fluido de arrefecimento é um vapor de média pressão este apresenta a mesma temperatura de entrada e saída, portanto o fator de correção utilizado é igual a 1. O calor trocado obtido através da simulação foi de 13398,6 MJ/h. Substituindo esses valores na equação 6 obtêm-se uma área para o trocador de 96,76 m² e aplicando este valor na equação 13 encontra-se a quantidade de tubos desejada. Considerando a tabela da Figura 7 temos os seguintes parâmetros para este trocador de casco e tubos com cabeça flutuante.

Tabela 7: Cálculos Relacionados ao Primeiro Trocador de Calor. [6]

Parâmetros	Valores
F_t	1
ΔT	103,1 °C
h_q	1400 kcal/hm ² °C
h_f	500 kcal/hm ² °C
r_q	0,0002 hm ² °C/kcal
r_f	0,0002 hm ² °C/kcal
U	321,10 kcal/hm ² °C
Q	13398,6 MJ/h
$A_{trocador}$	96,76m ²
N_{tubos}	266

Substituindo os valores da Tabela 8 na equação 4 obtemos um custo estimado de \$22.127,40 e um custo final de \$77.445,90 (referência ano 2007).

Tabela 8: Custo Relacionado ao Primeiro Trocador de Calor. [6]

Parâmetros	Valores
$A_{trocador}$	96,76 m ²
a	11.000
b	115
n	1
C_e	\$22.127,40
Fator de instalação	3.5
C	\$77.445,90

3.2.3 RESFRIADOR DO REATOR

O resfriador do reator é o segundo trocador presente nesta planta de produção do dimetiléter. A reação que ocorre no reator tem operação entre 250°C e 370°C e é exotérmica, o que pode ser um problema, pois se o reator atingir mais de 400°C o catalisador de alumina é desativado e reações laterais podem começar a acontecer, assim, o controle dessa temperatura é de grande impacto na eficiência da planta.

Esse resfriador é um trocador do tipo casco e tubos de aço carbono com cabeça flutuante. Essa configuração de trocador é formado por uma carcaça, a casca, e uma série de tubos dentro desta carcaça. Temos um dos fluidos passando dentro dos tubos e o outro fluido passando no espaço entre os tubos e a carcaça. São trocadores muitos versáteis, podendo aguentar altas pressões e temperatura, fluidos viscosos e corrosivos.

No caso desta planta, temos como fluido frio o metanol fresco que irá entrar dentro do reator, que já foi pré aquecido pelo trocador de calor 1, ele entra a 154°C e sai do trocador com

a temperatura de 250°C. O fluido quente é o fluido de saída do reator, que se trata do DME e da água, que são os produtos da reação. A escolha de qual fluido deve passar dentro dos tubos deverá ser aquele com maior coeficiente de formação de crosta, porém, como o coeficiente de formação de crosta é igual para o metanol, DME e água, não fará diferença qual passará dentro dos tubos. Além disso, a pressão máxima suportada por este trocador seria de 15 bar segundo as especificações de projeto, porém no fluxo do fluido frio e quente a diferença de pressão não passa de 1 bar, então esse requisito de projeto está sendo atendido.

Sobre a composição das correntes do fluido frio e fluido quente que passam neste trocador, basta observar a Tabela 9.

Tabela 9: Correntes relacionadas ao segundo trocador de calor. [6]

Corrente	Entrada Frio	Saída Frio	Entrada Quente	Saída Quente
Temperatura (°C)	154	250	364	278
Pressão (bar)	15.1	14.7	13.9	13.8
Fração de vapor	1	1	1	1
Fluxo mássico (ton/h)	10.49	10.49	10.49	10.49
Fluxo molar (kmol/h)	328.3	328.3	328.3	328.3
Composição (kmol/h)				
Dimetil éter	1.5	1.5	130.5	130.5
Metanol	323	323	64.9	64.9
Água	3.8	3.8	132.9	132.9

Não temos mudança de fase no reator e tudo está na fase gasosa, então, para o cálculo de todos os dados referentes à sessão 3.2.1. "Custo Associado aos Trocadores de Calor", na Tabela 4 os coeficientes individuais de transferência de calor usados foram dos ranges de Gases e na Tabela 5, os coeficientes de deposição utilizados foram de fluidos limpos para o Metanol e DME e de Vapor de Água para a água.

Importante mencionar que, como as Tabelas 4 e 5 apresentam ranges de valores, optamos por fazer um sobredimensionamento do trocador por questões de segurança, mas também pensando na viabilidade econômica do mesmo. Para sobredimensionar a área do trocador, precisamos diminuir o coeficiente global de troca térmica "U", e para isso devem ser escolhidos os menores valores dos coeficientes de transferência de calor e os maiores coeficientes de deposição. Para que o sobredimensionamento não ficasse muito caro, optamos pelo coeficiente de transferência de calor de 20% do range. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 10: Cálculos Relacionados ao Segundo Trocador de Calor. [6]

Parâmetros	Valores
F_t	0,92
ΔT_{ml}	118,9°C
h_q	50kcal/hm ² °C
h_f	50kcal/hm ² °C
r_q	0,0002hm ² °C/kcal
r_f	0,0002hm ² °C/kcal
U	24,5kcal/hm ² °C
$A_{trocador}$	171,38m ²
N_{tubos}	470 tubos

Com a área do trocador, também é possível estimar o custo associado a ele, utilizando os valores presentes na Figura 7, na sessão 3.1 "Estimativa de Custos". Junto aos valores explicitados na Tabela 3 substituídos na equação 4, temos os valores de custo explicitados a seguir:

Tabela 11: Custo Relacionado ao Segundo Trocador de Calor. [6]

Parâmetros	Valores
$A_{trocador}$	171,38m ²
a	11.000
b	115
n	1
C_e	\$30.708,22
Fator de instalação	3.5
C	\$107.478,76

Assim, temos um custo final de \$107.478,76 (referência ano 2007).

3.2.4 RESFRIADOR DE DME

Feito a conversão no reator, a corrente de produtos é resfriada de 278 °C para 100 °C no resfriador de DME. Com isso, temos a condensação do fluido, cuja fração de vapor cai de 1,0 para 0,0789, auxiliando na etapa de destilação do produto final. A Tabela 12 apresenta a variação das propriedades das correntes devido à influência do condensador. Além disso, também temos que considerar a variação de temperatura como sendo apenas linear, já que não temos informações da corrente do fluido de arrefecimento para que seja calculada a variação de temperatura logarítmica.

Tabela 12: Correntes relacionadas ao terceiro trocador de calor. [4]

Corrente	Entrada	Saída
Temperatura (°C)	278	100
Pressão (bar)	13,8	13,4
Fração de vapor	1	0,0798
Fluxo mássico (ton/h)	10,49	10,49
Fluxo molar (kmol/h)	328,3	328,3
Composição (kmol/h)		
Dimetil éter	130,5	130,5
Metanol	64,9	64,9
Água	132,9	132,9

Da Tabela 12, considerando que o condensador possui potência de 12,510 MJ/h, podemos calcular a área da troca de calor conforme a equação 6 e o coeficiente global de transferência de calor da equação 7. Os termos "h" e "r" foram retirados das Tabelas 4 e 5 e estão apresentados na Tabela 13 junto com as demais especificações do condensador de DME. Disso, temos que $U = 4900,0$ MJ/h e $A_t = 78,00$ m². Por fim, podemos calcular o custo conforme a equação 3, onde os termos estão presentes na Tabela 14.

Tabela 13: Cálculos relacionados ao terceiro trocador de calor. [6]

Parâmetros	Valores
F_t	0,97
ΔT_{ml}	137,09 °C
h_q	1400 kcal/h m ² °C
h_f	700 kcal/h m ² °C
r_q	0,002 h m ² °C/kcal
r_f	0,0004 h m ² °C/kcal
U	5100 kcal/h m ² °C
$A_{trocador}$	78,00 m ²
N_{tubos}	214 tubos

Tabela 14: Custo relacionado ao terceiro trocador de calor. [4]

Parâmetros	Valor
a	10,000
b	88
S	78,00
n	1
C_e	\$ 16.864,39
Fator de instalação	3,5
C	\$ 59.025,36

Vale a pena ressaltar que o condensador possui a mesma estrutura do vaporizador de metanol, ou seja, é do tipo cascos e tubos com cabeça flutuante, sendo que o fluido de interesse está no interior do casco e seu material é de aço carbono. A variação de pressão do processo é de 0,4 bar, o que está dentro do limite aceitável pelo equipamento (14 bar).

3.3 REATOR

Segundo Towler & Sinnott [4], a reação é o coração do processo produtivo em uma planta química. Isto é, o grande objetivo de uma planta química, transformar os reagentes brutos, sob condições específicas, a fim de obter o produto desejado, é satisfeito nesta etapa.

Ao dimensionar e otimizar um reator industrial, os seguintes critérios devem ser avaliados [4]:

- **Cinética da reação:** ou seja, os fatores químicos do processo de produção. A taxa da reação é determinante para o tempo de residência necessário, para alcançar a conversão de projeto desejada.
- **Transferência de Massa:** além de avaliar a cinética da reação, a taxa de difusão em reações heterogêneas pode ser um gargalo para a reação. Ou seja, mesmo que o tempo de residência esteja adequado para a taxa de reação, um baixo coeficiente de difusão entre as fases pode reduzir a conversão final.
- **Transferência de Calor:** é no momento de dimensionamento do reator que deve ser verificada a forma de controle da temperatura interna. A depender do tipo da reação, determina-se se será necessário adicionar ou retirar calor da reação.
- **Segurança:** a segurança da planta repousa, também, sobre a segurança do processo reativo. O confinamento de diferentes reagentes e produtos deve ser provado e testado sob as condições do processo.

Satisfazer os critérios acima é, em geral, uma tarefa complexa devido à contradição das respectivas regras. Portanto, em geral define-se as regras mais determinantes para definir o tipo do reator e a forma da reação [4].

Uma vez que será utilizado um reator do tipo tubular, é de suma importância projetar um sistema capaz de não só medir muito bem a temperatura dentro do reator, como ser capaz de controlar a temperatura. Reações exotérmicas, como a reação em questão, necessitam de um fino controle de temperatura em reatores tubulares, devido à maior ocorrência de pontos quentes ao longo do fluxo reativo.

O processo reativo do único reator da planta será a desidratação catalítica do metanol sobre um catalisador de zeólito ácido. O reator utilizado no processo será dado pelas seguintes características:

1. Reator de Leio Fixo, empacotado com o catalisador
2. Heterogêneo
3. Modo de operação contínuo

A fim de dimensionar o reator, partimos das condições de operação do reator, ou seja, a pressão e a temperatura. Definindo a pressão com uma margem de segurança de 10 % ou $1,8 \text{ kgf/cm}^2 \cdot g$ (o que for maior), temos uma pressão de 16,5 bar. A temperatura, sendo a temperatura de operação mais 30°C , é de 394°C .

O próximo passo, é definir o diâmetro do reator (D_{reator}) e a altura do reator (L_{reator}). Estes dois parâmetros devem ser definidos em conjunto a fim de determinar o ótimo econômico do reator, ou seja, o menor custo. A equação 14 é utilizada para se determinar este ponto mínimo. Tendo o volume do reator, é feita a simulação variando a razão entre o comprimento e o diâmetro ($L_{\text{reator}}/D_{\text{reator}}$) até encontrar as dimensões que geram o menor custo.

$$D_{\text{reator}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi L_{\text{reator}}}} \quad (14)$$

Para um volume de $4,07 \text{ m}^3$, encontramos um valor ótimo para altura do reator igual a 10 m e o diâmetro do reator igual a 0,72 m.

A fim de estimarmos os custo de produção deste reator, é necessário calcular por fim, a espessura da parede do reator, e , e a massa da carcaça, W . A espessura da parede é dada pela equação 15 e a massa da carcaça pela equação 16.

$$e = \frac{P_D \left(\frac{D_{\text{reator}}}{2} \right) 1000}{S_t E - 0,6 P_D} + CA \quad (15)$$

$$W = 24,6 D (L_{\text{reator}} + 0,8 D_{\text{reator}}) (e + X) \quad (16)$$

Onde P_D é a pressão de desenho, S_t a tensão máxima suportada pelo material utilizado, E a constante relacionada à eficiência das junções e CA a sobre-espessura de corrosão. Por fim, X é o fator de complexidade relacionado ao reator.

Tabela 15: Parâmetros de Cálculo do reator. [4]

Parâmetros	Valores
S_t	1055 kg/cm^2
E	0,85
CA	3 mm
X	4

Finalmente, o custo do reator (C) será dado pela equação 17, dada em dólares na base de *U.S. Gulf Coast* referentes ao ano de 2007, além da margem de 15% para estimar o custo de instalação.

$$C = -10000 + 600W^{0,6} \quad (17)$$

Tabela 16: Dimensionamento do reator.

Parâmetros	Valores
P_D	16,82 kg/cm ² · g
T	364°C
D_{reator}	0,72 m
L_{reator}	10 m
C	\$55.063,09

3.4 OTIMIZAÇÃO DA COLUNA DE DESTILAÇÃO

A destilação é uma operação unitária que utiliza métodos térmicos para a separação de componentes de uma mistura homogênea. Nessa operação, é importante que a fase vapor tenha uma composição diferente da fase líquida da qual foi formada por ebulição. Na destilação fracionada, os componentes da mistura possuem pontos de ebulição relativamente próximos, o que se faz necessária a realização de uma série de ciclos de evaporação e condensação para se atingir a separação de maneira mais eficiente. As saídas da torre de destilação são duas correntes distintas de líquido: uma corrente cuja temperatura de ebulição é alta (fração pesada) e outra cuja temperatura de ebulição é mais baixa (fração leve). [19]

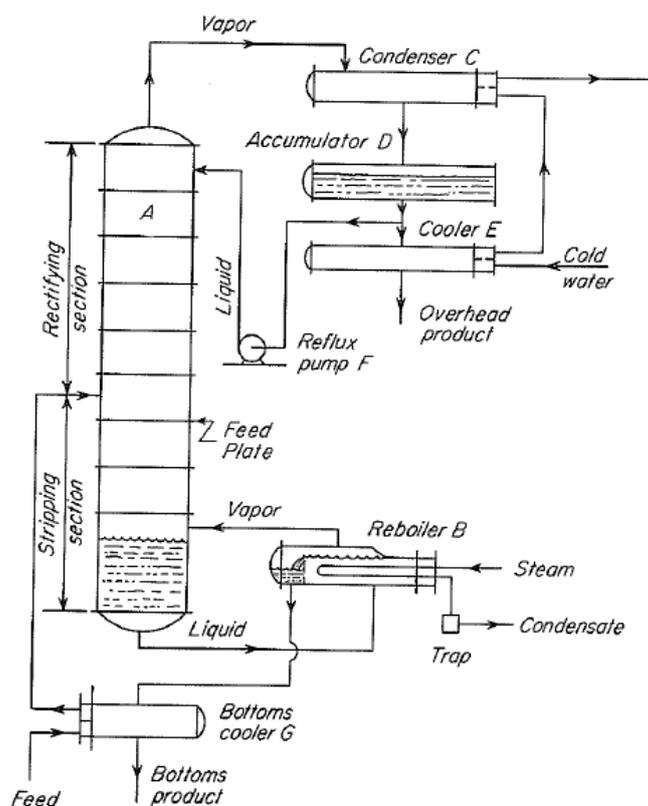


Figura 9: Representação genérica de uma coluna de destilação. [5]

Para obter a pureza desejada de 99,5% de DME, foi necessária a utilização de uma coluna de destilação para separar os componentes da corrente de saída do reator. O produto de topo da coluna é o DME, por possuir menor ponto de ebulição, e o de fundo é a mistura composta por água e metanol. No livro *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes* foi considerada

uma coluna de destilação de 15,8 m de altura e diâmetro de 0,79 m composta por 22 pratos, além do reboiler e do refeedor [6]. Contudo, será feita a otimização dessa coluna de destilação e determinação das dimensões que atinjam o ótimo econômico.

Para a simulação e otimização dessa operação, foi utilizado o programa Aspen HYSYS®, um programa de simulação de processos químicos desenvolvido pela AspenTech. Para a simulação, foi construída a representação apresentada na Figura 10.

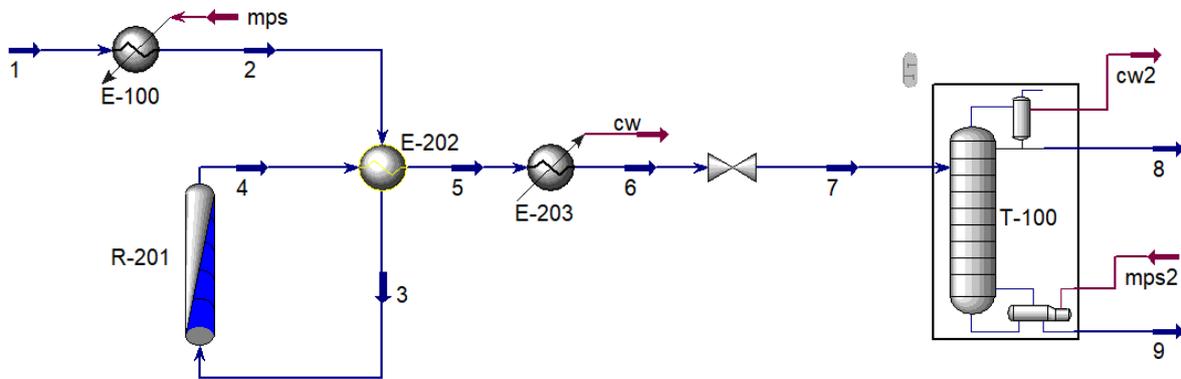


Figura 10: Representação do processo no Aspen HYSYS®.

3.4.1 TORRE DE DESTILAÇÃO

Para otimizar a torre, é necessário encontrar o número de pratos que minimize o custo de operação da coluna de destilação. Para isso, foi utilizado o programa Aspen HYSYS® para simular a operação com dados números de pratos e realizar os cálculos para saber o custo associado. Foi considerado nas simulações uma coluna com 4, 6, 10, 20 e 22 pratos.

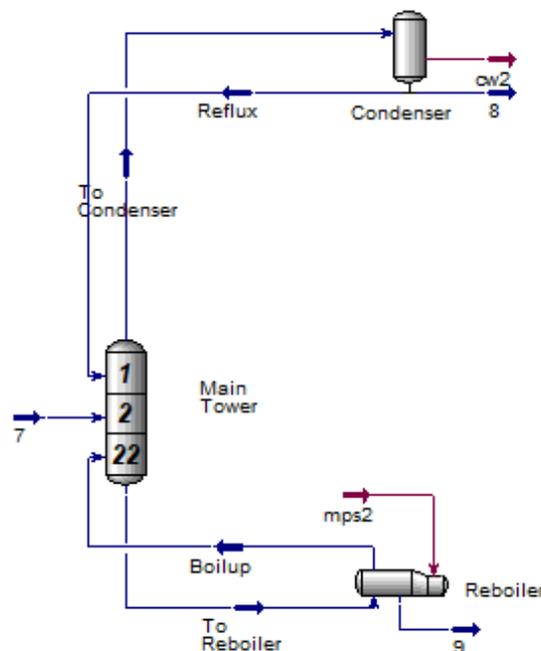


Figura 11: Representação da coluna de destilação no Aspen HYSYS.

Para o cálculo do custo da coluna, é necessário encontrar suas dimensões. Para o diâmetro, precisa-se conhecer a velocidade limite de operação da coluna, que pode ser calculada pela equação de York (equação 18), em que k é uma constante igual a 0,23 e ρ é a densidade dos

fluidos, obtida pela simulação. Serão consideradas a vazão e a densidade da seção que tiver a maior vazão volumétrica de vapor.

$$v_{lim} = k \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}} \quad (18)$$

Com a velocidade limite, é possível calcular a área mínima da seção transversal da coluna, dado que a vazão também pode ser obtida pelo Aspen HYSYS®. Considerando que se trata de um cilindro, tem-se que:

$$A_{min} = \frac{Q_{vapor}}{v_{lim}} = \pi \frac{D_{min}^2}{4} \quad (19)$$

Para o projeto, será considerado que o diâmetro de projeto seja 20% maior do que o diâmetro calculado. Logo,

$$D_{projeto} = 1,2 \cdot D_{min} \quad (20)$$

Já para o cálculo da altura da coluna, é necessário considerar a altura das seções de separação, dada pela equação 21; a altura das entradas e saídas dos pratos de topo, de alimentação e de fundo ($3 \cdot 0,91m$); e a altura de fundo. Para a altura das seções, é necessário multiplicar a quantidade de pratos reais pela distância entre os pratos. Considerando que se trata de um processo limpo e sem elementos viscosos e corrosivos, a distância entre os pratos é de $0,46m$ e a eficiência de cada prato é de $0,80$. Logo, a quantidade de pratos reais é 25% maior do que a quantidade teórica.

$$H_{secao} = n \cdot pratos_{reais} \cdot 0,46 \quad (21)$$

A altura de fundo depende da altura do nível mínimo de líquido, que depende do diâmetro (valores tabelados), e da altura do nível normal e do nível máximo de líquido. Para o nível normal, considerando que o processo alimente um tanque de armazenamento com o auxílio de uma bomba, o tempo de retenção será de 5 min. Logo,

$$H_{fundo_{normal}} = H_{fundo_{minimo}} + Q_{liq_{fundo}} \cdot 5min \quad (22)$$

Já para a altura máxima, será considerada um tempo de retenção a mais de 2 minutos. Logo,

$$H_{fundo_{max}} = H_{fundo_{normal}} + Q_{liq_{fundo}} \cdot 2min \quad (23)$$

Com a vazão de líquido no prato de fundo, dada pelo HYSYS, é possível calcular a quantidade em m^3 de líquido no fundo da coluna em condições máximas de operação. Com o diâmetro, é possível obter-se a altura no fundo da coluna. Por fim, a altura total da coluna é dada por:

$$H_{total} = H_{secao} + 3 \cdot 0,91 + H_{fundo} \quad (24)$$

Para o cálculo do custo, também é necessário encontrar a espessura da torre de destilação. Essa espessura é dada pela equação 25, em que P é a pressão de operação, dada por $1050kPa$; D é o diâmetro do projeto; S é a tensão máxima suportada pelo material, que é $88942kPa$ para aço carbono; e E é a eficiência de solda, normalmente considerada igual a $0,85$.

