



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas
Annete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2022



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas
Anete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Fábio Andrijauskas
Annete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3 / Organizadores Fábio Andrijauskas, Annete Silva Faesarella, Laira Lucia Damasceno de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0095-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.950221105>

1. Engenharia. 2. Sociedade. 3. Indústria. I. Fábio Andrijauskas (Organizador). II. Annete Silva Faesarella (Organizadora). III. Laira Lucia Damasceno de Oliveira (Organizadora). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Nos anos de 2020 e 2021 tivemos a primeira e a segunda edição do livro “Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria” e agora, em 2022, com muito orgulho lançamos sua terceira edição. Esta edição atual provém de trabalhos desenvolvidos durante a pandemia da COVID-19, um período que nos fez refletir sobre a importância da ciência e o desenvolvimento tecnológico no mundo atual, aliados na descoberta de soluções para problemas de diferentes âmbitos, haja vista as vacinas desenvolvidas no intuito de resolver esta situação tão sensível e desafiadora. Realmente, um momento que mudou a vida de todos e que ficará para sempre em nossas lembranças.

Em tempos que, mais do que nunca, necessitam de união e paz, apresentamos este conteúdo com diversos autores, demonstrando que a diversidade de pensamento, ideias e conhecimento são pilares para o avanço da ciência. Cada capítulo foi elaborado com dedicação e comprometimento dos pesquisadores, e traz mais um resultado de sucesso para diversas áreas do conhecimento, como as Engenharias, a Saúde e o Meio Ambiente.

Mais uma vez, agradecemos à Editora Atena pela oportunidade do lançamento do nosso terceiro livro, proporcionando uma via eficaz de disseminação de conhecimento e de suas contribuições para a sociedade e para a comunidade científica.

Finalizamos com uma frase da oração de São Francisco que diz: **“Senhor, fazei de mim instrumento de vossa paz”**.

Paz e bem!

Annete Silva Faesarella

Fábio Andrijauskas

Laira Lucia Damasceno de Oliveira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A MODERN PANORAMA OF THE INTERNET OF MEDICAL THINGS DEMONSTRATING ITS APPLICATION LANDSCAPE


Reinaldo Padilha França
Ana Carolina Borges Monteiro
Rangel Arthur
Francisco Fambrini
Julio Cesar Pereira
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211051>

CAPÍTULO 2..... 20

PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO PÓ DA CASCA DE ROMÃ EM COSMÉTICOS


Teresa de Jesus Estevam Pereira
Vanessa Cristine de Marco Matos dos Santos
Iara Lúcia Tescarollo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211052>

CAPÍTULO 3..... 36

IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING


Sérgio Ricardo de Lima Novais
Glaucilene Ferreira Catroli
Fábio Andrijauskas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211053>

CAPÍTULO 4..... 50

BALSANET - PLATAFORMA COMPUTACIONAL MULTIPARÂMETROS CONTROLADA REMOTAMENTE PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Kelvyn Souza Santana
Anderson Quintino da Fonseca
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Annete Silva Faesarella


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211054>

CAPÍTULO 5..... 67

NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Fernando Luciano de Almeida
Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior
Annete Silva Faesarella


Vicente Idalberto Becerra Sablón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211055>

CAPÍTULO 6..... 81

ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS


Leonardo Dorigo de Almeida
Samyra Haryele Gimenes Silva
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211056>

CAPÍTULO 7..... 97

DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E ESTUDO DA CASCA DE CAFÉ PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS


Enik Erica Rodrigues Godoy
Gabriela de Oliveira Ferri
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211057>

CAPÍTULO 8..... 109

APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL


Bruna Ferraz Mattos de Souza
David Aguiar Ferreira Junior
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211058>

CAPÍTULO 9..... 123

ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM PRODUTO COMERCIAL AGRÍCOLA


Jaqueline Paz de Oliveira
Mislaini de Sá Viana
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati
Renata Lima Moretto
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211059>

CAPÍTULO 10..... 145

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA


Augusto da Silva Santos
Brurenan Rocha Silva
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110510>

CAPÍTULO 11..... 163

ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EFEITOS DE BLINDAGEM


Rafaela Steffany da Silva Kayo
William Aparecido de Oliveira
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110511>

CAPÍTULO 12..... 183

ESTUDO DA VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE METAIS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO


Cláudia Fernanda Spagnol Cocenza
Yasmin Abrahão Pacheco Boiago
Renato Franco de Camargo
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110512>

CAPÍTULO 13..... 202

LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO


Caroline Fernanda Ferreira
Lillian Maria Destro
Marcelo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110513>

CAPÍTULO 14..... 220

ANÁLISE DE GESTÃO DE OBRA E IMPACTO DE CIRCUNVIZINHANÇA

Ana Carolina Marques Monteiro
Letícia Toniato Andrade
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira
Renata Lima Moretto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110514>

CAPÍTULO 15..... 234

O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES DE ENSINO FRENTE ÀS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS, ENERGÉTICAS E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS ATUAIS

Jane Tassinari Fantinelli
Mariana Cene da Silva
Caroline Oliveira Tartari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110515>

CAPÍTULO 16..... 248

DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA

TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES

Leticia Pereira Brito D'Oliveira
Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino
Roberta Martins da Costa Bianchi
Renato Franco de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110516>

CAPÍTULO 17.....268

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE POR MEIO DE GLICOSÍMETRO


Danka Ayres Carvalho da Silva
Gabriel Luís Ehrenberg Malavazzi
Filipe Alves Coelho
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110517>

CAPÍTULO 18.....280

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS


Paulo Cesar Polli
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110518>

CAPÍTULO 19.....299

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DENTÁRIOS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

Guilherme de Faria Mendes
Vinicius Fernandes Moreira Alves
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110519>

SOBRE OS ORGANIZADORES320

ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS

Leonardo Dorigo de Almeida

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – SP

Samyra Haryele Gimenes Silva

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – SP

Monica Tais Siqueira D'Amelio

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – SP
<http://lattes.cnpq.br/0347184334616712>

RESUMO: O processo de produção de adesivos PSA envolve solventes orgânicos que emitem compostos orgânicos voláteis diretamente para a atmosfera, prejudicando a saúde dos trabalhadores. Neste trabalho, estudaram-se meios de recuperar esses compostos orgânicos voláteis, como a nafta, com o intuito de reduzir diminuir os impactos negativos causados ao meio ambiente e à saúde, além da melhoria no processo produtivo. Dentre os métodos estudados, identificou-se que a condensação seria o melhor método e avaliou-se sua viabilidade pelo simulador de processos DWSIM, para estimar o comportamento do solvente durante o processo. Com base nos resultados obtidos pode-se identificar que é possível realizar a recuperação da nafta na produção de adesivos PSA através da condensação, porém com algumas restrições, sendo uma delas a presença de ar no processo, o que justifica a necessidade de melhorar o processo atual com o fechamento

do reator e acoplá-lo a um condensador.

PALAVRAS-CHAVE: Solvente, Recuperação, Adesivos, Processo.

STUDY OF SOLVENT RECOVERY IN THE PRODUCTION OF ADHESIVES

ABSTRACT: The PSA adhesive production process involves organic solvents that emit volatile organic compounds directly into the atmosphere, harming the health of workers. In this work, ways to recover these volatile organic compounds, such as naphtha, were studied in order to reduce the negative impacts caused to the environment and health, in addition to improving the production process. Among the methods studied, it was identified that condensation would be the best method and its feasibility was evaluated by the DWSIM process simulator, to estimate the behavior of the solvent during the process. Based on the results obtained, it can be identified that it is possible to recover naphtha in the production of PSA adhesives through condensation, but with some restrictions, one of which is the presence of air in the process, which justifies the need to improve the process. current with the closing of the reactor and couple it to a condenser.

KEYWORDS: Solvent, Recovery, Adhesives, Process.