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 1,2 \cdot P} \quad (25)$$

Assim, é possível calcular o peso do material da coluna, escolhido como sendo aço carbono, por meio da equação 26, em que $C_w = 1,15$ para colunas de destilação; D_m é o diâmetro que leva-se em consideração a espessura; H é a altura da coluna; e e é a espessura da torre [4].

$$W = 240 \cdot C_w \cdot D_m \cdot (H + 0,8D_m) \cdot e \quad (26)$$

Com isso, é possível calcular os custos de aquisição associados a torre de destilação por meio da equação 3. Para o vaso e para os pratos da coluna de destilação, conforme a Figura 7, tem-se que:

$$C_{vaso} = 10000 + 29 \cdot W^{0,85} \quad (27)$$

$$C_{pratos} = n_{pratos} \cdot (110 + 380 \cdot D_{projeto}^{1,8}) \quad (28)$$

$$C_{coluna} = C_{vaso} + C_{pratos} \quad (29)$$

Já para considerar o custo de instalação, é necessário multiplicar o custo de aquisição pelo fator de instalação, que é igual a 4 para uma coluna de destilação. Na Tabela 17, há os valores encontrados de custo de aquisição, de instalação e custo total encontrado para cada opção de número de pratos.

Tabela 17: Custos calculados para a torre de destilação.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Custo de Aquisição	\$ 23.505,45	\$ 12.437,86	\$ 13.656,85	\$ 17.152,63	\$ 17.851,29
Custo de Instalação	\$ 94.021,80	\$ 49.751,43	\$ 54.627,41	\$ 68.610,52	\$ 71.405,17
Total	\$ 117.527,25	\$ 62.189,28	\$ 68.284,26	\$ 85.763,16	\$ 89.256,47

Observe que a coluna com 4 estágios apresentou o maior custo total, enquanto que a coluna de 6 pratos apresentou o menor custo. A coluna proposta pelo processo, com 22 pratos, foi a segunda de maior custo dentre as opções de aquisição. Isso evidencia a necessidade de uma otimização.

3.4.2 VASO PULMÃO DE REFLUXO DE DESTILADO

Para o projeto da coluna de destilação, também é necessário projetar os outros elementos da torre. Após a destilação da corrente de saída de topo da coluna, o líquido precisa ser coletado em um vaso pulmão de destilado. Como as dimensões desse vaso, assim como as dimensões do condensador e do refeedor, estão relacionadas ao número de pratos da coluna, é necessário levá-los em consideração no processo de otimização.

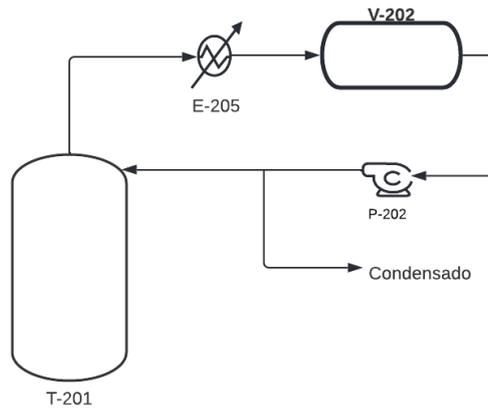


Figura 12: Representação do vaso pulmão de refluxo.

Para estimar o custo do vaso pulmão do condensador, é necessário, assim como o vaso da coluna, estimar o seu peso. Para isso, é necessário considerar a vazão de líquido que entra no vaso, cujo o valor pode ser obtido pelo Aspen HYSYS®, e o tempo de 12 min para estimar o volume total de líquido no vaso. Considerando que o vaso opera apenas com 50% da sua capacidade, pode-se estimar o valor de seu volume geométrico. Com isso, é possível encontrar o diâmetro do vaso pela equação 30.

$$D = \sqrt{\frac{4V_{\text{geométrico}}}{\pi \cdot \frac{L}{D}}} \quad (30)$$

Para as condições de operação, pode-se considerar o valor de $\frac{L}{D}$ igual a 3 [4]. Assim, é possível obter também o comprimento do vaso. Já para o cálculo da espessura, a equação 25, bem como a equação 26 para o cálculo do peso do vaso pulmão, com valor de $C_w = 1,08$ [4].

Os custos de aquisição podem ser obtidos a partir da equação 3 e dos valores da tabela da Figura 7, considerando o vaso pulmão um vaso horizontal. Na Tabela 18, há os valores de custo encontrados.

Tabela 18: Custos calculados para o vaso pulmão do condensador.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Custo de Aquisição	\$ 15.606,58	\$ 9.316,84	\$ 9.238,39	\$ 9.238,56	\$ 9.238,56
Custo de Instalação	\$ 62.426,33	\$ 37.267,36	\$ 36.953,57	\$ 36.954,22	\$ 36.954,22
Total	\$ 78.032,91	\$ 46.584,20	\$ 46.191,97	\$ 46.192,78	\$ 46.192,78

3.4.3 CONDENSADOR

Para os cálculos dos custos do condensador, assim como na seção "Trocadores de Calor", é necessário realizar a estimativa da área, que pode ser obtida a partir da equação 31.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \quad (31)$$

A quantidade de calor trocada é obtida a partir da simulação com o Aspen HYSYS® e o valor de U será considerado como sendo $750 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, que é um valor médio para trocas de calor entre água e vapores orgânicos [4]. O composto considerado para as trocas térmicas foi

a água, com temperatura de entrada igual a 28°C e de saída igual a 45°C. Com isso, é possível calcular o custo de aquisição e instalação, considerando que se trata de um trocador casco e tubo. Na Tabela 19, estão apresentados os valores obtidos.

Tabela 19: Custos calculados para o condensador.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Custo de Aquisição	\$ 1.447.185,42	\$ 74.448,32	\$ 66.493,52	\$ 66.450,30	\$ 66.447,16
Custo de Instalação	\$ 5.065.148,96	\$ 260.569,12	\$ 232.727,32	\$ 232.576,04	\$ 232.565,04
Total	\$ 6.512.334,38	\$ 335.017,44	\$ 299.220,84	\$ 299.026,34	\$ 299.012,20

Observe que o custo para 4 pratos na coluna de destilação foi muito maior do que para as outras possibilidades de número de pratos. Isso se deve a sua maior razão de refluxo, o que requer uma área maior para a realização das trocas térmicas. Com relação a uma coluna de 22 estágios, proposta pelo processo, foi a opção que obteve-se o menor custo para o condensador.

3.4.4 REFERVEDOR

Para o cálculo da área do refervedor, será utilizada novamente a equação 31. Como o fluido utilizado é um vapor de média pressão (*medium pressure steam* - mps), a sua temperatura de entrada e saída do trocador é igual a 212°C. O valor considerado para o coeficiente global de transmissão de calor é de $1050 \text{ Wm}^2.\text{°C}$, que é o valor médio para a vaporização de solução orgânica leve utilizando vapor para aquecimento [4]. Com a quantidade de calor trocada entre os fluidos e os valores da temperatura de entrada e saída do fluido oriundo da coluna de destilação providos pelo Aspen HYSYS®, é possível encontrar a área para as trocas térmicas.

Conhecida o valor da área necessária para cada um dos possíveis números de pratos, é possível calcular os custos de aquisição e instalação, considerando novamente os dados da tabela da Figura 7 e da Tabela 3 para um trocador de calor do tipo casco e tubo. Os custos obtidos estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20: Custos calculados para o refervedor.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Custo de Aquisição	\$ 104.905,51	\$ 27.172,38	\$ 26.699,41	\$ 26.695,95	\$ 26.698,06
Custo de Instalação	\$ 367.169,27	\$ 95.103,32	\$ 93.447,94	\$ 93.435,82	\$ 93.443,20
Total	\$ 472.074,77	\$ 122.275,69	\$ 120.147,36	\$ 120.131,77	\$ 120.141,25

Observe que a coluna com 4 pratos requer o maior investimento com o refervedor. Assim como o condensador, uma coluna que opera com essa quantidade de pratos requer uma maior quantidade de calor do refervedor para garantir a pureza desejada e, conseqüentemente, uma maior área para as trocas térmicas.

Com relação à quantidade de pratos proposta pelo livro (22 pratos) [6], o custo com o refervedor foi um dos menores. Observa-se que a coluna com 20 pratos apresentou o menor investimento necessário com o refervedor.

3.4.5 BOMBA QUE ALIMENTA REFLUXO E DESTILADO

Para que haja o retorno do líquido condensado do vaso pulmão para a coluna, é necessário a presença de uma bomba. Como as dimensões da bomba se alteram juntamente com o número

de pratos da coluna de destilação, é necessário levá-la em consideração na otimização da coluna também.

Para o custo da bomba, é necessário conhecer a potência necessária para a operação. Para o cálculo da potência, é utilizada a equação 32.

$$W[C.V.] = \frac{Q[m^3/h] \cdot \Delta P[kg/cm^2]}{27,4} \quad (32)$$

Em que $1C.V. = 0,736kW$. Vazão Q é fornecida pela simulação no Aspen HYSYS®. Para a pressão antes da bomba, é considerado a pressão do líquido que sai do vaso pulmão, bem como a altura do vaso em relação ao solo (3 metros) e a altura da coluna de líquido no vaso. Já para a pressão depois da bomba, é considerada a pressão no topo da torre, assim como o nível da coluna em relação ao solo (3 metros) e a altura da torre.

Para o custo da bomba, deve-se considerar tanto o custo da centrífuga quanto o custo do motor. Pelos valores da tabela da Figura 7, considerando uma centrífuga de estágio único e um motor à prova de explosão, e o valor da Tabela 3 para o fator de instalação da bomba, são obtidos os dados da Tabela 21.

Tabela 21: Custos calculados para a bomba de alimentação do refluxo e do destilado.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Custo de Aquisição	\$ 44.727,28	\$ 10.609,75	\$ 10.185,20	\$ 10.501,32	\$ 10.562,07
Custo de Instalação	\$ 178.909,11	\$ 42.439,00	\$ 40.740,81	\$ 42.005,29	\$ 42.248,29
Total	\$ 223.636,39	\$ 53.048,76	\$ 50.926,02	\$ 52.506,61	\$ 52.810,36

Observe que, novamente, a coluna com 4 pratos foi a que obteve o maior valor de investimento, com o valor de custo da bomba mais de 5 vezes maior do que para as demais quantidade de pratos. Como mencionado anteriormente, o menor número de pratos requer uma maior razão de refluxo para que seja possível obter a pureza de destilado desejada. Logo, devido a maior vazão de líquido, há a necessidade de mais gastos com a bomba.

A coluna que apresentou o menor custo da bomba foi a com 10 pratos, observa-se que a coluna proposta pelo livro (22 pratos) [6] também não apresentou um custo tão alto em comparação com as demais quantidades de pratos.

3.4.6 CUSTOS OPERATIVOS

Agora, devemos ainda considerar três importantes fatores que influenciam diretamente no custo, que são os custo de operação relacionados ao consumo de água de refrigeração no condensador, o consumo de vapor de baixa pressão na caldeira e o consumo de eletricidade na bomba.

- **Consumo de água no condensador**

Podemos estimar o consumo de água de refrigeração no condensador a partir do balanço de energia no mesmo. Uma vez que sabemos o trabalho realizado pelo condensador (Q), a variação de temperatura (ΔT) e o calor específico da água (c_p), podemos encontrar a vazão mássica de água no condensador (\dot{m}).

$$\dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad (33)$$

Considerando um custo da água de *USD* \$ 0,0001 por gal e um fator de operação de 8.000 horas por ano, podemos estimar os custos de operação para cada torre por um custo de *USD* \$ 4,03 por 1.000 lb de vapor.

Tabela 22: Custos operativos de água no condensador.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Custo Total ao ano	\$ 56.400.250,87	\$ 2.784.522,22	\$ 2.353.780,48	\$ 2.351.785,20	\$ 2.351.785,20

Assim como o custo de instalação do equipamento, observa-se que a coluna com 4 pratos entrega um maior custo operativo. Uma coluna que opera com essa quantidade de pratos requer uma maior quantidade de troca de calor nas saídas e entradas para garantir a pureza desejada e, conseqüentemente, uma maior área para as trocas térmicas.

- **Consumo de vapor na caldeira**

Analogamente ao custo da água de refrigeração, o custo do vapor do refeedor pode ser estimado pelo balanço de energia. Tendo o calor trocado (*Q*) e o calor latente de vaporização (λ).

$$\dot{m} = \frac{Q}{\lambda} \quad (34)$$

E podemos estimar o calor latente pela equação de Regnault

$$\lambda = 605,5 - 0,695t \quad (35)$$

Tabela 23: Custos operativos de vapor de baixa pressão.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Custo Total ao ano	\$ 879.910,48	\$ 56.948,64	\$ 49.592,20	\$ 49.539,15	\$ 49.533,87

Assim como o custo de instalação do equipamento e como o custo da água de refrigeração, observa-se que a coluna com 4 pratos entrega um maior custo operativo, devido ao menor número de pratos necessitar de uma maior quantidade de troca de calor nas saídas e entradas.

- **Consumo de eletricidade na bomba**

Por fim, estimamos o custo de eletricidade da bomba, a partir da especificação de potência necessária. Considerando o custo da eletricidade de *USD* \$ 0,07 por kWh e um fator de operação de 8.000 por ano.

Tabela 24: Custos de energia para a bomba.

Número de Pratos	4	6	10	20	22
Potência kW	51,71	2,91	2,61	3,06	3,15
Custo Total ao ano	\$ 28.957,25	\$ 1.631,25	\$ 1.459,6	\$ 1.711,89	\$ 1.762,27

3.4.7 DIMENSÕES DA COLUNA OTIMIZADA

Somados todos os custos, é possível obter os valores da Tabela 25. Observe que a coluna que apresentou o menor custo foi a coluna com 10 pratos. Logo, essa coluna é a mais viável dentre as opções e será a coluna de projeto. Observe que a coluna proposta pela literatura, com 22 pratos [6], apresentou um custo mediano em comparação com as demais. A coluna com maior custo total associado foi a coluna de destilação com 4 pratos, que apresentou um custo cerca de 100 vezes maior do que o das demais.

Tabela 25: Custo total associado a coluna de destilação para cada quantidade de pratos.

Número de Pratos	Custo Total
4	\$ 64.712.724,30
6	\$ 619.115,37
10	\$ 584.770,44
20	\$ 603.620,65
22	\$ 607.413,06

Para a coluna de destilação com 10 pratos, obteve-se as dimensões de cada um dos equipamentos associados ao seu uso apresentadas nas Tabelas 26 a 28. Os valores foram obtidos a partir dos cálculos explicitados ao longo da seção 3.4.

Tabela 26: Dimensões da coluna de destilação e do vaso pulmão para a coluna otimizada.

	Coluna de Destilação	Vaso Pulmão
Diâmetro de projeto	0,627 m	1,573 m
Altura/Comprimento	14,50 m	4,719 m
Espessura da Parede	0,00439 m	0,0108 m

Tabela 27: Dimensão do condensador e do refeedor para a coluna otimizada.

	Condensador	Refeedor
Área de troca térmica	296 m ²	29,77 m ²

Tabela 28: Dimensão da bomba para a coluna otimizada.

	Bomba
Potência	2,61 kW

4 CONTROLE E SEGURANÇA

5 ALARMES E ENCRAVAMENTOS

Alarmes são elementos primários de segurança procedentes do sistema de controle e instrumentação instalados na planta. Eles sinalizam de forma sonora e/ou luminosa caso algum variável do sistema apresente valores potencialmente perigosos ou que possam causar danos aos equipamentos. Quando acionados, eles possibilitam que haja tempo para realizar alguma ação corretiva a fim de normalizar as condições de operação sem interromper o processo. A tabela 29 abaixo dispõe de todos os alarmes com as descrições e os respectivos instrumentos associados:

Tabela 29: Lista de alarmes utilizados na planta.

Instrumento associado	Tipo de alarme	Descrição
TI-05.1	TAH	Alta temperatura no reator PFR-100
TI-05.4	TAH	Alta temperatura no reator PFR-100
PIC-09	PAH	Alta pressão na coluna T-100
LIC-11	LAL	Baixo nível no pulmão da coluna T-100
LIC-11	LAH	Alto nível no pulmão da coluna T-100
FIC-11	FAL	Baixa vazão de refluxo na coluna T-100
LIC-13	LAL	Baixo nível na coluna T-100
LIC-13	LAH	Alto nível na coluna T-100

O alarme de alta temperatura (TAH) foi instalado em dois dos quatro sensores térmicos do reator para garantir a segurança da operação dado que o meio reacional gera calor. O alarme de alta pressão (PAH) foi colocado na corrente de saída no topo da torre para identificar problemas possivelmente causados pela falha da operação do refluxo. Os alarmes de nível foram colocados em todos os recipientes da planta, exceto no reator que opera com correntes gasosas. Foram determinados valores de 80% e 20% da capacidade do recipiente para o acionamento dos alarmes de alta (LAH) e de baixa (LAL), respectivamente. Por fim, o alarme de baixa vazão (FAL) foi instalado após o sistema de bombeamento na corrente de condensado que retorna a torre de destilação, uma vez que a diminuição dessa vazão pode causar danos no equipamento.

Nos casos em que a segurança não consiga ser garantida apenas com o uso de alarmes, incorporam-se os encravamentos. Encravamentos são elementos secundários de proteção que realizam uma ação corretiva em algum instrumento como válvulas e bombas para controlar ou interromper a operação. Os sistemas de encravamento, os instrumentos associados a cada um deles, bem como o equipamento de proteção e a ação corretiva respectivos são exibidos na tabela a seguir:

Tabela 30: Sistemas de encravamento na planta.

Instrumento associado	Encravamento	Sinal	Ação corretiva
TIC-05.1 e TIC-05.4	SE-1	Temperatura muito alta (TAHH) em PFR-100	Abrir a válvula após a reator e ligar o compressor de N_2
FIC-11	SE-2	Vazão de refluxo muito baixa (FALL) em T-100	Fechar válvula de vapor na saída do trocador

O primeiro encravamento é direcionado para temperaturas muito altas (TAHH) no reator, para esse caso é necessário abrir a válvula pra reduzir o aquecimento do fluido de entrada do

reator que ocorre no trocador de calor E-101 e ligar o compressor de N_2 , um inerte que dilui a reação e conseqüentemente impede o aumento de temperatura. O segundo encravamento é para vazões muito baixas (FALL) na bomba de refluxo da torre de destilação para garantir o fluxo de corrente e o funcionamento de equipamentos, ele atua na válvula de saída do trocador para o aumento de carga.

6 VÁLVULAS DE SEGURANÇA

O terceiro e mais básico elemento de segurança, as válvulas de segurança são utilizadas para certificar a manutenção das condições de operação da planta, principalmente para a pressão.

O primeiro caso de dimensionamento de dimensionamento de válvulas de segurança é para o surgimento de fogo externo. É possível calcular a vazão de descarga da válvula (m) através da vazão de calor recebido (Q) e o calor latente de vaporização do líquido (λ):

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

Sendo que Q é obtido através da área do recipiente molhado pelo líquido e exposta ao fogo, abaixo de uma altura de 8 metros do solo (A):

$$Q = 37139.A^{0,82} \quad (37)$$

Outro modo de dimensionamento se refere a falha do refluxo de uma torre de destilação por falha elétrica ou mecânica da bomba de refluxo. Ela é calculada também pela equação 36, porém Q é o calor aportado pelo refeedor da torre.