1 | INTRODUÇÃO

Devido a sua versatilidade, os adesivos sensíveis à pressão (PSAs, do inglês

pressure sensitive adhesives) são historicamente aplicados em diversas indústrias. Além das propriedades adesivas, os PSAs são formulados para atender também diversas propriedades necessárias para o produto que se destina o adesivo, como resistência à água ou solventes, degradação térmica ou por envelhecimento, a facilidade de laminação, corte, resistência ao enrugamento e flexibilidade (KORD *et al*, 1999).

Esse tipo de adesivo contém em sua composição borrachas naturais ou sintéticas, resinas, plastificantes, aditivos e antioxidantes. Na produção dos adesivos PSA, os solventes orgânicos, como o tolueno, hexano, as naftas, entre outros, são usados para permitir a interação e polimerização das borrachas, resinas, óleos e aditivos que são a base da formulação desse tipo de produto que atualmente possui alto interesse comercial. A necessidade da aplicação dos solventes existe porque esses materiais são obtidos em fardos, grãos duros ou possuem alta viscosidade, o que dificulta a homogeneização da mistura e acarreta em um tempo prolongado de polimerização, fatores que causam a perda das propriedades desejadas no adesivo produzido.

Os solventes usados são normalmente removidos pelo aquecimento do reator durante o processo de polimerização e os resíduos evaporam durante a aplicação e cura do adesivo. A evaporação do solvente gera uma grande quantidade de vapores nos ambientes onde os adesivos são produzidos e manipulados, que, quando mal controlados, podem causar acidentes, trazer problemas à saúde humana e prejuízos ao meio ambiente. Para reduzir esses riscos, as normas e órgãos regulamentadores requerem o controle sobre a exposição e manejo adequado para esses vapores, que devido às dificuldades técnicas e econômicas encontradas na recuperação e reuso são comumente descartados para a atmosfera ou destruídos.

A nafta é composta por uma complexa combinação de hidrocarbonetos saturados na faixa de 5 a 12 átomos de carbono, obtida através da destilação do petróleo bruto. A nafta oriunda da refinaria é separada em uma unidade de fracionamento por meio de três colunas de destilação em frações leve, média e pesada. A nafta média contendo hidrocarbonetos na faixa de C6-C8, passa por um processo de reforma catalítica para recuperação de compostos aromáticos leves os BTXs (benzenos, toluenos e xilenos) (PIRES, 2000).

O solvente nafta, por ser um composto orgânico volátil (COV) tende a liberar vapores facilmente, que ficam dispersos no ambiente na ausência de equipamentos de exaustão e controle de resíduos gasosos (LABOPRIME LABORATÓRIOS, 2019). A nafta é um solvente extremamente inflamável tanto no estado gasoso como no estado líquido quando expostos a fontes de ignição. Os limites de inflamabilidade ou explosividade dessa substância estão na faixa de 1,1% inferior e 5,9% superior. A temperatura de autoignição do solvente é 200°C e a faixa de temperatura de ebulição varia entre 35 a 160°C, devido aos diversos números de carbono. A densidade relativa encontra-se na faixa de 0,62 a 0,88 a uma temperatura de 15°C e sua viscosidade cinemática encontra-se entre 0,4 a 0,9 mm²/s a 40°C. Em 37,8°C

a pressão de vapor do solvente é de 240 KPa. Em condições ambientes a 25°C e 1 atm, o solvente nafta é um líquido incolor, possui odor característico, é imiscível em água e libera vapores inflamáveis (QUIMESP QUÍMICA, 2017).

Para diminuir a emissão de poluentes, pode-se considerar duas vertentes: o principal método aplicado atualmente para reduzir as emissões é a mudança de procedimentos e materiais. Os processos são modificados a fim de reduzir ou eliminar as etapas mais poluentes, e pode-se instalar sistemas de coleta dos resíduos gerados (KHAN, 2000). Em processos onde a redução das emissões não é possível ou é insuficiente, por falta de tecnologia ou por razões práticas e econômicas, e em indústrias onde os vapores gerados são capturados durante o processo, existe a necessidade de implementar meios de controle desses materiais (KHAN, 2000).