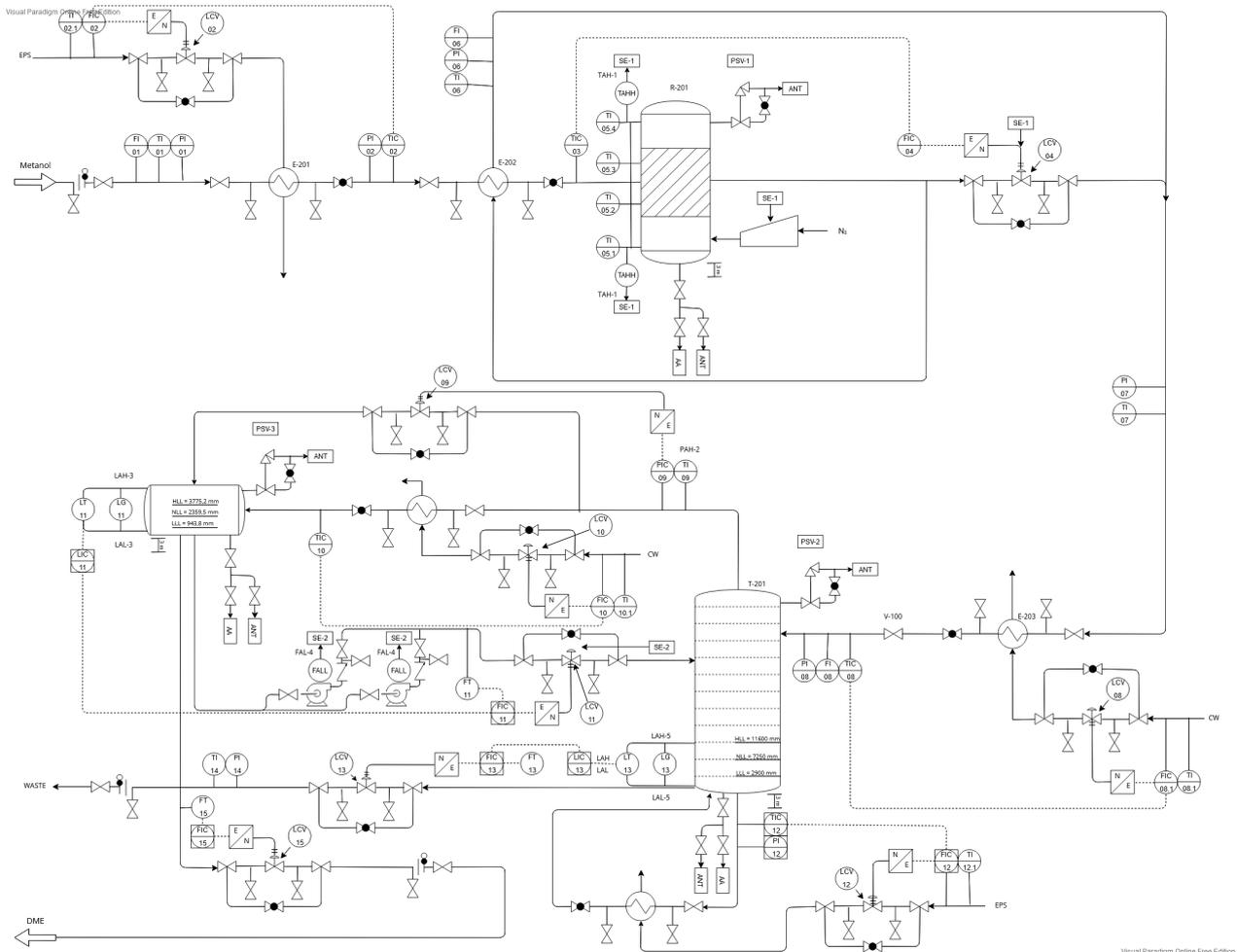
Além desses casos, também se projeta válvula de segurança para situações de bloqueio de válvula, considerando a vazão que circula normalmente pela tubulação. Entre esses modelos, escolhe-se o dimensionamento de maior fluxo mássico.

Tabela 31: Vazões de descarga para cada uma das válvulas de segurança.

	Fogo externo (kg/h)	Folha de serviço (kg/h)	Bloqueio de válvula (kg/h)
PSV-1	-	-	$1,049 \times 10^4$
PSV-2	$1,212 \times 10^4$	$8,078 \times 10^4$	$1,075 \times 10^4$
PSV-3	$1,776 \times 10^3$	-	58,8

A situação de fogo externo é desconsiderada no reator pois não há acúmulo de líquido e apenas é possível considerar a falha de serviço na torre de destilação por ser o único sistema com refluxo.

7 DIAGRAMA P&ID



8 ANÁLISE

8.1 ANÁLISE AMBIENTAL

8.1.1 LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS

Para apresentarmos uma visão interessante do impacto no ponto de vista ambiental é importante a apresentação das principais leis e normas que regem a legislação ambiental nas indústrias químicas. O impacto ambiental na produção de qualquer bem pode ser observado na geração, armazenamento e também na destinação final. Sabe-se que a questão de tratamento de resíduos muitas vezes não ocorre, ou ocorre com dificuldades dentro das empresas, mas algumas etapas essenciais podem ser seguidas para que essas se adequem às exigências previstas. [20]

- **Identificação do resíduo:** Após a definição dos tipos de resíduos produzidos a empresa tem a capacidade de realizar o tratamento adequado a cada tipo. Essa classificação pode ser realizada com o auxílio da norma técnica ABNT NBR 10004:2004 (Resíduos sólidos classificação), esta norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.
- **Armazenamento:** Após a classificação dos resíduos é possível obter informações em relação a composição do efluente. Para realizar o armazenamento de forma adequada é importante consultar a norma técnica ABNT NBR 12235:1992 (Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimento), a qual fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente. Também a norma ABNT NBR 11174:1990 (Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes - Procedimento) que fixa as condições exigíveis para obtenção das condições mínimas necessárias ao armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes, de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente. Dessa forma, com o armazenamento adequado, é esperado que o resíduo permaneça na classificação definida previamente e que não cause danos ambientais.
- **Transporte:** Essa etapa é importante quando a empresa não realiza o tratamento dos resíduos no local em que foram obtidos, ou seja, os resíduos serão transportados para depois seguirem para a etapa de tratamento. Esse transporte deve ocorrer de acordo com a norma NBR 13221:2021 (Transporte terrestre de produtos perigosos - Resíduos) esta estabelece os requisitos para o transporte terrestre de resíduos classificados como perigosos, conforme a legislação vigente, incluindo resíduos que possam ser reaproveitados, reciclados e/ou reprocessados, e os resíduos provenientes de acidentes, de modo a minimizar os danos ao meio ambiente e a proteger a saúde.
- **Tratamento e destinação final:** Em relação a essa etapa temos duas resoluções importantes, a Resolução CONAMA N° 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. E a Resolução CONAMA N° 430/2011 - Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357.

Em paralelo algumas outras normas e leis podem ser apontadas com bastante relevância. É de extrema importância que a indústrias estejam em conformidade com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos que é uma lei federal que estabelece diversas diretrizes e metas em relação ao gerenciamento ambiental. O Art. 9º da Lei 12.305 que dispõe sobre a PNRS apresenta a seguinte frase: "Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos".

É importante frisar que os únicos tipos não abrangidos pela PNRS são os radioativos, que possuem uma legislação própria. Então todo resíduo, com exceção do radioativo, deve ser processado adequadamente antes da destinação final. Sendo de responsabilidade das empresas evitar que resíduos sejam descartados de maneira inadequada. [20]

Outro ponto importante apresentado na PNRS é a questão da responsabilidade compartilhada, que prevê a divisão da responsabilidade entre o poder público e o privado, portanto os responsáveis tanto pela gestão de resíduos quanto pelo cumprimento das exigências da PNRS são todos os participantes do ciclo de vida de um produto. Abrangendo desde a produção até o consumo sendo que todos os autores envolvidos (fabricantes, importadores, distribuidores comerciantes e consumidores) possuem responsabilidades. [20]

Além disso uma grande motivação para o cumprimento das normas é a existência da Lei dos Crimes Ambientais que foi instituída em 1998 justamente, essa prevê a aplicação de sanções penais e administrativas aos responsáveis por ações que podem causar danos ao meio ambiente. É importante ressaltar que além dos crimes ambientais causados a flora, a fauna, aos recursos naturais e a patrimônios culturais, também considera-se crimes ambientais quaisquer condutas que ignorem normas ambientais, mesmo que essas não tenham resultado em danos ao meio ambiente.

Outras legislações importantes para questões ambientais serão apresentadas a seguir de forma breve.

- **Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981:** Estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental.
- **Resolução CONAMA Nº 313/2002:** Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.
- **ABNT NBR 167225 de 08/2014:** Resíduo químico, informações sobre segurança, saúde e meio ambiente, ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem. A norma apresenta informações para a elaboração do rótulo e da ficha com dados de segurança de resíduos químicos.
- **ISO 14000:** Constituído por uma série de normas que determinam diretrizes para garantir que empresas (públicas ou privadas) pratiquem a gestão ambiental. Estas normas são conhecidas pelo Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que é definido pela ISO (International Organization for Standardization).
 - ISO 14001: trata do Sistema de Gestão Ambiental (SGA).
 - ISO 14004: trata do Sistema de Gestão Ambiental, sendo destinada ao uso interno da Empresa.
 - ISO 14010: são normas sobre as Auditorias Ambientais. São elas que asseguram credibilidade a todo processo de certificação ambiental.
 - ISO 14031: são normas sobre Desempenho Ambiental que estabelecem as diretrizes para medição, análise e definição do desempenho ambiental de uma organização.
 - ISO 14020: são normas sobre Rotulagem Ambiental que estabelecem orientações para a expressão das características ambientais dos produtos das empresas.
 - ISO 14040: são normas sobre a Análise do Ciclo de Vida que estabelecem as interações entre as atividades produtivas e o meio ambiente.

8.1.2 PRODUÇÃO DE DME

Na subseção anterior foi apresentada uma visão geral em relação a destinação de resíduos. Analisando a processo produtivo abordado no presente relatório o principal efluente gerado é um composto aquoso constituído por frações de metanol e de éter dimetílico.

O metanol é um compostos orgânico do grupo dos álcoois que já foi muito usado como combustível para geração de energia. Porém, os grandes perigos associados ao seu uso para essa finalidade o colocaram na legislação classificado como um insumo, amplamente utilizado como solvente na indústria química.

É regularizado pela RESOLUÇÃO ANP nº 696/2017, que altera a regulamentação vigente para incluir o metanol na definição de solvente e tornar mais efetivo o controle da ANP sobre esse produto. E também pela RESOLUÇÃO Nº 697, DE 31 DE AGOSTO DE 2017, que estabelece o registro de terminais e dutos de movimentação e armazenamento de metanol. Ou seja, a regularização deste insumo é controlada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), sendo que todos os empreendimentos que utilizem o metanol precisam reportar a esse órgão a planta das instalações de armazenagem deste insumo bem como toda a parte descritiva do processo de utilização. [21]

Sobre o metanol, podemos observar as seguintes características [22]:

- **Solubilidade infinita em água:** devido ao seu grupo hidróxido, realiza fortes interações com a água, sendo difícil sua separação deste composto.
- **Tóxico:** se ingerido, pode causar cegueira, infertilidade e até a morte dependendo da dosagem. Em laboratório ele precisa ficar localizado dentro da capela e para seu manuseio é necessário utilizar o EPI completo de laboratório (luvas, jaleco, óculos e máscara de vapores orgânicos).
- **Corrosivo:** o metanol já foi utilizado como aditivo de combustíveis, porém, ele corrói o aço, tornando inviável seu uso em automóveis e este é um ponto de atenção para a composição das tubulações da planta química.
- **Chama invisível ao olho nu:** isso torna extremamente difícil e perigoso controlar os incêndios causados por esse composto, pois ele é extremamente inflamável, um dos motivos de seu uso como aditivo na gasolina não ser permitido.

Além disso, sobre os cuidados que devem ser tomados sobre seu manuseio, armazenagem e descarte:

- **Manuseio:** não usar próximo de equipamentos que podem gerar faíscas, evitar inalar e o contato com a pele e olhos.
- **Armazenagem:** manter em local ventilado, seco e longe da luz solar. O recipiente deve ser a prova da corrosão, ou seja, não poderá ser de cobre, zinco, alumínio e plástico.
- **Descarte:** deverá ser enviado para reciclagem para as autoridades competentes ou até mesmo na própria planta em um recipiente corta-chama totalmente separado do lixo comum e devidamente identificado.

A ficha de informações de segurança do metanol pode ser consultada no anexo na seção 12.1

Já o éter dimetílico é um gás que pode ser utilizado como biocombustível, e o produto de interesse da planta em questão. É um éter bastante simples e é largamente utilizado como gás propelente na indústria. Algumas características do dimetil éter para se atentar:

- **Inflamável:** o DME é um gás altamente inflamável, justamente por este motivo é utilizado como biocombustível. Porém, é necessário tomar cuidado com substâncias inflamáveis em seu manuseio, e EPIs adequados.
- **Irritante:** pode causar irritação nos olhos, nariz e garganta se inalado e enregelamento se ingerido.

Além disso, sobre os cuidados que devem ser tomados sobre seu manuseio, armazenagem e descarte:

- **Manuseio:** não usar próximo de equipamentos que podem gerar faíscas, evitar inalar e o contato com a pele e olhos.
- **Armazenagem:** manter em local ventilado e seco, longe de fontes de ignição.
- **Descarte:** deverá ser enviado para reciclagem para as autoridades competentes ou até mesmo na própria planta em um recipiente corta-chama totalmente separado do lixo comum e devidamente identificado.

A ficha de informações de segurança do metanol pode ser consultada no anexo na seção 12.2

8.1.3 QUÍMICA VERDE

A Química Verde é um ramo da química que busca aliar os propósitos de sustentabilidade, economia e saúde em processos químicos. É guiada por 12 princípios básicos:

1. Prevenção.
2. Eficiência Atômica.
3. Síntese Segura.
4. Desenvolvimento de Produtos Seguros.
5. Uso de Solventes e Auxiliares Seguros.
6. Busca pela Eficiência de Energia.
7. Uso de Fontes de Matéria-prima Renováveis.
8. Evitar a Formação de Derivados.
9. Catálise.
10. Produtos Degradáveis.
11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição.
12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes.

É sempre importante analisar os 12 princípios em uma planta química e sugerir melhoras para tornar o processo mais seguro e sustentável.

No processo na planta em questão, já estamos abordando os princípios 7, 8 e 9. O produto de interesse é feito de matéria orgânica renovável e é degradável e a princípio não são formados derivados. Além disso, é utilizado um catalisador no processo.

Alguns pontos de atenção seriam o 3, o 4 e o 5. Nossa matéria-prima é bastante perigosa então precisamos garantir que todos os protocolos de EPIs e EPCs estão sendo seguidos, além dos protocolos de segurança da planta e a correta armazenagem dos reagentes conforme as fichas de segurança. O metanol é um solvente extremamente perigoso, em uma situação ideal poderia ser trocado por um solvente menos nocivo, porém ele atua como a matéria-prima do processo, sendo sua troca inviável. O que pode ser feito é a garantia de seu manuseio de forma mais cuidadosa possível, assim como seu descarte.

8.2 ANÁLISE ECONÔMICA

É essencial que os custos envolvidos em um projeto sejam considerados antes que este passe para as etapas finais, dessa forma, antes de se colocar um projeto em funcionamento é necessário realizar sua avaliação econômica. Essa etapa é realizada no início, porque um projeto que não é rentável não é atrativo para os investidores, então é muito provável que não seja implementado. Portanto, o engenheiro responsável irá estimar os custos envolvidos para poder decidir a melhor alternativa de projeto e otimizá-lo ao máximo e também irá assegurar que as condições de segurança e as regulamentações ambientais estão sendo seguidas.

Tendo em vista que a planta química, e qualquer outro projeto, visa o lucro, a rentabilidade de um projeto é um parâmetro essencial para a continuidade ou não da implementação deste. O objetivo é sempre desenvolver um projeto que seja o mais rentável possível dentro das condições que devem ser respeitadas. Dessa forma, a partir da análise econômica que envolve custos de implementação, de operação, de construção, de manutenção, a lucratividade e o potencial de retorno é possível avaliar a viabilidade da planta.

É importante destacar que na avaliação econômica são realizadas diversas aproximações e essa é dividida usualmente na etapa preliminar e na etapa definitiva. A preliminar é a avaliação inicial, a qual é menos precisa do que a definitiva, e é a que está sendo realizada neste projeto, pois em fases iniciais não é possível determinar o custo exato de implementação da planta, este só será obtido quando o projeto estiver sendo de fato executado, ou seja, na etapa definitiva. Então, essa análise preliminar é capaz de fornecer uma boa base para a tomada de decisão dos investidores em relação a continuidade ou a interrupção do projeto.

A análise econômica adotada para o projeto foi subdividida em 5 partes, sendo estas Imobilizado, Gastos Totais, Fluxo de caixa, Investimento total e Rentabilidade e Viabilidade Econômica. Para esse tópico, foi utilizado o método do Valor Presente Líquido (VPL) ao invés do Método das Porcentagens, visto que o último não considera o horizonte temporal, como a perda do valor do dinheiro - inflação.

8.2.1 IMOBILIZADO

A análise econômica do projeto começa logo após o dimensionamento dos equipamentos da planta, pois é importante entender o custo imobilizado que está associado com o custo de cada equipamento necessário para o funcionamento da planta. Para tanto, a Tabela 32 apresenta o custo de cada um dos equipamentos apresentados anteriormente, bem como a somatória deles no final, que é o capital imobilizado para o projeto. Feito esse cálculo, podemos prosseguir para as demais etapas da análise econômica. Esses cálculos estão presentes na Tabela 33 cujos resultados são apresentados na Tabela 35.

Tabela 32: Cálculos dos custos dos equipamentos da planta.

Equipamento	Valor
Trocador 1	\$ 77.445,9
Trocador 2	\$ 107.478,76
Trocador 3	\$ 59.025,36
Reator	\$ 55.063,09
Refeverdor	\$ 120.147,36
Condensador	\$ 299.220,84
Bomba	\$ 50.926,02
Coluna	\$ 68.284,26
Pulmão	\$ 46.191,97
Coluna de Destilação	\$ 635.696,47
Total (Imobilizado)	\$ 883.783,56

8.2.2 GASTOS TOTAIS

Os gastos totais são uma medida de todo o capital (faturamento) que a planta movimentará em seu funcionamento. Porém, não devem ser considerados como o faturamento, em si. Esse cálculo será especificado abaixo. As considerações importantes para a realização desses cálculos estão enumeradas abaixo. [4]

1. Foram utilizadas as porcentagens mínimas para os cálculos de custos.
2. Não foi contabilizado os custos com água para os serviços gerais por não haver especificações a respeito da área da planta.
3. O valor do terreno foi considerado como embutido no imobilizado, desconsiderando-se o aluguel.
4. Toda a estimativa do capital de giro foi feita em cima do imobilizado.
5. Foi desconsiderado todos os gastos com entrega e financeiros por falta de dados.
6. Engenharia de detalhe: processos grandes e pouco inovadores.

Primeiro, estimamos o capital de giro (CG), os gastos prévios (GP), os gastos de posta em funcionamento (GPF) e o ganho com as vendas (V). Para a estimativa dos 3 primeiros, é levado em consideração apenas o imobilizado para a criação da planta. O capital de giro dado como 20% do imobilizado, ao passo que os gastos prévios são 10% desse valor e os gastos de posta em funcionamento representam 5% do imobilizado. [4]

Os ganhos relacionados à venda do DME correspondem apenas à venda desse produto, visto que a fábrica não gera nenhum produto secundário dessa reação química e a água gerada é utilizada dentro da própria planta devido ao seu baixo valor agregado. Considerando a produção anual de 50 kt e um preço de venda de 6380,63 \$/ton [23] consumido, podemos estimar os lucros conforme a equação 38. Disso, temos que o ganho montário com a venda do DME é de 3631,31 \$/ton de metanol. É muito importante analisar que esse valor é 518% maior que o preço de

compra de metanol, que é 700 \$/ton [24], portanto já é possível ter uma estimativa de que o investimento é viável, pois o produto final apresenta maior valor agregado que a matéria prima. Finalizando os gastos da planta, agora calculamos os custos de fabricação, que são divididos em diretos, indiretos variáveis e indiretos fixos.

$$V = \sum (c_i \times p_i) \times q = \left(\frac{5,49}{10,49} \cdot 3631,31 \right) \times 50 \text{ kt} \quad (38)$$

- **Diretos:** são os custos relacionados com a matéria prima, mão de obra e as patentes. A mão de obra é considerada como 3 supervisores e cada um deles requer 4,8 operários. Considerando um salário de 70.000 \$/ano. Não foi identificado nenhum custo relacionado à patentes.
- **Indiretos Variáveis:** custos que envolvem a mão de obra indireta, serviços gerais (energia elétrica), abastecimento, manutenção, laboratório de qualidade, envasamento e os custos de entrega. Conforme já explicado, foi utilizado o menor intervalo para todos os fatores multiplicadores (α). Os custos de energia foram calculados conforme as equações 39 e 40, sendo que essas equações foram utilizadas para calcular, respectivamente, o consumo horário dos trocadores de calor número 1 e 3 (ebulidor e condensador). Como convenção, foi utilizado um fator de 8.000 h/ano [4]. O gasto de energia da coluna de destilação foi calculado previamente na seção de dimensionamento da coluna.
- **Indiretos Fixos:** envolvem a folha de pagamento dos diretores e empregados, a depreciação do imobilizado, os impostos e os seguros (dos equipamentos e dos operários).

$$E \left[\frac{\$}{lb} \right] = \frac{5,47}{1000} \cdot \dot{m} \quad (39)$$

$$E \left[\frac{\$}{gal} \right] = \frac{0,10}{1000} \cdot \dot{m} \quad (40)$$

Tabela 33: Cálculos dos custos dos custos de fabricação. [4]

Diretos	
Matéria-prima	$\sum(c_i \times \pi) \times q$
Mão de obra	$v \times op/v \times MdO$
Operação da torre	Calculado no dimensionamento
Patentes	Não se aplica
Indiretos variáveis	
Mão de obra indireta	$\alpha \times CFD2, \alpha = 0,15$
Serviços gerais	Dado (E)
Abastecimento	$\alpha \times Im, \alpha = 0,002$
Manutenção	$\alpha \times Im, \alpha = 0,06$
Laboratório	$\alpha \times CFD2, \alpha = 0,05$
Envase/embalagem	$\alpha \times V, \alpha = 0,15$
Entrega	-
Indiretos fixos	
Diretores e empregados	$\alpha \times CFD2, \alpha = 0,1$
Depreciação	Calculada posteriormente
Aluguel	Não se aplica
Impostos	$\alpha \times Im, \alpha = 0,005$
Seguros	$\alpha \times Im, \alpha = 0,01$

Após entender os custos de fabricação, podemos finalizar a análise dos gastos totais com o cálculo dos gastos gerais, conforme apresentado na Tabela 34. Sabendo que esse valor é estimado com base nos custos de fabricação, considerando-se o menor valor possível para α , conforme foi feito nos cálculos anteriores. Os gastos gerais incluem o comercial, a folha de pagamento da gerência e os serviços técnicos. Feito isso, temos a Tabela 35 que resume todos os custos relacionados ao projeto, apresentando as taxas adotadas para a inflação, impostos, juros e depreciação monetária.

Tabela 34: Cálculos dos gastos gerais. [4]

Gerais	
Gastos comerciais	$\alpha \times CF, \alpha = 0,05$
Gerência	$\alpha \times CF, \alpha = 0,03$
Gastos financeiros	-
Pesquisa e serviços técnicos	$\alpha \times V, \alpha = 0,01$

Tabela 35: Apresentação dos custos relacionados ao projeto. [4]

Variável	Valor	Unidade
Imobilizado	883.783,56	\$
Produção	50	kt
Energia	111.241,27	\$/ano
Juros	0,1	-
Impostos	0,35	-
Depreciação	0,1	-
Operários	720,000	\$/ano
Inflação	0,05	-
Vendas	1,82E+08	\$/ano
Capital de Giro	186.941,9	\$
Gastos Prévios	93.470,96	\$
Gastos Funcionamento	46.735,48	\$
Custos Fixos Diretos	35.720.000	\$
Custos Indiretos Variáveis	1,25E+08	\$
Custos Indiretos Fixos	86.020,64	\$
Custos de Fabricação	1,61E+08	\$/ano
Gastos Gerais	14.717.291	\$

8.2.3 FLUXO DE CAIXA

O fluxo de caixa corresponde a todo o faturamento da planta, por ano de funcionamento. Ou seja, é uma medida de toda a parte do imobilizado e gastos totais que é investida, acrescida das vendas e dos impostos, juros e depreciação da moeda. Para os cálculos, foi considerado a depreciação como sendo linear. O faturamento da planta calculado com base em 4 intervalos de anos, que estão descritos abaixo e estão representadas de forma respectiva nas equações 41 - 44. Nessas equações, V representa as vendas, CF são os custos de fabricação, GG os gastos gerais, I a inflação, t o tempo (em anos), IM o capital imobilizado, D a depreciação e Ip são os impostos.

- Ano 0 - 2:** Não há produção de DME, são realizados todas as obras e instalações para o funcionamento da planta, bem como a contratação dos funcionários.
- Ano 3 - 13:** A produção de DME está presente, bem como os lucros com vendas. Considera-se a depreciação monetária linear de 10% em 10 anos.
- Ano 13 - 15:** A depreciação não está mais presente na análise do faturamento pois todos os custos relacionados ao imobilizado já foram pagos.
- Ano 18:** Retorno total do capital investido, corrigido pela inflação e depreciação monetária.

$$\begin{aligned}
 FC &= -\frac{3}{10}IM - \frac{1}{3}GP && \text{Ano 0} \\
 FC &= -\frac{6}{10}IM - \frac{1}{3}GP && \text{Ano 1} \\
 FC &= -\frac{1}{10}IM - \frac{1}{3}GP - GPF - CG && \text{Ano 2}
 \end{aligned}
 \tag{41}$$

$$FC = [V - (CF + GG) \times (1 + I)^t - IM \times (1 + D)] \times [1 - Ip] + IM \times (1 + D) \tag{42}$$

$$FC = [V - (CF + GG) \times (1 + I)^t - IM \times (1 + D)] \times [1 - Ip] \tag{43}$$

$$FC = [V - (CF + GG) \times (1 + I)^t - IM \times (1 + D)] \times [1 - Ip] + \frac{1}{10} \times IM + CG \times (1 + I)^t \tag{44}$$

Tabela 36: Cálculos de Fluxo de Caixa Livre e Atualizado. [4]

Ano	FCL	FCL - atualizado
0	\$ -294.594,52	\$ -294.594,52
1	\$ -559.729,59	\$ -508.845,08
2	\$ -338.783,70	\$ -279.986,53
3	\$ 66.881.825,24	\$ 50.249.305,22
4	\$ 70.224.369,88	\$ 47.964.189,52
5	\$ 73.734.041,75	\$ 45.783.038,76
6	\$ 77.419.197,22	\$ 43.701.118,52
7	\$ 81.288.610,46	\$ 41.713.910,38
8	\$ 85.351.494,36	\$ 39.817.102,03
9	\$ 89.617.522,46	\$ 38.006.577,84
10	\$ 94.096.851,96	\$ 36.278.409,83
11	\$ 98.800.147,94	\$ 34.628.849,12
12	\$ 103.738.608,71	\$ 33.054.317,72
13	\$ 108.923.992,53	\$ 31.551.400,73
14	\$ 114.368.645,53	\$ 30.116.838,88
15	\$ 120.085.531,19	\$ 28.747.521,41
16	\$ 125.999.882,77	\$ 27.421.245,60
17	\$ 132.302.749,21	\$ 26.175.393,61
18	\$ 139.376.601,83	\$ 25.068.106,95

8.2.4 INVESTIMENTO TOTAL E RENTABILIDADE

Por fim, antes de que seja realizado todo o investimento na planta, é necessário entender em quantos anos que o projeto se torna rentável. Para tanto, iremos calcular o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) [4]. O VPL é cálculo financeiro pelo qual se determina o valor de pagamentos futuros (descontando-se a taxa de juros) e o investimento inicial, esse valor considera o lucro hipotético em determinado ano considerando os juros e a inflação. Já o TIR, indica o desconto aplicado sobre o fluxo de caixa para que os lucros de um dado projeto sejam equivalentes às perdas. As fórmulas para os cálculos do VPL e do TIR são apresentadas, respectivamente, nas equações 45 e 46. Nessas equações, 'FC' representa o fluxo de caixa respectivo ao ano 't' e 'i' é o acréscimo da inflação. Considerando as definições apresentadas, podemos, então, considerar como viável um projeto que apresente TIR ≥ 0 e o maior valor possível para VPL. Isso implica que, ao final de 18 anos, o projeto não precisa de investimento superior ao que já foi feito para haja retorno.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{1+i^t} \quad (45)$$

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{1+TIR^t} \quad (46)$$

Tabela 37: Resultado final da análise econômica do projeto. [4]

Valor Presente Líquido	\$ 579.193.891
Taxa Interna de Retorno	4.88

8.2.5 VIABILIDADE ECONÔMICA

Como visto na Tabela 36, o fluxo de caixa é negativo nos primeiros 3 anos, o que era de se esperar, já que não há produção e vendas nesse período. Após o início das produções, o fluxo de caixa é grande e positivo, na ordem dos 65 milhões de dólares. Esse valor aumenta rapidamente e dobra até a conclusão do 18º ano (ou o 15º ano de produção). Já o fluxo de caixa livre também começa alto e decai com o tempo, visto às perdas com depreciação (linear) e inflação (exponencial). Já a Tabela 37 nos apresenta os valores do VPL e TIR, que são ambos muito positivos. Conforme os modelos propostos [4], o valor do VPL é diretamente proporcional à rentabilidade do investimento. Visto que esse valor é cerca de 660% do imobilizado, é possível concluir, também, que o investimento é rentável. Outra forma de chegar a essa mesma conclusão é a analisar o valor da TIR, que ficou em 488%; ou seja, o retorno é muito maior que o investimento.

Vale a pena mencionar que o processo apresentado neste trabalho é uma simplificação do processo real; portanto os valores referentes à análise monetária aparentam muito melhores do que realmente seriam considerando a planta real necessária para o processamento de 50 kt/ano de metanol. Contudo, a relevância da análise econômica não pode ser desconsiderada, visto que, ainda que o imobilizado fosse 10x o planejado, a TIR ainda ficaria em 171%, garantindo a rentabilidade do investimento. Além disso, houveram gastos que foram desconsiderados devido à falta de informação, como o aluguel, controle de processos, custos de entrega e a folha de pagamento dos funcionários relacionados aos serviços gerais, setores de logística e vendas. Por isso, é importante ressaltar que essa análise será menos otimista quando se tiver todos os dados relacionados à planta.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O DME possui uma ampla aplicação nas mais diversas áreas industriais. Por ser tão importante para diferentes setores da sociedade e possuir importância no mercado, o seu processamento deve estar alinhado com questões ambientais e econômicas, que foram levadas em consideração no dimensionamento e na otimização da planta produtora de DME.

Com as especificações sugeridas pela literatura e os dados obtidos da simulação, foi possível dimensionar os equipamentos do processo de produção e calcular os custos associados para a análise econômica. Para garantir os critérios especificados de produção e levar em consideração as questões econômicas, tão importantes para atrair investidores, foi também realizada a otimização da coluna de destilação, a fim de garantir o menor custo associado a essa etapa do processo.

Observou-se que a torre de destilação composta por 10 pratos teóricos foi a que apresentou o menor custo associado em comparação com as demais alternativas de pratos calculadas. Com os valores da otimização, foram definidas as dimensões e os custos dos equipamentos associados a essa etapa do processo.

A análise ambiental realizada permitiu ter uma visão geral das normas e resoluções existentes sobre processos industriais e observar como o processo de produção do DME se enquadra nessas questões. O metanol, matéria-prima considerada para a produção de DME, é um composto extremamente perigoso, que requer cuidados para o seu manuseio e seu descarte, a fim de garantir segurança e evitar seu contato com seres vivos. Já o DME, o principal produto, também possui riscos associados ao seu uso, embora menos danosos do que os do metanol, que também requer cuidados com manuseio e descarte.

Com relação a química verde, apesar do processo não ser considerado sustentável devido ao fato de não atender os princípios 3, 4 e 5, buscou-se atender os demais princípios durante a elaboração desse trabalho. A planta conta com a presença de um catalizador heterogêneo que diminui a energia necessária para que a reação ocorra e que pode ser reutilizado ao longo da vida útil da planta. O processo também conta com um trocador de calor que realiza integração energética entre as correntes e aproveitamento de energia disponível na planta. Com a etapa de otimização, evitou-se custos desnecessários e, consequentemente, geração de resíduos metálicos provenientes dos equipamentos em excesso. Além disso, a otimização leva em consideração o menor gasto com energia possível para a produção. Além disso, as substâncias utilizadas são renováveis, o que não impacta nas condições climáticas do planeta. Como o modelo de planta se trata de uma simplificação, foi desconsiderada a etapa de recuperação e reutilização de metanol como reagente, que também seria um ponto positivo ambientalmente devido a menor geração de resíduos.

A análise econômica realizada permitiu concluir que o processo é rentável. Embora a planta seja um modelo simplificado e desconsiderações foram feitas ao longo dos cálculos, pode-se considerar que o processo é viável economicamente.

10 REFERÊNCIAS

- [1] Diogo Lopes Dias. "o que e eter?", 20/03/2022. URL <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-eter.htm>.
- [2] Fisqp (dme), 20/03/2022. URL https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=%C9TER+DIMET%CDLICO.
- [3] Dimethyl ether market size, share amp; covid-19 impact analysis, by application (lpg blending, aerosol propellant, transportation fuel, and others), and regional forecast, 2021-2028. URL <https://www.fortunebusinessinsights.com/dimethyl-ether-market-104309>.
- [4] Gavin Towler and Ray Sinnott. *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. sevier Inc., 2008.
- [5] Warren L. MacCabe, Julian C. Smith, and Peter Harriott. *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw-Hill, 1993.
- [6] Richard Turton, Richard C Bailie, Wallace B Whiting, and Joseph A Shaeiwitz. *Analysis, synthesis and design of chemical processes*. Pearson Education, 2008.
- [7] PCC Group. Eter dme aerosol llc, pcc group., 20/03/2022. URL <https://www.products.pcc.eu/pt/id/1275265/eter-dimetilico-99-99/>.
- [8] Alexandre PELEGI. Fpt industrial lidera projeto na suíca para o uso do dme, combustível alternativo limpo para motores de veículos pesados, 20/03/2022. URL <https://diariodotransporte.com.br/2021/01/21/fpt-industrial-lidera-projeto-na-suica-para-o-uso-do-dme-combustivel-alternativo-limpo-para-motores-de-veiculos-pesados/>.
- [9] String Fixer, 20/03/2022. URL https://stringfixer.com/pt/Dimethyl_ether.
- [10] Vitor Tenorio. Utilizacao de queimador de baixa emissao de nox, 18/03/2022. URL <https://www.linkedin.com/pulse/formas-de-minimizar-formacao-nox-na-combustao-vitor-tenorio/>.
- [11] Matheus Prado Macedo e Alexandre Denes Arruda. Producao de dimetileter:comparacao entre duas configuracoes industriais, 2017. URL https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/13887/seer_13887.pdf.
- [12] String Fixer. eter dimetil, 20/03/2022. URL https://stringfixer.com/aDimethyl_ether.
- [13] Portal CONPET. Dimetil eter surge como uma opcao ao diesel, 17/03/2022. URL <https://www.biodieselbr.com/noticias/energia/r1-dimetil-eter-surge-como-uma-opcao-ao-diesel-22-03-06>.
- [14] José Vitor Bomtempo e Edmar F. Telma de Oliveira. O dimetil eter (dme): um novo combustível derivado do gas natural, 17/03/2022. URL <https://www.gasnet.com.br/conteudo/2658/O-Dimetil-Eter-DME-um-novo-combustivel-derivado-do-gas-natural>.
- [15] Marcos de Oliveira. Recurso ecletico: Gas usado em aerossóis e indicado para substituir o diesel e o glp, 20/02/2022. URL <https://revistapesquisa.fapesp.br/recurso-ecletico/>.
- [16] Propeq. Trocadores de calor: Quais os tipos e por que são importantes?, 02/07/2020. URL <https://propeq.com/trocadores-de-calor/>.
- [17] Trocadores de Calor. Trocadores de calor, 2022. URL <https://www.trocadordec calor.com.br/trocador-de-calor>.
- [18] Washington B FILHO. *Fenômenos de Transporte para Engenharia*. Grupo GEN, 2012.
- [19] Armin Franz Isenmann. *Operações Unitárias na Indústria Química*. Edição do Autor, 2018.
- [20] Legislação ambiental: 5 aspectos que as indústrias químicas devem se atentar, Mar 2021. URL <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/legislacao-ambiental-nas-industrias-quimicas>.

- [21] Brasil. Resolução nº 697, de 31 de agosto de 2017. *Diário Oficial [da] União*, 2017. ISSN 169. URL https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19272086/doi-2017-09-01-resolucao-n-697-de-31-de-agosto-de-2017-19271968.
- [22] Instituto Combustível Legal. Saiba por que o metanol é um perigo invisível no tanque do seu carro, 2018. URL <https://institutocombustivellegal.org.br/metanol-o-perigo-invisivel-no-tanque-do-seu-carro/>.
- [23] Sem autor. Dimethyl ether for transportation, 15/03/2018. URL https://shareok.org/bitstream/handle/11244/302127/oksd_seaberg_HT_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [24] Methanol Institute. Methanol price and supply/demand, 2021. URL <https://www.methanol.org/methanol-price-supply-demand/>.

11 FOLHAS DE ESPECIFICAÇÃO

11.1 CORRENTES MATERIAIS

CORRENTES MATERIAIS		
Número de corrente	1	
Descrição	Corrente de entrada trocador E-201	
Pressão	15,5	Kg/cm ² g
Temperatura	45	°C
Vazão mássica	1,05.10 ⁴	Kg/h
Vazão molar	328,3	Kmol/h
Entalpia total	-18,62	Gkcal/h
Fração de sólidos	1	
Fração de vapor	0	
PROPRIEDADES DA LÍQUIDA		
Vazão volumétrica @P e T de operação	13,69	m ³ /h
Peso molecular	31,94	Kg/kmol
Densidade	765,8	Kg/m ³
Viscosidade	0,4154	cP
Condutividade térmica	0,1743	W/m.°C
Calor específico	3,67	kJ/kg.°C
Tensão superficial	26,83	dinas/cm
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,00457	0,00659
Metanol	0,98386	0,98688
Água	0,01157	0,00653
Número de corrente	2	
Descrição	Corrente de entrada trocador E-202	
Pressão	15,4	Kg/cm ² g
Temperatura	154	°C
Vazão mássica	1,05.10 ⁴	Kg/h
Vazão molar	328,3	Kmol/h
Entalpia total	-15,42	Gkcal/h
Fração de sólidos	0	
Fração de vapor	1	
PROPRIEDADES DA FASE VAPOR/GÁS		
Vazão volumétrica @P e T de operação	672,7	m ³ /h
Peso molecular	31,94	Kg/kmol
Densidade	15,59	Kg/m ³
Viscosidade	0,0093	cP
Condutividade térmica	0,025	W/m.°C
Calor específico	1,88	kJ/kg.°C
Fator de compressibilidade	0,8712	
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,00457	0,00659
Metanol	0,98386	0,98688
Água	0,01157	0,00653
Número de corrente	3	
Descrição	Corrente de saída trocador E-202	
Pressão	15,0	Kg/cm ² g
Temperatura	250	°C
Vazão mássica	1,05.10 ⁴	Kg/h
Vazão molar	328,3	Kmol/h
Entalpia total	-14,95	Gkcal/h
Fração de sólidos	0	
Fração de vapor	1	
PROPRIEDADES DA FASE VAPOR/GÁS		
Vazão volumétrica @P e T de operação	907	m ³ /h

Peso molecular	31,94	Kg/kmol
Densidade	11,56	Kg/m ³
Viscosidade	0,0118	cP
Condutividade térmica	0,0331	W/m.°C
Calor específico	2,007	kJ/kg.°C
Fator de compressibilidade	0,9337	
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,00457	0,00659
Metanol	0,98386	0,98688
Água	0,01157	0,00653
Número de corrente	4	
Descrição	Corrente de saída reator	
Pressão	14,2	Kg/cm ² g
Temperatura	364	°C
Vazão mássica	1,05.10 ⁴	Kg/h
Vazão molar	328,3	Kmol/h
Entalpia total	-14,96	Gkcal/h
Fração de sólidos	0	
Fração de vapor	1	
PROPRIEDADES DA FASE VAPOR/GÁS		
Vazão volumétrica @P e T de operação	1217	m ³ /h
Peso molecular	31,94	Kg/kmol
Densidade	0,2699	Kg/m ³
Viscosidade	0,0182	cP
Condutividade térmica	0,04997	W/m.°C
Calor específico	2,290	kJ/kg.°C
Fator de compressibilidade	0,9758	
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,39750	0,57335
Metanol	0,19769	0,19832
Água	0,40481	0,22833
Número de corrente	5	
Descrição	Corrente de entrada trocador E-203	
Pressão	14,0	Kg/cm ² g
Temperatura	278	°C
Vazão mássica	1,05.10 ⁴	Kg/h
Vazão molar	328,3	Kmol/h
Entalpia total	-15,42	Gkcal/h
Fração de sólidos	0	
Fração de vapor	1	
PROPRIEDADES DA FASE VAPOR/GÁS		
Vazão volumétrica @P e T de operação	1049	m ³ /h
Peso molecular	31,94	Kg/kmol
Densidade	9,995	Kg/m ³
Viscosidade	0,0155	cP
Condutividade térmica	0,041	W/m.°C
Calor específico	2,137	kJ/kg.°C
Fator de compressibilidade	0,9625	
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,39750	0,57335
Metanol	0,19769	0,19832
Água	0,40481	0,22833
Número de corrente	6	

Descrição	Corrente de saída trocador E-203	
Pressão	13,7	Kg/cm ² g
Temperatura	100	°C
Vazão mássica	1,05.10 ⁴	Kg/h
Vazão molar	328,3	Kmol/h
Entalpia total	-18,41	Gkcal/h
Fração de sólidos	0,9202	
Fração de vapor	0,0798	
PROPRIEDADES DA FASE VAPOR/GÁS		
Vazão volumétrica @P e T de operação	29,84	m ³ /h
Peso molecular	43,68	Kg/kmol
Densidade	21,37	Kg/m ³
Viscosidade	0,0112	cP
Condutividade térmica	0,0239	W/m.°C
Calor específico	1,788	kJ/kg.°C
Fator de compressibilidade	0,8828	
PROPRIEDADES DA FASE LÍQUIDA		
Vazão volumétrica @P e T de operação	15,13	m ³ /h
Peso molecular	31,40	Kg/kmol
Densidade	650,8	Kg/m ³
Viscosidade	0,1245	cP
Condutividade térmica	0,2564	W/m.°C
Calor específico	3,843	kJ/kg.°C
Tensão superficial	29	dinas/cm
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,39750	0,57335
Metanol	0,19769	0,19832
Água	0,40481	0,22833
Número de corrente	7	
Descrição	Corrente de entrada coluna de destilação T-201	
Pressão	10,6	Kg/cm ² g
Temperatura	89	°C
Vazão mássica	1,05.10 ⁴	Kg/h
Vazão molar	328,3	Kmol/h
Entalpia total	-18,41	Gkcal/h
Fração de sólidos	0,852	
Fração de vapor	0,148	
PROPRIEDADES DA FASE VAPOR/GÁS		
Vazão volumétrica @P e T de operação	96,66	m ³ /h
Peso molecular	43,85	Kg/kmol
Densidade	16,73	Kg/m ³
Viscosidade	0,01078	cP
Condutividade térmica	0,0226	W/m.°C
Calor específico	1,729	kJ/kg.°C
Fator de compressibilidade	0,9032	
PROPRIEDADES DA FASE LÍQUIDA		
Vazão volumétrica @P e T de operação	13,04	m ³ /h
Peso molecular	30,44	Kg/kmol
Densidade	680,2	Kg/m ³
Viscosidade	0,1467	cP
Condutividade térmica	0,2814	W/m.°C
Calor específico	3,660	kJ/kg.°C
Tensão superficial	32,55	dinas/cm
COMPOSIÇÃO		

Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,39750	0,57335
Metanol	0,19769	0,19832
Água	0,40481	0,22833
Número de corrente	8	
Descrição	Corrente de saída topo da coluna de destilação T-201	
Pressão	10,5	Kg/cm ² g
Temperatura	46	°C
Vazão mássica	5,97.10 ³	Kg/h
Vazão molar	129,7	Kmol/h
Entalpia total	-6,24	Gkcal/h
Fração de sólidos	1	
Fração de vapor	0	
PROPRIEDADES DA FASE LÍQUIDA		
Vazão volumétrica @P e T de operação	10,24	m ³ /h
Peso molecular	46	Kg/kmol
Densidade	571	Kg/m ³
Viscosidade	0,0738	cP
Condutividade térmica	0,1195	W/m.°C
Calor específico	2,594	kJ/kg.°C
Tensão superficial	8,930	dinas/cm
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,99537	0,99678
Metanol	0,00463	0,00322
Água	0	0
Número de corrente	9	
Descrição	Corrente de saída fundo da coluna de destilação T-201	
Pressão	10,7	Kg/cm ² g
Temperatura	153	°C
Vazão mássica	4,52.10 ³	Kg/h
Vazão molar	198,6	Kmol/h
Entalpia total	-12,01	Gkcal/h
Fração de sólidos	1	
Fração de vapor	0	
PROPRIEDADES DA FASE LÍQUIDA		
Vazão volumétrica @P e T de operação	6,112	m ³ /h
Peso molecular	23,06	Kg/kmol
Densidade	759	Kg/m ³
Viscosidade	0,1405	cP
Condutividade térmica	0,4128	W/m.°C
Calor específico	4,396	kJ/kg.°C
Tensão superficial	34,63	dinas/cm
COMPOSIÇÃO		
Componente	Fração molar	Fração mássica
Dimetil éter	0,00705	0,01427
Metanol	0,32377	0,45592
Água	0,66918	0,52981

11.2 TROCADORES DE CALOR

11.2.1 AQUECEDOR DE METANOL

ESPECIFICAÇÕES TROCADORES DE CALOR						
Número do equipamento		E - 201				
Descrição		Aquecedor da corrente inicial (metanol, DME e água)				
Tipo de trocador		Casco-tubo com cabeçote flutuante				
Para casco-tubo, definir o tipo TEMA		AKP				
Disposição		Horizontal				
Circulação		Forçada				
Número de carcaças estimadas	Em série ou paralelo?	1			-	
CARACTERÍSTICAS DOS FLUIDOS E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
Lado	CASCO/TUBO EXTERIOR/FLUÍDO FRÍO DO TROCADOR DE PLACAS			TUBO/TUBO INTERIOR/FLUÍDO QUENTE DO TROCADOR DE PLACAS		
	Entrada	Saída		Entrada	Saída	
Vazão total	-		Kg/h	10490		Kg/h
Fração de vapor/gás	1	1		0	1	
Vazão de vapor/gás	-	-	Kg/h	0	10490	Kg/h
Vazão de líquido	-	-		10490	0	
Temperatura	212	212	°C	54	145	°C
Pressão	20	20	Kg/cm ² g	15,2	15,1	Kg/cm ² g
Perda de pressão permitida	15		Kg/cm ²	15		Kg/cm ²
Coefficiente individual de transmissão de calor	1400		Kcal / h m ² °C	500		Kcal / h m ² °C
Fator de deposição	0,0002		h m ² °C/ kcal	0,0002		h m ² °C/ kcal
Coefficiente global de transmissão de calor	321,10			Kcal / h m ² °C		
ΔT_{mi}	103,1			°C		
F_r	1					
Calor trocado	3,2			GKcal/h		
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
Pressão de projeto	22				Kg/cm ² g	
Temperatura de projeto	242				°C	
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO TROCADOR						
Área de troca de calor	96,76			m ²		
Diâmetro dos tubos	3/4" / 19,05			polegadas/mm		
Comprimento dos tubos	20 / 6096			pés/mm		
Espessura dos tubos	12 (2,768 mm)			BWG		
Espaçamento entre centro dos tubos	1" / 25,4			polegadas/mm		
Tipo de disposição dos tubos	Triangular					
Diâmetro do casco	-			pés/mm		

11.2.2 RESFRIADOR DO REATOR

ESPECIFICAÇÕES TROCADORES DE CALOR						
Número do equipamento			E-202			
Descrição			Resfriador do Reator			
Tipo de trocador			Casco-tubo com cabeçote flutuante			
Para casco-tubo, definir o tipo TEMA			AEP			
Disposição			Horizontal			
Circulação			Forçada			
Número de carcaças estimadas		Em série ou paralelo?		1		-
CARACTERÍSTICAS DOS FLUIDOS E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
Lado	CASCO/TUBO EXTERIOR/FLUÍDO FRÍO DO TROCADOR DE PLACAS			TUBO/TUBO INTERIOR/FLUÍDO QUENTE DO TROCADOR DE PLACAS		
	Entrada	Saída		Entrada	Saída	
Vazão total	10490		Kg/h	10490		Kg/h
Fração de vapor/gás	1	1		1	1	
Vazão de vapor/gás	10490	10490	Kg/h	10490	10490	Kg/h
Vazão de líquido	0	0		0	0	
Temperatura	154	250	°C	364	278	°C
Pressão	15.1	14.7	Kg/cm ² g	13.9	13.8	Kg/cm ² g
Perda de pressão permitida	15		Kg/cm ²	15		Kg/cm ²
Coefficiente individual de transmissão de calor	50		Kcal / h m ² °C	50		Kcal / h m ² °C
Fator de deposição	0.0002		h m ² °C/ kcal	0.0002		h m ² °C/ kcal
Coefficiente global de transmissão de calor			24.75			Kcal / h m ² °C
ΔT_{ml}			118.9			°C
F_T			0.92			
Calor trocado			1942			MJ/h
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
Pressão de projeto			16,9		Kg/cm ² g	
Temperatura de projeto			394		°C	
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO TROCADOR						
Área de troca de calor			171,38		m ²	
Diâmetro dos tubos			¾/ 19,05		polegadas/mm	
Comprimento dos tubos			20/6096		pés/mm	
Espessura dos tubos			12 (2,768 mm)		BWG	
Espaçamento entre centro dos tubos			1,25/31,71		polegadas/mm	
Tipo de disposição dos tubos (triangulas, triangular rotada, quadrangular, rômbrica)			Triangular			
Diâmetro do casco			-		pés/mm	

11.2.3 RESFRIADOR DE DME

ESPECIFICAÇÕES TROCADORES DE CALOR						
Número do equipamento			E - 203			
Descrição			Condensador da corrente de DME			
Tipo de trocador (casco-tubo, placas, tubos concêntricos)			Cascos e tubos com cabeçote flutuante			
Para casco-tubo, definir o tipo TEMA			AEL			
Disposição (horizontal/vertical)			Horizontal			
Circulação (forçada, termosifão...)			Forçada			
Número de carcaças estimadas		Em série ou paralelo?		1		-
CARACTERÍSTICAS DOS FLUIDOS E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
Lado	CASCO/TUBO EXTERIOR/FLUÍDO FRÍO DO TROCADOR DE PLACAS			TUBO/TUBO INTERIOR/FLUÍDO QUENTE DO TROCADOR DE PLACAS		
	Entrada	Saída		Entrada	Saída	
Vazão total	-		kg/h	10490		kg/h
Fração de vapor/gás	0	0		1	0,0798	
Temperatura	28	45	°C	278	100	°C
Pressão	1	1	bar	13,8	13,4	Kg/cm ² g
Perda de pressão permitida	15		bar	15		Kg/cm ² g
Coefficiente individual de transmissão de calor	700		kcal / h m ² °C	1400		Kcal / h m ² °C
Fator de deposição	0,0004		h m ² °C / kcal	0,002		Kcal / h m ² °C
Coefficiente global de transmissão de calor			5100			h m ² °C / kcal
ΔT_{ml}			137,09			°C
F_T			0,97			
Calor trocado			2,99			GKcal/h
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
Pressão de projeto			15,2			Kg/cm ² g
Temperatura de projeto			308			°C
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO TROCADOR						
Área de troca de calor			78,00			m ²
Diâmetro dos tubos			3/4" / 0,019			polegadas/mm
Comprimento dos tubos			20 / 6096			pés/mm
Espessura dos tubos			12			BWG
Espaçamento entre centro dos tubos			1" / 25,4			polegadas/mm
Tipo de disposição dos tubos			Triangular			
Diâmetro do casco			-			pés/mm

11.3 REATOR

ESPECIFICAÇÕES REATOR			
Número do equipamento	R – 201		
Descrição	Reator para desidratação catalítica do metanol formando DME e H ₂ O		
Pressão no topo	13,9	bar	
Pressão no fundo	14,7		
Pressão de projeto	16,5		
Temperatura no topo	364	°C	
Temperatura no fundo	250		
Temperatura de projeto	394		
Nível normal de líquido		mm	
Nível máximo de líquido (80%)			
Nível mínimo de líquido (20%)			
Altura	10000		
Diâmetro	720		
Material	Aço inoxidável 304		
PROPRIEDADES DO FLUÍDO			
Densidade da fase leve @P e T de operação no prato chave			Kg/m ³
Densidade da fase pesada @P e T de operação no prato chave			Kg/m ³
CONEXÕES			
Sigla	Número	Diâmetro	Serviço
A			CONEXÃO DE ENTRADA E SAÍDA
B			MEDIDOR DE PRESSÃO
C			MEDIDOR DE TEMPERATURA
D			CATALISADOR
ESQUEMA DO RECIPIENTE			
<p style="text-align: center;">10000 mm</p> <p style="text-align: right;">700 mm</p>			

11.4 COLUNA DE DESTILAÇÃO

11.4.1 TORRE DE DESTILAÇÃO

ESPECIFICAÇÕES VASOS/TORRES/REACTORES			
Número do equipamento	T-201		
Descrição	Torre de Destilação		
Pressão no topo	10,50	Kg/cm ² g	
Pressão no fundo	10,71		
Pressão de projeto	12,51		
Temperatura no topo	47,90	°C	
Temperatura no fundo	147,10		
Temperatura de projeto	177,10		
Nível normal de líquido	---	m	
Nível máximo de líquido (80%)	---		
Nível máximo de líquido (20%)	---		
Altura	14,50		
Diâmetro	0,63		
Material	Aço Carbono		
PROPRIEDADES DO FLUÍDO			
Densidade da fase leve @P e T de operação no prato chave	18,58	Kg/m ³	
Densidade da fase pesada @P e T de operação no prato chave	625,50	Kg/m ³	
CONEXÕES			
Sigla	Número	Diâmetro	Serviço
A			Saída para o condensador
B			Entrada do refluxo
C			Entrada da alimentação
D			Saída para o refeedor
E			Entrada de vapor
ESQUEMA DO RECIPIENTE			

11.4.2 VASO PULMÃO

ESPECIFICAÇÕES TANQUES DE ARMAZENAGEM		
Número do equipamento	V-202	
Descrição	Vaso pulmão coletor de condensado	
PROPRIEDADES DO FLUÍDO		
Componentes corrosivos	Sim	
Caso sim, em qual porcentagem em p.?	0,41%	
Sólidos em suspensão	Não	
Caso sim, em qual porcentagem em p.?	---	
Temperatura de armazenagem	46,38	°C
Densidade @ T de armazenagem	570,90	Kg/m ³
Viscosidade @ T de armazenagem	0,074	cP
Temperatura máxima de armazenagem	61,38	°C
Pressão de vapor @ T máxima de armazenagem	8,47	Kg/cm ² a
Ponto de fulgor	-41	°C
Ponto de fluidez	---	
CARACTERÍSTICAS DO TANQUE		
Tipo de tanque	Cilindro Horizontal	
Tipo de teto	---	
Capacidade	9,17	m ³
Altura	4,72	m
Diâmetro	1,57	m
Pressão de projeto	12,30	Kg/m ² g
Temperatura de projeto	61,38	°C
ACESSÓRIOS		
Agitação	Não	
Serpentina para aquecimento	Não	
Caso resposta afirmativa para o aquecimento, taxa de calor	---	Gkcal/h
CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O TIPO DE FLUÍDO		
<p>a) Tanque atmosférico, projetado segundo norma API 650, válidos para pressões de vapor @ T máxima em kg/cm² a inferior a 1. Para valores inferiores a 0,05 kg/cm² a, será escolhido o teto fixo. Para outros valores, o teto flutuante. O tipo de fluído deve ser também classificado em função do ponto de fulgor:</p> <ol style="list-style-type: none"> B1 para pontos de fulgor abaixo de 38 °C. B2 para pontos de fulgor entre 38 e 55 °C. C para pontos de fulgor entre 55 e 100 °C. D para pontos de fulgor acima de 100 °C. <p>b) Tanques a pressão, projetado segundo norma API 620, válido para pressões de vapor @ T máxima em kg/cm² a entre 1 e 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> B1 para pontos de fulgor abaixo de 38 °C. B2 para pontos de fulgor entre 38 e 55 °C. <p>c) Vaso a pressão/esfera, projetado segundo normas ASME VIII / API 2510 / API 2350, para pressões de vapor @ 15 °C acima de 2 kg/cm² a.</p> <ol style="list-style-type: none"> A1, temperatura de armazenamento abaixo de 0 °C. A2, temperatura de armazenamento acima de 0 °C 		
ESQUEMA DO TANQUE		

11.4.3 CONDENSADOR

ESPECIFICAÇÕES TROCADORES DE CALOR						
Número do equipamento			E-205			
Descrição			Condensador de destilado			
Tipo de trocador			Casco – Tubo			
Para casco-tubo, definir o tipo TEMA			AEL			
Disposição			Horizontal			
Circulação			Termosifão			
Número de carcaças estimadas		Em série ou paralelo?		1		--
CARACTERÍSTICAS DOS FLUÍDOS E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
Lado	CASCO (FLUÍDO FRIO)			TUBO (FLUÍDO QUENTE)		
	Entrada	Saída		Entrada	Saída	
Vazão total	785147		Kg/h	18963		Kg/h
Fração de vapor/gás	0	0		1,0	0	
Vazão de vapor/gás	0	0	Kg/h	18963	0	Kg/h
Vazão de líquido	785147	785147		0	18963	
Temperatura	28	45	°C	48,58	46,38	°C
Pressão	---	---	Kg/cm ² g	10,50	10,50	Kg/cm ² g
Perda de pressão permitida	0,15		Kg/cm ²	0,15		Kg/cm ²
Coefficiente individual de transmissão de calor	1400		Kcal / h m ² °C	1500		Kcal / h m ² °C
Fator de deposição	0,0001		h m ² °C/ kcal	0,0002		h m ² °C/ kcal
Coefficiente global de transmissão de calor	750			W / m ² °C		
ΔT_{ml}	9,05			°C		
F_T	1					
Calor trocado	7230.573			MJ/h		
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
Pressão de projeto	12,30				Kg/cm ² g	
Temperatura de projeto	68,58				°C	
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO TROCADOR						
Área de troca de calor	296			m ²		
Diâmetro dos tubos	19,05			mm		
Comprimento dos tubos	6096			mm		
Espessura dos tubos	14			BWG		
Espaçamento entre centro dos tubos	25,4			mm		
Tipo de disposição dos tubos	Triangular					
Diâmetro do casco	---			pés/mm		

11.4.4 CALDEIRA

ESPECIFICAÇÕES TROCADORES DE CALOR						
Número do equipamento		E-204				
Descrição		Refervedor				
Tipo de trocador		Casco - Tubo				
Para casco-tubo, definir o tipo TEMA		AEL				
Disposição		Horizontal				
Circulação		Termisifão				
Número de carcaças estimadas	Em série ou paralelo?	1			---	
CARACTERÍSTICAS DOS FLUÍDOS E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO						
Lado	CASCO (FLUÍDO FRIO)			TUBO (FLUÍDO QUENTE)		
	Entrada	Saída		Entrada	Saída	
Vazão total	10755		Kg/h	3391		Kg/h
Fração de vapor/gás	0	0,57		1	0	
Vazão de vapor/gás	0	6116	Kg/h	3391	0	Kg/h
Vazão de líquido	10755	4639		0	3391	
Temperatura	144,5	153,2	°C	212	212	°C
Pressão	10,71	10,71	Kg/cm ² g	20,39	20,39	Kg/cm ² g
Perda de pressão permitida	0,1		Kg/cm ²	0,1		
Coefficiente individual de transmissão de calor	1200		Kcal / h m ² °C	4900		
Fator de deposição	0,0002		h m ² °C/ kcal	0,0001		
Coefficiente global de transmissão de calor	1050					W / m ² °C
ΔT_{ml}	63,05					°C
F_T	1					
Calor trocado	7095					MJ/h
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO						
Pressão de projeto	22,43					Kg/cm ² g
Temperatura de projeto	242					°C
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO TROCADOR						
Área de troca de calor	29,77					m ²
Diâmetro dos tubos	19,05					mm
Comprimento dos tubos	6096					mm
Espessura dos tubos	14					BWG
Espaçamento entre centro dos tubos	25,4					mm
Tipo de disposição dos tubos	Triangular					
Diâmetro do casco	---					pés/mm

11.4.5 BOMBA DE ALIMENTAÇÃO

ESPECIFICAÇÕES BOMBAS				
Identificação do equipamento operação / reserva	P-202A/B			
Descrição	Bomba de condensado			
Número de bombas operação / reserva	1			1
Tipo de bomba	Centrífuga			
Funcionamento	Contínuo	Paralelo		
CARACTERÍSTICAS DOS FLUIDOS E CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO				
PARTE DA BOMBA	Aspiração		Impulsão	
Vazão volumétrica de operação	22,93			m ³ /h
Pressão	10,50	kg/cm ² g	11,62	kg/cm ² g
Temperatura	46,37	°C	46,37	°C
Densidade	571	kg/m ³	571	kg/m ³
Viscosidade	0,0738	cP	0,0738	cP
Pressão de vapor	8,43	kg/cm ² g	8,43	kg/cm ² g
CARACTERÍSTICAS DE PROJETO DA BOMBA				
Vazão de projeto	27,52			m ³ /h
Vazão mínima de processo	13,78			
Pressão na aspiração na vazão de projeto	10,72			kg/cm ² g
Pressão na impulsão na vazão de projeto	12,62			
Pressão diferencial	1,9			kg/cm ²
Altura diferencial	33,37			m
NPSH disponível	0,04			m
Máxima pressão diferencial a impulsão fechada	2,28			kg/cm ²
Pressão máxima na aspiração	14,22			kg/cm ² g
Pressão máxima na impulsão	16,50			
Diâmetro da tubulação aspiração/impulsão	---		---	polegadas
CONDIÇÕES DE PROJETO MECÂNICO				
Pressão de projeto	13,95			Kg/cm ² g
Temperatura de projeto	61,37			°C
CARACTERÍSTICAS DE ACIONAMENTO				
Potência elétrica a vazão de projeto	3.13			kW
ESQUEMA DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO				

11.5 INSTRUMENTOS DE CONTROLE

11.5.1 ALARMES

ESPECIFICAÇÕES DOS ALARMES			
Identificação no diagrama mecânico	Localização	Descrição da ação	Vinculado a qual elemento de medição e/ou controle
TAH-1	R-201	Alarme por alta temperatura no reator	TI-05.1/TI-05.4
PAH-2	T-201	Alarme por alta pressão na torre de destilação	PIC-09
LAL-3	T-201	Alarme por baixo nível do vaso pulmão	LIC-11
LAH-3		Alarme por alto nível do vaso pulmão	
FAL-4	T-201	Alarme por baixa vazão de refluxo	FIC-11
LAL-5	T-201	Alarme por baixo nível de fundo na torre de destilação	LIC-13
LAH-5		Alarme por alto nível de fundo na torre de destilação	
TAHH-1	R-201	Alarme por muito alta temperatura no reator	TI-05.1/TI-05.4
FALL-2	T-201	Alarme por muito baixa vazão de refluxo	FIC-11

11.5.2 VÁLVULAS DE CONTROLE

ESPECIFICAÇÕES VÁLVULAS DE CONTROLE				
Identificação no diagrama mecânico	Localização	Vinculada ao laço de controle	Vazão normal do fluido circulante (kg/h)	Ação à falha no ar
LCV-02	-	FIC-02	-	Fecha
LCV-04	-	FIC-04	10490	Abre
LCV-08	-	FIC-08.1	10490	Abre
LCV-09	-	PIC-09	-	Fecha
LCV-10	-	FIC-10	785147	Abre
LCV-11	-	FIC-11	13093,03	Abre
LCV-12	-	FIC-12	3391	Fecha
LCV-13	-	FIC-13	10755	Fecha
LCV-15	-	FIC-15	5970	Fecha

11.5.3 VÁLVULAS DE SEGURANÇA

ESPECIFICAÇÕES VÁLVULAS DE SEGURANÇA					
Identificação no diagrama mecânico	Localização	Caso de descarga	Vazão de descarga / kg/h	Pressão de acionamento / kg/cm ² g	Função
PSV-1	R-201	Bloqueio de válvula	10490	16,82	Proteger o vaso R-201
PSV-2	T-201	Falha na refrigeração e perda do refluxo	80780	10,52	Proteger o vaso T-201
PSV-3	T-201	Fogo externo	17760	8,47	Proteger o vaso T-201

11.5.4 ENCRAVAMENTOS

ESPECIFICAÇÕES DOS ENCRAVAMENTOS				
Identificação do interruptor no diagrama mecânico	Localização	Sistemas de encravamento acionado	Descrição da ação	Vinculado a qual elemento de medição e/ou controle
TAHH	R-201	SE-1	Abrir a válvula após a reator e ligar o compressor de N2	FIC-04 atuando diretamente sobre LCV-4 e no compressor
FALL	T-201	SE-2	Fechar válvula de vapor na saída do trocador	FIC-11 atuando diretamente sobre LCV-11

11.5.5 INSTRUMENTOS

ESPECIFICAÇÕES INSTRUMENTOS DE VAZÃO			
Identificação	Localização	Fase	Vazão normal / kg/h
FI-01	-	L	10490
FIC-02	-	G	-
FIC-04	-	G	10490
FI-06	-	G	-
FI-08	-	L	-
FIC-08.1	-	M	10490
FIC-10	-	L	785147
FIC-11	-	L	13093,03
FIC-12	-	G	3391
FIC-13	-	M	10755
FT-15	-	L	5970
FIC-15	-	L	5970

ESPECIFICAÇÕES INSTRUMENTOS DE NÍVEL			
Identificação	Localização	Tipo de interfase	Nível normal / mm
LT-11	-	L-L	2359,5
LT-13	-	L-V	7250

ESPECIFICAÇÕES INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA			
Identificação	Localização (núm. da tubulação ou vaso)	Fase (L, G ou M)	Temperatura normal / °C
TI-01	-	L	54
TIC-02	-	G	145
TI-02.1	-	G	212
TI-03	-	G	250
TI-05	-	G	364
TI-06	-	G	278
TI-07	-	G	278
TIC-08	-	M	100
TI-08.1	-	L	28
TI-09	-	G	48,58
TIC-10	-	L	46,38
TI-10.1	-	L	28
TI-12	-	M	144,5
TI-12.1	-	G	212
TI-14	-	M	153,2

ESPECIFICAÇÕES INSTRUMENTOS DE PRESSÃO			
Identificação	Localização (núm. da tubulação ou vaso)	Fase (L, G ou M)	Pressão normal / kg/cm² g
PI-01	-	L	15,2
PI-02	-	G	15,1
PI-06	-	G	13,8
PI-07	-	G	13,8
PI-08	-	M	13,4
PIC-09	-	G	10,5
PI-12	-	M	10,71
PI-14	-	M	10,71

12 APÊNDICE

12.1 FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO: METANOL

METANOL

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

Nome do produto	METANOL
Código interno de identificação do produto	Metanol Especial
Nome da empresa	Verquímica Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda.
Endereço	Av. Martins Júnior, 2000 Jardim Santa Emilia – Guarulhos – São Paulo.
Telefone para contato	+ 55 (11) 2404-8800
Número de FAX	+ 55 (11) 2404-8822
Telefones para emergências	0800 707 7022 – Suatrans 193 – Bombeiros
e-mail	verquimica@verquimica.com.br
Web Site	www.verquimica.com.br

2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES	Líquido e vapores altamente inflamáveis. Fatal se ingerido. Pode prejudicar a fertilidade ou o feto
---------------------------------	---

EFEITOS DO PRODUTO

Efeitos adversos à saúde humana	A ingestão, mesmo de pequenas quantidades (30 a 100 ml) pode causar cegueira ou morte. Os efeitos de doses sub-letais podem ser náuseas, dores de cabeça, dores abdominais, vômitos e perturbações visuais, desde visão enevoada à sensibilidade à luz. Inalação de concentrações altas: irritação das membranas mucosas, dores de cabeça, sonolência, náuseas, vertigens, cefaleias, narcotismo, fracasso respiratório, pressão baixa, depressão do SNC, confusão, perda de consciência, perturbações digestivas e visuais e morte. Altas concentrações de vapor ou contato com o líquido: irritação dos olhos, lacrimejar e queimaduras. Pode ser absorvido através da pele em quantidades tóxicas ou letais.
Efeitos ambientais	O metanol em água doce ou salgada pode ter efeito grave na vida aquática.
Perigos físicos e químicos	Reage com oxidantes fortes, minerais fortes ou ácidos orgânicos e bases fortes.
Perigos específicos	Inflamável.
Principais sintomas	Envenenamento sistemático, perturbações cerebrais, conjuntivites, diminuição da visão e cegueira. A inalação continuada agrava sintomas, tais como enfisema ou bronquite. O contato cutâneo repetido pode causar irritação, secura e pele estalada. Causa defeitos de nascença em ratos expostos a 20 000ppm.

METANOL

**CLASSIFICAÇÃO DO
PRODUTO QUÍMICO
(GHS/ NBR ABNT
14725:2009–PARTE 2)**

Líquidos inflamáveis (Categoria 2)
Toxicidade aguda - Oral (Categoria 1)
Toxicidade á reprodução (Categoria 1B)

**Visão geral de
Emergências**

Não disponível.

ELEMENTOS APROPRIADOS DA ROTULAGEM

Pictogramas



Palavra de advertência

Perigo

Frases de Perigo

H225 - Líquido e vapores altamente inflamáveis.
H300 - Fatal se ingerido.
H360 – Pode prejudicar a fertilidade ou o feto

Frases de Precaução

Prevenção

P210 - Mantenha afastado do calor/faisca/chama aberta/superfícies quentes. – Não fume.
P233 - Mantenha o recipiente hermeticamente fechado.
P240 - Aterre o vaso contentor e o receptor do produto durante transferências.
P241 - Utilize equipamento elétrico/de ventilação/de iluminação à prova de explosão.
P242 - Utilize apenas ferramentas antifaiscantes.
P243 - Evite o acúmulo de cargas eletrostáticas.
P280 - Use luvas de proteção/roupa de proteção/proteção ocular/proteção facial.
P264 - Lave cuidadosamente após o manuseio.
P270 - Não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto.
P201 - Obtenha instruções específicas antes da utilização.
P202 - Não manuseie o produto antes de ter lido e compreendido todas as precauções de segurança.

Resposta à emergência

P303 + P361 + P353 – EM CASO DE CONTATO COM A PELE (ou com o cabelo): Retire imediatamente toda a roupa contaminada. Enxágue a pele com água/tome uma ducha.
P370 + P378 – Em caso de incêndio: Para a extinção utilize areia seca, extintor químico seco ou espuma resistente ao álcool.
P301 + P310 - EM CASO DE INGESTÃO: Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA/ médico.
P321 - Tratamento específico (veja no rótulo).
P330 - Enxágue a boca.
P308 + P313 - EM CASO DE exposição ou suspeita de exposição: Consulte um médico.

Armazenamento

P403 + P235 - Armazene em local bem ventilado. Mantenha em local fresco.
P405 - Armazene em local fechado à chave.

Disposição

P501 - Descarte o conteúdo/recipiente em um aterro devidamente licenciado pelos órgãos competentes.

3. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

Este produto é uma substância.

METANOL

Nome químico ou comum	Álcool Metílico
Sinônimos	Metanol, álcool de madeira, carbinol, monohidroximetano, espírito colonial, metil carbinol.
Número de registro CAS	67-56-1
Impurezas que contribuem para o perigo	Este produto não contém impurezas que contribuam para o perigo

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS

Inalação	Remover a pessoa para uma área ventilada. Se houver parada respiratória, fornecer respiração artificial e providenciar cuidados médicos.
Contato com a pele	Lavar imediatamente com água e sabão neutro por pelo menos 15 minutos.
Contato com os olhos	Lavar imediatamente com água corrente por pelo menos 15 minutos e providenciar cuidados médicos.
Ingestão	A ingestão de metanol causa risco de vida. Não provocar vômito. Beber bastante água e procurar cuidados médicos imediatamente.
Ações que devem ser evitadas	Nunca de nada pela boca a pessoas inconscientes ou em convulsão. Não induzir vômito.
Proteção do prestador de socorros	Não disponível.
Notas para o médico	Em caso de delírio, usar pentobarbital, 100mg cada 6-12 horas, evitando a depressão respiratória. Lavar o estômago com solução de carvão ativo (40-60 g/l). Administrar o álcool etílico para inibir a oxidação do metanol: injetar 3 litros de uma solução a 5% de álcool etílico durante 12 horas (num total de 15 ml de álcool puro). Exame oftalmológico com exame de fundo de olho.

5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

Meios de extinção apropriados	Extintor de pó químico, água pulverizada, extrato de espuma; Grandes incêndios: água pulverizada, espuma tipo AFF(R) (com formação de película aquosa resistente ao álcool) com sistema de proporção de espuma de 3% ou 6%. Manter os outros tanques expostos ao fogo resfriados.
Meios de extinção não recomendados	Evitar o uso de jato pleno de água direto para combater ao fogo.
Perigos específicos referentes às medidas	Os vapores do metanol podem queimar com uma chama invisível. Durante um incêndio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e gases irritantes e tóxicos como o formaldeído podem ser produzidos. Os vapores podem acumular-se em espaços confinados, resultando em toxicidade e perigo de inflamabilidade. Recipientes fechados podem romper-se violentamente e liberar repentinamente grandes quantidades de metanol, quando expostos ao fogo ou calor excessivo por um período suficiente de tempo. Os vapores são ligeiramente mais pesados que o ar e podem percorrer grandes distâncias em direção à fontes de ignição.
Métodos especiais de combate a incêndio	O metanol queima com uma chama transparente, quase invisível à luz do dia. Permanecer contra o vento! Isolar e restringir o acesso à área. A concentração de metanol na água acima de 25% pode ser inflamada. Usar um jato fino ou neblina

METANOL

para controlar o fogo, resfriar os recipientes ou as estruturas adjacentes. Estancar a água usada para controlar o fogo, para remoção mais tarde.

Proteção das pessoas envolvidas no combate a incêndio

Usar máscara autônoma, panorâmica, com pressão positiva ou uma linha de ar e vestuário de proteção adequado.

Perigos específicos da combustão do produto químico

Liberação de CO, CO₂ e possível gás de formol.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

Precauções pessoais

Retirar das proximidades fontes de ignição. Usar água em forma de neblina para evitar vapores. Promover uma ventilação adequada. Usar máscara panorâmica com filtro para vapores orgânicos. Usar óculos de segurança tipo de ampla visão. Usar luvas tipo neoprene ou nitrílica. Usar vestuário apropriado.

Precauções ao meio ambiente

Evitar que o produto contamine rios, lagos e a flora. É biodegradável na água. Na vida aquática pode ter efeito grave.

Procedimento de emergência e sistemas de alarme

Não disponível.

Métodos para limpeza

Recuperação: as espumas resistentes ao álcool de fluorcarbonetos podem ser aplicadas na área de derrame para diminuir o vapor e, portanto os riscos de incêndio. Recolha o líquido com bombas a prova de explosão. Para pequenos derrames ataque com absorventes não combustíveis. Maximize a coleta do metanol, para reciclagem e neutralização. Neutralização: diluir o produto com bastante água. Disposição: recolher o produto em recipiente para disposição posterior.

Prevenção de perigos secundários

Utilizar bombas a prova de explosão para a coleta do material derramado. Não caminhar sobre o produto derramado uma vez que a sua chama é pouco visível.

Diferenças na ação de grandes e pequenos vazamentos

Não disponível.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

Manuseio - Medidas técnicas apropriadas

Prevenção da exposição do trabalhador

Manusear em local bem ventilado. Usar os equipamentos de proteção individual recomendados.

Prevenção de incêndio e explosão

Não fume nem provoque chamas desprotegidas. Dotar o sistema de estocagem com aterramento. Instalar iluminação a prova de faísca/ explosão.

Precauções e orientações para o manuseio seguro

Manusear em local bem ventilado. Utilizar equipamentos de proteção individual padrão (máscara panorâmica com filtro para vapores orgânicos, óculos de segurança tipo ampla visão, luvas de neoprene ou nitrílica e vestuário apropriado).

METANOL

Medidas de higiene

Apropriadas Não disponível.

Inapropriadas Não disponível.

Armazenamento - Medidas técnicas

Condições adequadas Os tanques devem ser aterrados e com sistema de controle de emissão de vapores. Instalar válvulas de pressão e vácuo, válvulas de segurança. Instalar diques de contenção com sistema de drenagem para efluentes orgânicos. Instalar para-raios.

Condições que devem ser evitadas Evitar o armazenamento com materiais incompatíveis. Evitar fontes de calor, faíscas e chamas, oxidantes, ácidos e bases. Incompatível com agentes oxidantes fortes, zinco, alumínio e magnésio.

Materiais para embalagem

Recomendados Metanol anidro não é corrosivo para a maior parte dos metais nas condições ambientes, exceto para o chumbo e magnésio. Recomenda-se o aço maciço para a construção de recipientes.

Inadequados Os revestimentos de cobre (ou ligas de cobre), zinco (incluindo aço galvanizado) ou alumínio, não são indicados para armazenagem, uma vez que são corroídos lentamente. Plásticos não são recomendados para armazenagem a longo prazo.

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Parâmetros de controle específicos

Limites de exposição ocupacional	Limites de Tolerância	Fontes
	TWA/TLV – 200 ppm	(ACGIH)
	STEL – 250 ppm	(ACGIH)
	IDLH – 6000 ppm	(NIOSH)
	LT-156 ppm	(NR 15)

Indicadores biológicos	Agente Químico	Determinante	Horário de Coleta	IBMP	Notas	Referências
	Metanol	Metanol na urina.	Final da jornada.	15 mg/l	Basal, não específico.	NR-7 / ACGIH 2009

IBMP: Índice Biológico Máximo Permitido (NR-7).

Outros limites e valores Limite crítico de odores é de 2000 ppm.

Medidas de controle de engenharia Em áreas confinadas providenciar ventilação local e geral para manter a concentração no ar abaixo dos limites de exposição. Os sistemas de ventilação devem ser projetados de acordo com padrões aprovados de engenharia.

Equipamento de proteção individual apropriado

METANOL

Proteção dos olhos/face	Usar óculos de proteção e protetor facial. Não é recomendado o uso de lentes de contato.
Proteção da pele e do corpo	Usar luvas nitrílicas ou de neoprene. Usar roupas resistentes a produtos químicos.
Proteção respiratória	Usar máscara panorâmica dotada de filtro polivalente ou para vapores orgânicos. Nas situações em que as concentrações excedam os limites de exposição, usar máscara de oxigênio.
Precauções especiais	Manter limpos os EPIs e em condições apropriadas de uso. Realizar periodicamente inspeções e possíveis manutenções e/ou substituições de equipamentos danificados. Filtros devem ser guardados selados em sacos plásticos ou contenção similar. Estar atento à manutenção do sistema de ventilação/exaustão.

9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Aspecto	Estado físico: Líquido Cor: Incolor
Odor	Leve e característico de álcool.
Ph	Não disponível.
Ponto de fusão/ Ponto de congelamento	- 97,8 °C a 760 mmHg.
Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição	64,7 °C
Ponto de fulgor	11 °C (vaso fechado)
Taxa de evaporação	Não disponível.
Inflamabilidade	Altamente inflamável.
Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade	No ar, % v/v: 6 (inferior) e 36 (superior).
Pressão de vapor	92 mmHg a 20°C.
Densidade de vapor	1,1
Densidade	0, 792 g/cm ³ .
Solubilidade	Absolutamente solúvel em água.
Coefficiente de partição – n-octanol/água	100%
Temperatura de auto-ignição	464 °C

METANOL

Temperatura de decomposição Não disponível.

Viscosidade Não disponível.

10 – ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Estabilidade química Estável nas condições normais de uso.

Reatividade Não disponível.

Possibilidade de reações perigosas Reações com oxidantes, ácidos e bases fortes. Pode ser corrosivo ao chumbo, alumínio, magnésio e platina.

Condições a serem evitadas Contatos com faíscas, calor, chamas ou fontes de ignição.

Materiais ou substâncias incompatíveis Agentes oxidantes fortes, zinco, chumbo, alumínio, magnésio, ácidos fortes. Ácido perclórico, perclorato de chumbo, metais reativos que desprendem do hidrogênio, alguns tipos de plásticos como o polietileno e borrachas. Não reage com água. Altamente reativo em amônia anidra, ácido sulfúrico, ácido nítrico, cianeto de hidrogênio e sulfato de hidrogênio. Oxida-se formando peróxidos, podendo ser oxidado ou reduzido. Facilmente polimerizado com desprendimento de calor.

Produtos perigosos da decomposição CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono) e HCHO (formaldeído).

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Informações de acordo com as diferentes vias de exposição

Toxicidade aguda Via respiratória: não irritante até 2000ppm. Distúrbios locais: irritação da mucosa respiratória, pele e olhos. Distúrbios neurológicos: cefaléias, fadiga, insônia, vertigens, ataxias, neurodepressão e possível neurite acústica. Distúrbios digestivos: náuseas e vômitos. Distúrbios visuais: cegueira temporária ou permanente.
Via cutânea e mucosa: pode ocasionar desengorduramento da pele e dermatite.
Via digestiva: pode ocasionar os efeitos mais graves, pois a ingestão de 30 a 100 ml de metanol é fatal para o adulto. Outros efeitos gerados por ingestão:
Distúrbios digestivos: náuseas, dor epigástrica e vômitos. Distúrbios neuropsíquicos: cefaleias, vertigens, embriaguez, astenia, sonolência e delírio, que pode levar ao coma. Distúrbios oculares: midríase, ausência dos reflexos à luz, redução da acuidade visual que pode conduzir à cegueira pela degeneração das formações nervosas da retina e do nervo ótico. Distúrbios hemodinâmicos: hipertensão. Distúrbios metabólicos: acidose e acetonúria.

Rato
Inalação (CL50): 64000ppm (¼ h)
Oral (DL 50): > 5628 mg/kg.

Coelho
Contato com a pele (DL 50): > 15800 mg/kg.

METANOL

Toxicidade crônica	<p>Carcinogenicidade: não está listado como carcinogênico no NTP, IARC, ACGIH e OSHA.</p> <p>Mutagenicidade: existem informações disponíveis suficientes para concluir que o metanol é mutagênico.</p> <p>Teratogenicidade: o metanol tem produzido toxicidade fetal em ratos e teratogenicidade em camundongos expostos por inalação a altas concentrações de vapores de metanol.</p> <p>Toxicidade reprodutiva: a informação disponível não sugere que o metanol seja uma toxina reprodutiva.</p>
Efeitos específicos	<p>No estado vapor o metanol tem a absorção pulmonar facilitada. Uma vez absorvido o composto é biotransformado pelo sistema álcool-desidrogenase ao formaldeído que é convertido em ácido fórmico. O produto final da oxidação (CO²) é eliminado no ar expirado. Além destas, existem outras vias metabólicas como a conjugação glicuronídea, e a formação de colina a partir do formaldeído e ácido fórmico. Os produtos da biotransformação são eliminados pela urina e ar expirado.</p>

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto

Ecotoxicidade	<p>Tóxico para organismos aquáticos principalmente, além de ser potencialmente tóxico para outros seres vivos e ambientes.</p> <p>Peixes Salmo Gairdneri/Oncorhynchus mykiss LC50(96h): 10800mg/L</p> <p>Crustáceos Daphnia magna EC50 (48h): 24500mg/L</p> <p>Algas EC50 (72h): 8000mg/L</p>
Persistência e degradabilidade	<p>No solo: BOD5: 0,6/1,1g O2/g substância. COD: 1,42 g O2/g substância.</p> <p>Na água: Facilmente biodegradável. Teste: 99%, OECD 301D. Solúvel em água. O CH3OH será transformado em CO2 e H2O.</p>
Potencial bioacumulativo	<p>Log Pow: -0,82/-0,66. BCF: < 10 (Leuciscus Idus).</p>
Mobilidade no solo	<p>Compostos orgânicos voláteis (COV): 100%. Migrará até as águas subterrâneas e/ou evaporará rapidamente.</p>
Outros efeitos adversos	<p>Na água, sua meia-vida situa-se entre 1-10 dias.No ar, persistirá como aerossol por uma curta duração, sofrendo degradação fotoquímica produzida por radicais hidroxil, sendo o metanol residual removido da atmosfera por precipitação pluviométrica. No ecossistema aquático, metanol pode ser muito prejudicial à vida.</p>

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

METANOL

Métodos recomendados para tratamento e disposição aplicados

Produto	O co-processamento é o método de eliminação recomendado. Grandes volumes podem ser adequados para re-destilação ou se estiver contaminado, incinerado. É importante avaliar a legislação federal, estadual e municipal antes da eliminação.
Restos de Produtos	A eliminação de resíduos por meio de incineração controlada ou em aterros sanitários pode ser utilizada, além do co-processamento. O tratamento biológico pode ser utilizado nos resíduos aquosos de metanol, sobretudo os de baixa concentração. É importante avaliar a legislação federal, estadual e municipal antes da eliminação.
Embalagem usada	Nunca reutilize embalagens vazias, pois elas podem conter restos do produto e devem ser mantidas fechadas e encaminhadas para serem destruídas em local apropriado. Neste caso, recomenda-se envio para rotas de recuperação dos tambores ou incineração.

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Regulamentações nacionais e internacionais

Terrestres	Decreto nº. 96.044, de 18 de maio de 1988: Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT): Resoluções Nº. 420/04, 701/04, 1644/06, 2657/08, 2975/08 e 3383/10.
Hidroviário	DPC - Diretoria de Portos e Costas (Transporte em águas brasileiras) Normas de Autoridade Marítima (NORMAM) NORMAM 01/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto NORMAM 02/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação Interior IMO – “International Maritime Organization” (Organização Marítima Internacional) International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) –Incorporating Amendment 34-08; 2008 Edition.
Aéreo	DAC – Departamento de Aviação Civil: IAC 153-1001. Instrução de Aviação Civil – Normas para o transporte de artigos perigosos em aeronaves civis. IATA – “International Air Transport Association” (Associação Nacional de Transporte Aéreo) Dangerous Goods Regulation (DGR) – 51st Edition, 2010.
Número ONU	1230
Nome apropriado para embarque	METANOL
Classe/subclasse de risco principal e subsidiário	3 Subsidiário: 6.1
Número de risco	336
Grupo de embalagem	II

METANOL

Regulamentações adicionais Não transportar junto com produtos incompatíveis (oxidantes fortes) ou com produtos destinados ao uso e consumo humano ou animal.

15. REGULAMENTAÇÕES

Regulamentações específicas para o produto químico

Decreto Federal nº 2.657, de 3 de julho de 1998
Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).
Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.
Produto sujeito a controle e fiscalização do Ministério da Justiça – Departamento de Polícia Federal – MJ/DPF, quando se tratar de importação, exportação e reexportação, sendo indispensável Autorização Prévia de DPF para realização destas operações.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

Informações importantes, mas não especificamente descritas às seções anteriores

Os dados desta ficha de informações referem-se a um produto específico e podem não ser válidos se este produto for usado em combinação com outros. A Verquímica esclarece que os dados por ela coletada são transferidos sem alterar seu conteúdo ou significado. As informações aqui contidas baseiam-se no atual nível de conhecimento da empresa. O usuário dos produtos é responsável pela divulgação das informações de segurança aos seus funcionários, antes da utilização do produto. Esta FISPQ anula substitui as versões anteriores.

Referências bibliográficas

[[Manual GHS] Sistema Harmonizado Globalmente para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos – disponível em:
http://www.anvisa.gov.br/reblas/reblas_public_manual_ghs.pdf
OSHA Occupational Safety & Health Administration – Disponível em:
http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_251600.html
Norma ABNT- NBR 14725-3: 2012. Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 3: Rotulagem.
Norma ABNT- NBR 14725-4: 2009. Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ).
Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos do Ministério do Transporte (Resolução 420 de 12 de fevereiro de 2004).
Ministério do Trabalho e Emprego Secretaria de Inspeção do Trabalho - Portaria n.º 3.214, 08 de junho de 1978.

Legendas e abreviaturas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CAS - Chemical Abstracts Service
CL50 - Concentração letal 50%
DL50 - Dose letal 50%
GHS - Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
IDLH – Immediately Dangerous to Life or Health
LT – Limite de Tolerância
NBR – Norma Técnica Brasileira
NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health
NR – Norma Regulamentadora
STEL – Short Term Exposure Limit
TLV - Threshold Limit Value
TWA - Time Weighted Average

**12.2 FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO:
ÉTER DIETÍLICO**

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA

de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

Data de revisão 08.04.2014

Versão 4.0

SECÇÃO 1. Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa

1.1 Identificador do produto

No. de catálogo	100931
Nome do produto	Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®
Número de registo REACH	01-2119535785-29-XXXX
No. CAS	60-29-7

1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações identificadas	Reagente para análise, Solvente, Enchimento para colunas analíticas e separação preparativa De acordo com as condições descritas no anexo desta folha de dados de segurança.
---------------------------	---

1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

Companhia	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemanha * Tel: +49 6151 72-2440
Departamento responsável	LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Número de telefone de emergência

**CIAV, Centro de Informação Antivenenos, Rua Almirante Barroso, 36
1000-013 Lisboa * Tel.Urgencia (Consultas): 808 250 143**

SECÇÃO 2. Identificação dos perigos

2.1 Classificação da substância ou mistura

Classificação (REGULAMENTO (CE) N.o 1272/2008)

Líquido inflamável, Categoria 1, H224
 Toxicidade aguda, Categoria 4, Oral, H302
 Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única, Categoria 3, H336
 Para o pleno texto das DECLARAÇÕES H mencionadas nesta Secção, ver a Secção 16.

Classificação (67/548/CEE ou 1999/45/CE)

F+	Extremamente inflamável	R12 R19
Xn	Nocivo	R22 R66 R67

Para o texto completo sobre as frases R mencionadas nesta Secção, ver a Secção 16.

2.2 Elementos do rótulo

Rótulo (REGULAMENTO (CE) N.o 1272/2008)

Pictogramas de perigo



Palavra-sinal

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Perigo

Advertências de perigo

H224 Líquido e vapor extremamente inflamáveis.

H302 Nocivo por ingestão.

H336 Pode provocar sonolência ou vertigens.

EUH019 Pode formar peróxidos explosivos.

EUH066 Pode provocar pele seca ou gretada, por exposição repetida.

Recomendações de prudência

Prevenção

P210 Manter afastado do calor, superfícies quentes, faísca, chama aberta e outras fontes de ignição.

Não fumar.

P233 Manter o recipiente bem fechado.

P240 Ligação à terra/equipotencial do recipiente e do equipamento receptor.

Resposta

P304 + P340 EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a vítima para uma zona ao ar livre e mantê-la em repouso numa posição que não dificulte a respiração.

Armazenagem

P403 + P235 Armazenar em local bem ventilado. Conservar em ambiente fresco.

Rótulagem reduzida (≤125 ml)

Pictogramas de perigo



Palavra-sinal

Perigo

Advertências de perigo

H224 Líquido e vapor extremamente inflamáveis.

Recomendações de prudência

P210 Manter afastado do calor, superfícies quentes, faísca, chama aberta e outras fontes de ignição. Não fumar.

P403 + P235 Armazenar em local bem ventilado. Conservar em ambiente fresco.

No. de Index 603-022-00-4

2.3 Outros perigos

Não conhecidos.

SECÇÃO 3. Composição/informação sobre os componentes

3.1 Substância

Formula	(C ₂ H ₅) ₂ O	C ₄ H ₁₀ O (Hill)
No. de Index	603-022-00-4	
No. CE	200-467-2	
Massa molar	74,12 g/mol	

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Componentes perigosos (REGULAMENTO (CE) N.º 1272/2008)

Nome Químico (Concentração)

No. CAS Número de registo Classificação

Dietiléter (>= 50 % - <= 100 %)

A substância não atende ao critério para PBT ou vPvB de acordo com o reg ulamento (CE) n° 1907/2006, anexo XIII.

60-29-7 01-2119535785-29-

XXXX

Líquido inflamável, Categoria 1, H224

Toxicidade aguda, Categoria 4, H302

Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única,

Categoria 3, H336

Para o pleno texto das DECLARAÇÕES H mencionadas nesta Secção, ver a Secção 16.

Componentes perigosos (1999/45/CE)

Nome Químico (Concentração)

No. CAS Classificação

Dietiléter (>= 50 % - <= 100 %)

60-29-7 F+, Extremamente inflamável; R12

R19

Xn, Nocivo; R22

R66

R67

Para o texto completo sobre as frases R mencionadas nesta Secção, ver a Secção 16.

3.2 Mistura

não aplicável

SECÇÃO 4. Primeiros socorros

4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros

Após a inalação: Exposição ao ar fresco. Caso o sinistrado esteja indisposto, chamar um médico.

Após contacto com a pele: Lavar abundantemente com água. Tirar a roupa contaminada.

Após contacto com os olhos: Enxaguar abundantemente com água, mantendo a pálpebra aberta. Consultar um oftalmologista se necessário.

Depois de engolir: Atenção em caso de vômitos. Perigo de aspiração! Manter livres as vias respiratórias. Possível uma insuficiência pulmonar após a aspiração do vômito. Chamar imediatamente um médico.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

efeitos irritantes, paralisia respiratória, Sonolência, Inconsciência, embriagado, euforia, colapso, sonolência, ataxia (alteração da coordenação motora), Salivação, Coma, morte

4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

Não existe informação disponível.

SECÇÃO 5. Medidas de combate a incêndios

5.1 Meios de extinção

Meios adequados de extinção

Dióxido de carbono (CO₂), Espuma, Pó seco

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Meios inadequados de extinção

Para esta substância/mistura, não há limitações dos agentes de extinção.

5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura

Combustível.

Os vapores são mais pesados que o ar e podem espalhar-se junto ao solo.

A formação de misturas explosivas com o ar é possível já a temperaturas normais.

Prestar atenção às projecções.

Em caso de incêndio formam-se gases inflamáveis e vapores perigosos.

5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios

Equipamento especial de protecção a utilizar pelo pessoal de combate a incêndio

Não ficar na zona de perigo sem aparelhos respiratórios autónomos apropriados para respiração independente do ambiente. De forma a evitar o contacto com a pele, mantenha uma distância de segurança e utilize vestuário protetor adequado.

Outras informações

Evitar de contaminar água de superfície ou a água subterrânea com a água de extinção.

Remover o recipiente da zona de perigo; arrefecer com água.

SECÇÃO 6. Medidas a tomar em caso de fugas acidentais

6.1 Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência

Conselho para o pessoal da não emergência Evitar o contacto com a substância. Não respirar os vapores, aerossóis. Assegurar ventilação adequada. Manter afastado do calor e de fontes de ignição. Evacuar a área de perigo, observar os procedimentos de emergência, consultar um especialista.

Conselho para o pessoal responsável pela resposta à emergência: Equipamento de protecção, ver secção 8.

6.2 Precauções a nível ambiental

Não deitar os resíduos no esgoto. Risco de explosão.

6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza

Cobrir os drenos. Colectar, ligar e bombear fugas para fora.

Observar as possíveis restrições materiais (ver secções 7 e 10).

Absorver com absorvente de líquidos, p.ex., Chemisorb®. Proceder à eliminação de resíduos.

Limpar a área afectada.

6.4 Remissão para outras secções

Indicação sobre tratamento de resíduos, ver secção 13.

SECÇÃO 7. Manuseamento e armazenagem

7.1 Precauções para um manuseamento seguro

Informação para um manuseamento seguro

Trabalhar com chaminé. Não inalar a substância/mistura. Evitar a formação de vapores/aerossóis.

Observar os avisos das etiquetas.

Orientação para prevenção de Fogo e Explosão

Guardar longe de chamas, superfícies aquecidas e fontes de ignição. Evitar acumulação de cargas electrostáticas.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Medidas de higiene

Mudar imediatamente a roupa contaminada. Profilaxia cutânea. Depois de terminar o trabalho, lavar as mãos e a cara.

7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades

Condições de armazenagem

Ao abrigo da luz. Guardar o recipiente herméticamente fechado em lugar seco e bem ventilado. Manter afastado do calor e de fontes de ignição.

Temperatura recomendada de armazenagem, consulte na etiqueta de produto.

7.3 Utilizações finais específicas

Ver o cenário de exposição no anexo a este MSDS.

SECÇÃO 8. Controlo da exposição/protecção individual

8.1 Parâmetros de controlo

Componentes a controlar com relação ao local de trabalho

Componentes

Bases	Valor	Limites limiaries	Observações
<i>Dietiléter (60-29-7)</i>			
ECTLV	Valor limite de exposição – curta duração (VLE-CD):	200 ppm 616 mg/m ³	
	Valor limite de exposição – media ponderada (VLE-MP):	100 ppm 308 mg/m ³	
PT OEL	Valor limite de exposição – curta duração (VLE-CD):	200 ppm 616 mg/m ³	
	Valor limite de exposição – media ponderada (VLE-MP):	100 ppm 308 mg/m ³	
PT VLE	Valor limite de exposição – media ponderada (VLE-MP):	400 ppm	
	Valor limite de exposição – curta duração (VLE-CD):	500 ppm	

Etanol (64-17-5)

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

PT VLE Valor limite de exposição – média ponderada (VLE-MP): 1.000 ppm

Nível derivado de exposição sem efeitos (DNEL)

Trabalhador DNEL, agudo	Efeitos sistêmicos	inalação	616 mg/m ³
Trabalhador DNEL, longo prazo	Efeitos sistêmicos	cutânea	44 mg/kg Peso
Trabalhador DNEL, longo prazo	Efeitos sistêmicos	inalação	308 mg/m ³
Consumidor DNEL, longa data	Efeitos sistêmicos	cutânea	15,6 mg/kg Peso
Consumidor DNEL, longa data	Efeitos sistêmicos	inalação	54,5 mg/m ³
Consumidor DNEL, longa data	Efeitos sistêmicos	oral	15,6 mg/kg Peso

Processos de verificação recomendados

Os métodos para medir a atmosfera do local de trabalho devem estar de acordo com as exigências das normas DIN EN 482 e DIN EN 689.

Concentração previsivelmente sem efeitos (PNEC)

PNEC Água doce	2 mg/l
PNEC Água do mar	0,2 mg/l
PNEC Sedimento de água doce	9,14 mg/kg
PNEC Sedimento marinho	0,914 mg/kg
PNEC Solos	0,66 mg/kg

8.2 Controlo da exposição

Medidas de planeamento

As medidas técnicas e as operações de trabalho adequadas devem ter prioridade em relação ao uso de equipamento de protecção pessoal.
Ver secção 7.1.

Medidas de protecção individual

As características dos meios de protecção para o corpo devem ser seleccionadas em função da concentração e da quantidade das substâncias tóxicas de acordo com as condições específicas do local de trabalho. A resistência dos meios de protecção aos agentes químicos deve ser esclarecida junto dos fornecedores.

Protecção ocular / facial
Óculos de segurança

Protecção das mãos

contacto com salpicos:

Substância de luva: Viton (R)
Espessura das luvas: 0,70 mm
Pausa através do tempo: > 30 min

As luvas de protecção a usar têm que obedecer às especificações da directiva EC 89/686/EEC e do padrão resultante EN374, por exemplo KCL 890 Vitoject® (contacto com salpicos).
As ruturas acima descritas foram determinadas pelo KCL em testes de laboratório seg. a EN374 com amostras dos tipos de luvas recomendados.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Esta recomendação aplica-se apenas ao produto descrito na ficha de dados de segurança por nós fornecida bem como para a aplicação especificada. Quando houver dissolução ou mistura com outras substâncias e sob as devidas condições houver desvios aos descritos na EN374 por favor contactar o fornecedor de luvas com marcação CE (ex: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de).

Outro equipamento de protecção

Tecido protector anti-estático retardador de chama

Protecção respiratória

necessário em caso de formação de vapores/aerossóis.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro AX (EN 371)

O empresário tem de garantir que a manutenção, limpeza e teste de equipamentos de protecção respiratória são realizados de acordo com as instruções do produtor. Estas medidas devem ser devidamente documentadas.

Controlo da exposição ambiental

Não deitar os resíduos no esgoto.

Risco de explosão.

SECÇÃO 9. Propriedades físicas e químicas

9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base

Forma	líquido
Cor	incolor
Odor	característico
Limiar olfactivo	Não existe informação disponível.
pH	Não existe informação disponível.
Ponto de fusão	-116,3 °C
Ponto de ebulição/intervalo de ebulição	34,6 °C a 1.013 hPa
Ponto de inflamação	-40 °C Método: c.c.
Taxa de evaporação	Não existe informação disponível.
Inflamabilidade (sólido, gás)	Não existe informação disponível.
Limite inferior de explosão	1,7 %(V)
Limite superior de explosão	36 %(V)
Pressão de vapor	587 hPa a 20 °C
Densidade relativa do vapor	Não existe informação disponível.
Densidade	0,71 g/cm ³

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Densidade relativa	Não existe informação disponível.
Hidrossolubilidade	69 g/l a 20 °C
Coefficiente de partição n-octanol/água	log Pow: 0,89 (experimental) (Literatura) Não se prevê qualquer bio-acumulação.
Temperatura de auto-ignição	Não existe informação disponível.
Temperatura de decomposição	Não existe informação disponível.
Viscosidade, dinâmico	0,23 mPa.s a 20 °C
Propriedades explosivas	Não classificado como explosivo.
Propriedades comburentes	não
Peróxidos	Pode formar peróxidos explosivos.

9.2 Outras informações

Temperatura de ignição 180 °C
Método: DIN 51794

SECÇÃO 10. Estabilidade e reactividade

10.1 Reactividade

Vapores podem formar misturas explosivas com o ar.

10.2 Estabilidade química

Sensibilidade à luz
Sensível ao ar.

Estabilizador
Etanol

10.3 Possibilidade de reacções perigosas

Perigo de explosão am presença de:

azidas, halogénios, compostos halogénio-halogénio, não-metals, oxi-halogenetos não metálicos, Agentes oxidantes fortes, óxido de crómio-(VI), óxidos de halogénios, compostos peroxidados, ácido perclórico, percloratos, Ácido nítrico, ácido nitrante, Oxigénio, Ozono, óleos de terebentina e/ou sucedâneos de óleos de terebentina, nitratos, cloretos de metais

Risco de inflamação ou formação de gases ou vapores inflamáveis com:
cloreto de cromilo, Peróxidos

10.4 Condições a evitar

Aquecimento.

10.5 Materiais incompatíveis

borracha, diversos materiais plásticos

10.6 Produtos de decomposição perigosos

As Fichas de dados de Segurança para itens de catálogo estão igualmente disponíveis em www.merckgroup.com.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Peróxidos

SECÇÃO 11. Informação toxicológica

11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos

Toxicidade aguda por via oral

LDLO humano: 260 mg/kg (RTECS)

DL50 ratazana: 1.215 mg/kg (RTECS)

absorção

Sintomas: Perigo de aspiração após vômito., Aspiração pode causar edema pulmonar e pneumonia.

Toxicidade aguda por via inalatória

absorção

Sintomas: irritação das mucosas

Toxicidade aguda por via cutânea

DL50 coelho: > 2.000 mg/kg (ECHA)

Irritação cutânea

coelho

Resultado: Sem irritação.

Directrizes do Teste OECD 404

Dermatites

Pode provocar pele seca ou gretada, por exposição repetida.

Irritação ocular

coelho

Resultado: Não irrita os olhos

Directrizes do Teste OECD 405

Sensibilização

Teste de sensibilização: rato

Resultado: negativo

Método: OECD TG 429

Experiência humana

Resultado: negativo

(Literatura)

Mutagenicidade em células germinativas

Genotoxicidade in vivo

rato

Resultado: negativo

Método: OECD TG 474

Genotoxicidade in vitro

Teste de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

(IUCLID)

Mutagenicidade(teste em célula de mamífero): aberração de cromossomas.

Linfócitos humanos

Resultado: negativo

Método: OECD TG 487

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Mutagenicidade bacteriana (ensaio em células de mamífero):

Mouse lymphoma test

Resultado: negativo

Método: OECD TG 476

Carcinogenicidade

Informação não disponível.

Toxicidade reprodutiva

Informação não disponível.

Teratogenicidade

Informação não disponível.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única

Órgãos alvo: Sistema nervoso central

Pode provocar sonolência ou vertigens.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida

Informação não disponível.

Perigo de aspiração

Informação não disponível.

11.2 Outras informações

Narcótico!

Após absorção.

Salivação, euforia, ataxia (alteração da coordenação motora), embriagado, colapso,

Inconsciência, Coma

Não pode ser excluída:

paralisia respiratória, morte

Manusear de acordo com as boas práticas industriais de higiene e segurança.

SECÇÃO 12. Informação ecológica

12.1 Toxicidade

Toxicidade em peixes

CL50 Leuciscus idus (Carpa dourada): 2.840 mg/l; 48 h (ECOTOX Database)

Toxicidade em dáfnias e outros invertebrados aquáticos

CE50 Daphnia magna: 1.380 mg/l; 48 h (IUCLID)

Toxicidade em algas

Ensaio estático CE50 Desmodesmus subspicatus (alga verde): > 100 mg/l; 72 h

OECD TG 201

Toxicidade em bactérias

Ensaio estático CE50 Iodo activado: 21.000 mg/l; 3 h

OECD TG 209

Ensaio estático NOEC Iodo activado: 42 mg/l; 3 h

OECD TG 209

Toxicidade em dáfnias e outros invertebrados aquáticos (Toxicidade crónica)

Ensaio semiestático NOEC Daphnia magna: > 100 mg/l; 21 d

OECD TG 211

12.2 Persistência e degradabilidade

Biodegradabilidade

Não rapidamente biodegradável.

12.3 Potencial de bioacumulação

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Éter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Coefficiente de partição n-octanol/água

log Pow: 0,89

(experimental)

(Literatura) Não se prevê qualquer bio-acumulação.

12.4 Mobilidade no solo

Não existe informação disponível.

12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB

A substância não atende ao critério para PBT ou vPvB de acordo com o regulamento (CE) nº 1907/2006, anexo XIII.

12.6 Outros efeitos adversos

Constante de Henry

124,6 Pa*m³/mol

Método: (experimental)

(Literatura) Reparte-se preferivelmente no ar.

Informações ecológicas adicionais

A descarga no meio ambiente deve ser evitada.

SECÇÃO 13. Considerações relativas à eliminação

Métodos de tratamento de resíduos

O material residual deve ser eliminado de acordo com a Directiva sobre o material residual 2009/98/CE, bem como com outros regulamentos nacionais e locais. Deixar os produtos químicos nos contentores originais. Não misturar com outros materiais residuais. Manusear os contentores não limpos como o próprio produto.

Ver www.retrologistik.com para consultar os processos relativos à devolução de produtos químicos e contentores ou entrar em contacto connosco se tiver outras perguntas.

SECÇÃO 14. Informações relativas ao transporte

Transporte rodoviário (ADR/RID)

14.1 Número ONU UN 1155

14.2 Designação oficial de transporte da ONU Éter dietílico

14.3 Classe 3

14.4 Grupo de embalagem I

14.5 Perigosos para o Meio --

14.6 Precauções especiais para o utilizador sim

Código de restrição de utilização do túnel D/E

Transporte fluvial (ADN)

Não relevante

Transporte aéreo (IATA)

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

14.1 Número ONU UN 1155
14.2 Designação oficial de transporte da ONU DIETHYL ETHER
14.3 Classe 3
14.4 Grupo de embalagem I
14.5 Perigosos para o Meio --
14.6 Precauções especiais para o utilizador não

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU UN 1155
14.2 Designação oficial de transporte da ONU DIETHYL ETHER
14.3 Classe 3
14.4 Grupo de embalagem I
14.5 Perigosos para o Meio --
14.6 Precauções especiais para o utilizador sim
EMS F-E S-D

14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção Marpol 73/78 e o Código IBC
Não relevante

SECÇÃO 15. Informação sobre regulamentação

15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente

Regulamentos UE

Legislação sobre o principal acidente perigoso 96/82/EC
Extremamente inflamável
8
Quantidade 1: 10 t
Quantidade 2: 50 t

Restrições relativas ao trabalho Tomar nota da Directiva 94/33/CE sobre a protecção dos jovens no trabalho. Tomar nota da Directiva 92/85/CEE sobre a segurança e a saúde no trabalho para trabalhadoras grávidas.

Regulamento (CE) N.º 1005/2009 relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono não regulado

Regulamento (CE) N.º 850/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2004 sobre poluentes orgânicos persistentes e diretiva de alteração 79/117/CEE não regulado

Regulamento (CE) N.º 689/2008 relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos não regulado

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Substâncias que suscitam elevada preocupação (SVHC) Este produto não contém substâncias que suscitam elevada preocupação de acordo com a regulamentação (EC) nº 1907/2006 (REACH), artigo 57, em com centração superior ao limite regulatório respectivo de $\geq 0,1$ % (p/p).

Legislação nacional
Classe de armazenagem 3

15.2 Avaliação da segurança química

Não foi realizada uma avaliação de segurança química conforme a regulame ntação UE REACH N° 1907/2006 para este produto.

SECÇÃO 16. Outras informações

Texto integral das declarações H referidas nos parágrafos 2 e 3.

H224 Líquido e vapor extremamente inflamáveis.
H302 Nocivo por ingestão.
H336 Pode provocar sonolência ou vertigens.

Texto integral das frases R referidas nos pontos 2 e 3

R12 Extremamente inflamável.
R19 Pode formar peróxidos explosivos.
R22 Nocivo por ingestão.
R66 Pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida.
R67 Pode provocar sonolência e vertigens, por inalação dos vapores.

Recomendações de formação profissional

Providenciar aos operadores de informação, instrução e formação adequadas.

Rótulo (67/548/CEE ou 1999/45/CE)

Símbolo(s)  F+ Extremamente inflamável
 Xn Nocivo
Frase(s) - R 12-19-22-66-67 Extremamente inflamável. Pode formar peróxidos explosivos. Nocivo por ingestão. Pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida. Pode provocar sonolência e vertigens, por inalação dos vapores.
Frase(s) - S 9-16-29-33 Manter o recipiente num local bem ventilado. Manter afastado de qualquer chama ou fonte de ignição - Não fumar. Não deitar os resíduos no esgoto. Evitar acumulação de cargas electrostáticas.

No. CE 200-467-2 Rotulagem CE

Rótulagem reduzida (≤ 125 ml)

Símbolo(s)  F+ Extremamente inflamável
 Xn Nocivo
Frase(s) - R 12-22 Extremamente inflamável. Nocivo por ingestão.

Legenda com a explicação das abreviaturas e siglas utilizadas na ficha de dados de segurança

As abreviações e acrónimos usados podem ser consultados em <http://www.wikipedia.org>.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Representante nacional

Merck Farma e Quimica, S.A.* Rua Alfredo da Silva, 3-C * P-1300-040 Lisboa* Tel.: +351 (21) 3613 500 * Fax: +351 (21) 3613 665 * merck@merck.pt

As indicações baseiam-se no nível actual dos nossos conhecimentos e servem para a caracterização do produto no que se refere às medidas de segurança a tomar. Estas indicações não implicam qualquer garantia de propriedades do produto descrito.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

CENÁRIO DE EXPOSIÇÃO 1 (Utilização industrial)

1. Utilização industrial (Reagente para análise, Solvente, Enchimento para colunas analíticas e separação preparativa)

Sectores de utilização final

SU 3 Utilizações industriais: Utilização de substâncias estromes ou contidas em preparações em instalações industriais
SU9 Fabrico de produtos químicos finos
SU 10 Formulação [mistura] de preparações e/ ou reembalagem (excluindo ligas)

Categoria de produto químico

PC19 Produtos intermédios
PC21 Produtos químicos de laboratório

Categorias de processamentos

PROC1 Utilização em processo fechado, sem probabilidade de exposição
PROC2 Utilização em processo contínuo e fechado, com exposição ocasional controlada
PROC3 Utilização em processo descontínuo fechado (síntese ou formulação)
PROC4 Utilização em processos descontínuos e outros (síntese), onde há possibilidade de exposição
PROC5 Mistura ou combinação em processos descontínuos de formulação de preparações e artigos (em vários estádios e/ ou contacto significativo)
PROC8a Transferência de substâncias ou preparações (carga/ descarga) de/ para recipientes/ grandes contentores em instalações não destinadas a esse fim
PROC8b Transferência de substâncias ou preparações (carga/ descarga) de/ para recipientes/ grandes contentores em instalações destinadas a esse fim
PROC9 Transferência de substâncias ou preparações para pequenos contentores (linha de enchimento destinada a esse fim, incluindo pesagem)
PROC10 Aplicação ao rolo ou à trincha
PROC15 Utilização como reagente para uso laboratorial

Categorias de Libertação para o Ambiente

ERC1 Fabrico de substâncias
ERC2 Formulação de preparações
ERC4 Utilização industrial de auxiliares de processamento em processos e produtos que não venham a fazer parte de artigos
ERC6a Utilização industrial resultante no fabrico de uma outra substância (utilização de substâncias intermédias)
ERC6b Utilização industrial de auxiliares de processamento reactivos

2. Cenários de contribuição: medidas de gestão de riscos e condições operacionais

2.1 Cenário contribuidor controlando a exposição ambiental para: ERC1, ERC4

Outros dão as condições operacionais que afetam a exposição ambiental

Número de dias de emissão por ano 300

Condições e medidas relacionadas com a unidade municipal de tratamento de esgotos

Tipo de Instalação de Tratamento de Esgoto Instalação de tratamento de esgotos urbanos

Condições e medidas relacionadas com o tratamento externo de resíduos para eliminação

Métodos de destruição Eliminar como lixo especial de acordo com a regulamentação

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

local e nacional.

2.2 Cenário contribuidor controlando a exposição ambiental para: ERC2

Outros dão as condições operacionais que afetam a exposição ambiental

Número de dias de emissão por ano 300

Condições e medidas relacionadas com a unidade municipal de tratamento de esgotos

Tipo de Instalação de Tratamento de Esgoto Instalação de tratamento de esgotos urbanos

Condições e medidas relacionadas com o tratamento externo de resíduos para eliminação

Métodos de destruição Eliminar como lixo especial de acordo com a regulamentação local e nacional.

2.3 Cenário contribuidor controlando a exposição ambiental para: ERC6a

Quantidade utilizada

Quantidade diária por local (Msafe) 8.828 kg

Fatores ambientais não influenciados pela gestão do risco

Velocidade do fluxo 18.000 m³/d
Factor de diluição (Rio) 10
Factor de diluição (zonas costeiras) 100

Outros dão as condições operacionais que afetam a exposição ambiental

Número de dias de emissão por ano 20
Factor de Emissão ou de Liberação: Ar 5 %
Factor de Emissão ou de Liberação: Água 2 %
Factor de Emissão ou de Liberação: Solo 0,1 %

Condições e medidas relacionadas com a unidade municipal de tratamento de esgotos

Tipo de Instalação de Tratamento de Esgoto Instalação de tratamento de esgotos urbanos
Velocidade do fluxo do efluente da instalação do tratamento das águas residuais 2.000 m³/d
Eficiência (de uma medida) 89 %

Condições e medidas relacionadas com o tratamento externo de resíduos para eliminação

Métodos de destruição Destruir como um resíduo perigoso de acordo com as regulações locais e nacionais.

2.4 Cenário contribuidor controlando a exposição ambiental para: ERC6b

Quantidade utilizada

Quantidade diária por local 3.534 kg

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

(Msafe)

Fatores ambientais não influenciados pela gestão do risco

Velocidade do fluxo 18.000 m³/d
Factor de diluição (Rio) 10
Factor de diluição (zonas costeiras) 100

Outros dão as condições operacionais que afetam a exposição ambiental

Número de dias de emissão por ano 20
Factor de Emissão ou de Liberação: Ar 0,1 %
Factor de Emissão ou de Liberação: Água 5 %
Factor de Emissão ou de Liberação: Solo 0,025 %

Condições e medidas relacionadas com a unidade municipal de tratamento de esgotos

Tipo de Instalação de Tratamento de Esgoto Instalação de tratamento de esgotos urbanos
Velocidade do fluxo do efluente da instalação do tratamento das águas residuais 2.000 m³/d
Eficiência (de uma medida) 89 %

Condições e medidas relacionadas com o tratamento externo de resíduos para eliminação

Métodos de destruição Destruir como um resíduo perigoso de acordo com as regulações locais e nacionais.

2.5 Cenário contribuidor controlando a exposição do trabalhador para: PROC1, PROC2

Características do produto

Concentração da substância na Mistura / Artigo Cobre a percentagem da substância no produto até 100%.
Forma física (no momento da utilização) Líquido volátil alto

Frequência e duração da utilização

Frequência de utilização 8 horas / dia

Outras condições operacionais afectando a exposição dos trabalhadores

Exterior / Interior Interno sem ventilação de exaustão local (LEV)
Observações Processo fechado

Medidas organizacionais para evitar/limitar as liberações, a dispersão e a exposição

Cobre exposições diárias até 8 horas.

Aviso adicional de boa prática para além da Avaliação de Segurança Química da REACH

Conselhos adicionais das boas práticas Utilizar luvas apropriadas (testadas para EN374) e óculos de protecção.

2.6 Cenário contribuidor controlando a exposição do trabalhador para: PROC3, PROC4, PROC8b

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Características do produto

Concentração da substância na Mistura / Artigo Cobre a percentagem da substância no produto até 100%.
Forma física (no momento da utilização) Líquido volátil alto

Frequência e duração da utilização

Frequência de utilização 8 horas / dia

Outras condições operacionais afectando a exposição dos trabalhadores

Exterior / Interior Interno sem ventilação de exaustão local (LEV)
Observações Processo fechado

Condições e medidas técnicas

Fornecer um bom nível geral ou controlado de ventilação (5 a 15 renovações de ar por hora).

Medidas organizacionais para evitar/limitar as libertações, a dispersão e a exposição

Cobre exposições diárias até 8 horas.

Aviso adicional de boa prática para além da Avaliação de Segurança Química da REACH

Conselhos adicionais das boas práticas Utilizar luvas apropriadas (testadas para EN374) e óculos de protecção.

2.7 Cenário contribuidor controlando a exposição do trabalhador para: PROC8a

Características do produto

Concentração da substância na Mistura / Artigo Cobre a percentagem da substância no produto até 100%.
Forma física (no momento da utilização) Líquido volátil alto

Frequência e duração da utilização

Frequência de utilização 8 horas / dia

Outras condições operacionais afectando a exposição dos trabalhadores

Exterior / Interior Interno com ventilação de exaustão local (LEV)

Condições e medidas técnicas

Fornecer um bom nível geral ou controlado de ventilação (5 a 15 renovações de ar por hora).

Medidas organizacionais para evitar/limitar as libertações, a dispersão e a exposição

Cobre exposições diárias até 8 horas.

Aviso adicional de boa prática para além da Avaliação de Segurança Química da REACH

Conselhos adicionais das boas práticas Utilizar luvas apropriadas (testadas para EN374) e óculos de protecção.

2.8 Cenário contribuidor controlando a exposição do trabalhador para: PROC9

Características do produto

Concentração da substância na Mistura / Artigo Cobre a percentagem da substância no produto até 100%.
Forma física (no momento da utilização) Líquido volátil alto

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

utilização)

Frequência e duração da utilização

Frequência de utilização 8 horas / dia

Outras condições operacionais afectando a exposição dos trabalhadores

Exterior / Interior Interno com ventilação de exaustão local (LEV)

Medidas organizacionais para evitar/limitar as libertações, a dispersão e a exposição

Cobre exposições diárias até 8 horas.

Aviso adicional de boa prática para além da Avaliação de Segurança Química da REACH

Conselhos adicionais das boas práticas Utilizar luvas apropriadas (testadas para EN374) e óculos de protecção.

2.9 Cenário contribuidor controlando a exposição do trabalhador para: PROC5, PROC10

Características do produto

Concentração da substância na Mistura / Artigo Cobre a percentagem da substância no produto até 100%.
Forma física (no momento da utilização) Líquido volátil alto

Frequência e duração da utilização

Frequência de utilização 8 horas / dia

Outras condições operacionais afectando a exposição dos trabalhadores

Exterior / Interior Interno com ventilação de exaustão local (LEV)

Medidas organizacionais para evitar/limitar as libertações, a dispersão e a exposição

Cobre exposições diárias até 8 horas.

Aviso adicional de boa prática para além da Avaliação de Segurança Química da REACH

Conselhos adicionais das boas práticas Utilizar luvas apropriadas (testadas para EN374) e óculos de protecção.

2.10 Cenário contribuidor controlando a exposição do trabalhador para: PROC15

Características do produto

Concentração da substância na Mistura / Artigo Cobre a percentagem da substância no produto até 100%.
Forma física (no momento da utilização) Líquido volátil alto

Frequência e duração da utilização

Frequência de utilização 8 horas / dia

Outras condições operacionais afectando a exposição dos trabalhadores

Exterior / Interior Interno sem ventilação de exaustão local (LEV)

Medidas organizacionais para evitar/limitar as libertações, a dispersão e a exposição

Cobre exposições diárias até 8 horas.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Aviso adicional de boa prática para além da Avaliação de Segurança Química da REACH

Conselhos adicionais das boas práticas Utilizar luvas apropriadas (testadas para EN374) e óculos de protecção.

3. Estimação da exposição e referência para sua fonte

Meio ambiente

CS	Descritor de utilizações	Msafe	Compartimento	RCR	Exposição do Método de Avaliação
2.1	ERC1		Todos os compartimentos	< 0,01	ECETOC TRA
2.1	ERC4		Todos os compartimentos	< 0,01	ECETOC TRA
2.2	ERC2		Todos os compartimentos	< 0,01	ECETOC TRA
2.3	ERC6a	8828 kg / dia	Solos	1	ECETOC TRA
2.4	ERC6b	3534 kg / dia	Solos	1	ECETOC TRA

Trabalhadores

CS	Descritor de utilizações	Duração da exposição, rota, efeito	RCR	Exposição do Método de Avaliação
2.5	PROC1	longo prazo, inalante, sistémico	0,10	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,03	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,13	ECETOC TRA
2.5	PROC2	longo prazo, inalante, sistémico	0,10	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,03	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,13	ECETOC TRA
2.6	PROC3	longo prazo, inalante, sistémico	0,98	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,01	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,99	ECETOC TRA
2.6	PROC4	longo prazo, inalante, sistémico	0,01	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,30	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,31	ECETOC TRA
2.6	PROC8b	longo prazo, inalante, sistémico	0,44	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,16	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,60	ECETOC TRA
2.7	PROC8a	longo prazo, inalante, sistémico	0,49	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,80	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,31	ECETOC TRA
2.8	PROC9	longo prazo, inalante, sistémico	0,20	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,02	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,22	ECETOC TRA
2.9	PROC5	longo prazo, inalante, sistémico	0,25	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,002	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,25	ECETOC TRA
2.9	PROC10	longo prazo, inalante, sistémico	0,25	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,031	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,28	ECETOC TRA

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

2.10	PROC15	longo prazo, inalante, sistémico	0,49	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,01	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,50	ECETOC TRA

Os parâmetros e eficiências padrão do modelo de avaliação de exposição aplicado foram utilizados para o cálculo (a menos que exista alguma especificação em contrário).

4. Orientação para os utilizadores a jusante para avaliar se ele trabalha dentro dos limites estabelecidos pelo cenário de exposição

Favor consultar os seguintes documentos: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI /Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para a graduação das avaliações de exposição do trabalhador realizadas com ECETOC TRA, favor consultar a ferramenta Merck SciDeEx® em www.merck-chemicals.com.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

CENÁRIO DE EXPOSIÇÃO 2 (Utilização profissional)

1. Utilização profissional (Reagente para análise, Solvente, Enchimento para colunas analíticas e separação preparativa)

Sectores de utilização final

SU 22 Utilizações profissionais: Domínio público (administração, educação, actividades recreativas, serviços, artes e ofícios)

Categoria de produto químico

PC21 Produtos químicos de laboratório

Categorias de processamentos

PROC15 Utilização como reagente para uso laboratorial

Categorias de Libertação para o Ambiente

ERC2 Formulação de preparações

ERC6a Utilização industrial resultante no fabrico de uma outra substância (utilização de substâncias intermédias)

ERC6b Utilização industrial de auxiliares de processamento reactivos

2. Cenários de contribuição: medidas de gestão de riscos e condições operacionais

2.1 Cenário contribuidor controlando a exposição ambiental para: ERC2

Outros dão as condições operacionais que afetam a exposição ambiental

Número de dias de emissão por ano 300

Condições e medidas relacionadas com a unidade municipal de tratamento de esgotos

Tipo de Instalação de Tratamento de Esgoto Instalação de tratamento de esgotos urbanos

Condições e medidas relacionadas com o tratamento externo de resíduos para eliminação

Métodos de destruição Eliminar como lixo especial de acordo com a regulamentação local e nacional.

2.2 Cenário contribuidor controlando a exposição ambiental para: ERC6a

Quantidade utilizada

Quantidade diária por local (Msafe) 8.828 kg

Fatores ambientais não influenciados pela gestão do risco

Velocidade do fluxo 18.000 m³/d

Factor de diluição (Rio) 10

Factor de diluição (zonas costeiras) 100

Outros dão as condições operacionais que afetam a exposição ambiental

Número de dias de emissão por ano 20

Factor de Emissão ou de Libertação: Ar 5 %

Factor de Emissão ou de Libertação: Agua 2 %

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Factor de Emissão ou de Liberação: Solo 0,1 %

Condições e medidas relacionadas com a unidade municipal de tratamento de esgotos

Tipo de Instalação de Tratamento de Esgoto Instalação de tratamento de esgotos urbanos
Velocidade do fluxo do efluente da instalação do tratamento das águas residuais 2.000 m3/d
Eficiência (de uma medida) 89 %

Condições e medidas relacionadas com o tratamento externo de resíduos para eliminação

Métodos de destruição Destruir como um resíduo perigoso de acordo com as regulações locais e nacionais.

2.3 Cenário contribuidor controlando a exposição ambiental para: ERC6b

Quantidade utilizada

Quantidade diária por local (Msafe) 3.534 kg

Fatores ambientais não influenciados pela gestão do risco

Velocidade do fluxo 18.000 m3/d
Factor de diluição (Rio) 10
Factor de diluição (zonas costeiras) 100

Outros dão as condições operacionais que afetam a exposição ambiental

Número de dias de emissão por ano 20
Factor de Emissão ou de Liberação: Ar 0,1 %
Factor de Emissão ou de Liberação: Agua 5 %
Factor de Emissão ou de Liberação: Solo 0,025 %

Condições e medidas relacionadas com a unidade municipal de tratamento de esgotos

Tipo de Instalação de Tratamento de Esgoto Instalação de tratamento de esgotos urbanos
Velocidade do fluxo do efluente da instalação do tratamento das águas residuais 2.000 m3/d
Eficiência (de uma medida) 89 %

Condições e medidas relacionadas com o tratamento externo de resíduos para eliminação

Métodos de destruição Destruir como um resíduo perigoso de acordo com as regulações locais e nacionais.

2.4 Cenário contribuidor controlando a exposição do trabalhador para: PROC15

Características do produto

Concentração da substância na Mistura / Artigo Cobre a percentagem da substância no produto até 100%.

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA – Anexo
de acordo com a Regulamento (CE) No. 1907/2006

No. de catálogo 100931
Nome do produto Eter dietílico para cromatografia gasosa ECD e FID SupraSolv®

Forma física (no momento da utilização) Líquido volátil alto

Frequência e duração da utilização

Frequência de utilização 8 horas / dia

Outras condições operacionais afectando a exposição dos trabalhadores

Exterior / Interior Interno sem ventilação de exaustão local (LEV)

Medidas organizacionais para evitar/limitar as libertações, a dispersão e a exposição

Cobre exposições diárias até 8 horas.

Aviso adicional de boa prática para além da Avaliação de Segurança Química da REACH

Conselhos adicionais das boas práticas Utilizar luvas apropriadas (testadas para EN374) e óculos de protecção.

3. Estimação da exposição e referência para sua fonte

Meio ambiente

CS	Descritor de utilizações	Msafe	Compartimento	RCR	Exposição do Método de Avaliação
2.1	ERC2		Todos os compartimentos	< 0,01	ECETOC TRA
2.2	ERC6a	8828 kg / dia	Solos	1	ECETOC TRA
2.3	ERC6b	3534 kg / dia	Solos	1	ECETOC TRA

Trabalhadores

CS	Descritor de utilizações	Duração da exposição, rota, efeito	RCR	Exposição do Método de Avaliação
2.4	PROC15	longo prazo, inalante, sistémico	0,5	ECETOC TRA
		longo prazo, dermal, sistémico	0,008	ECETOC TRA
		longo prazo, combinado, sistémico	0,51	ECETOC TRA

Os parâmetros e eficiências padrão do modelo de avaliação de exposição aplicado foram utilizados para o cálculo (a menos que exista alguma especificação em contrário).

4. Orientação para os utilizadores a jusante para avaliar se ele trabalha dentro dos limites estabelecidos pelo cenário de exposição

Favor consultar os seguintes documentos: ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.12: Use descriptor system; ECHA Guidance for downstream users; ECHA Guidance on information requirements and chemical safety assessment Part D: Exposure Scenario Building, Part E: Risk Characterisation and Part G: Extending the SDS; VCI /Cefic REACH Practical Guides on Exposure Assessment and Communications in the Supply Chain; CEFIC Guidance Specific Environmental Release Categories (SPERCs).

Para a gradação das avaliações de exposição do trabalhador realizadas com ECETOC TRA, favor consultar a ferramenta Merck SciDeEx® em www.merck-chemicals.com.