A recuperação dos vapores, apesar de complexa e dependente de investimentos que aumentam os custos do processo, podem ser justificadas quando se considera a economia gerada com o reaproveitamento do material e com a regularização das emissões (BAKER, 1998).

Dada a importância desses produtos na indústria química, o presente trabalho analisou meios de reduzir os problemas causados pela liberação desses vapores com a proposta da recuperação do solvente. Para isso foram analisados os principais fatores envolvidos, os métodos usados na recuperação de solventes industriais, as principais características do solvente aplicado. Após definir o melhor método de recuperação, foi realizada a simulação do processo escolhido no simulador DWSIM, onde foi possível identificar as melhores condições de recuperação.

2 | METODOLOGIA

2.1 Apresentação do processo atual

O processo geral de produção de adesivos PSA aplicado na indústria foi estudado com bibliografia disponível para identificação de materiais e métodos de produção. Foi aplicada a ferramenta Draw.io® na construção de um fluxograma de processos, com propósito de apresentar os equipamentos principais e o fluxo de correntes dos principais materiais aplicados no processo.

2.2 Comparação dos métodos de recuperação de COVs

A fim de determinar o método mais viável para recuperação do solvente nafta, foram selecionados quatro métodos de recuperação de compostos orgânicos voláteis, sendo eles a condensação, adsorção em carvão ativado, adsorção em zeólita hidrofóbica e recuperação através de membranas. Foram analisados dados apresentados em estudos realizados por outros autores, como as principais vantagens e desvantagens de cada

método de recuperação sintetizado em uma tabela.

2.3 Simulação do processo de condensação

Foi utilizado o simulador de processos DWSIM® para a simulação do comportamento do solvente nafta durante o processo de condensação, para avaliar os possíveis fatores que geram perdas durante a recuperação. Para isso foram empregados parâmetros de simulação encontrados em literatura publicada.

2.4 Estudo de caso: Sugestões de melhorias no processo

Em um processo estudado como estudo de caso de uma empresa X do setor de adesivos localizada na cidade de Bragança Paulista, foram sugeridas melhorias com o intuito de reduzir as emissões do solvente durante a produção do adesivo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Processo produtivo

O processo produtivo de adesivo PSA apresentado é um processo base e pode ser usado para diversas aplicações em vários segmentos industriais. Os principais materiais e equipamentos utilizados nessa produção foram apresentados na Figura 1 no fluxograma de processo da produção industrial de adesivo PSA.

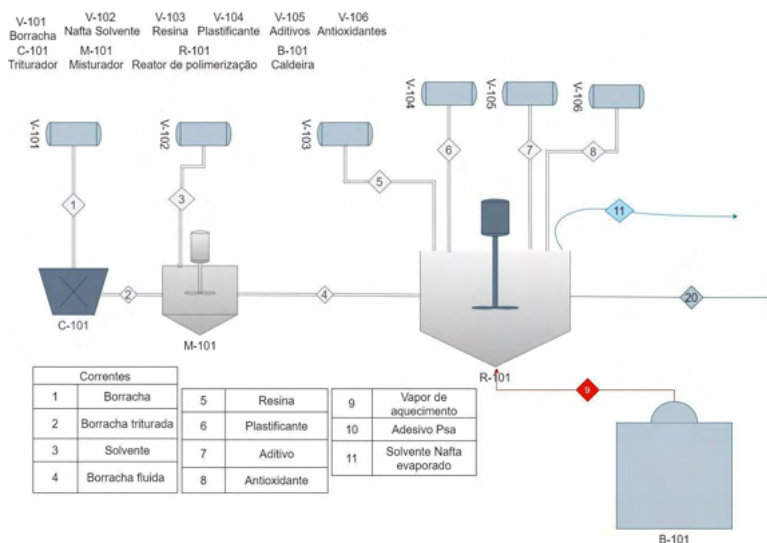


Figura 1- Fluxograma de processo produção de adesivo PSA

Fonte: Próprio autor

A primeira etapa para o processamento da borracha é a granulação realizada no

tritador. Em seguida é transferida ao misturador onde é dispersa por meio do solvente, esse processo ocorre em temperatura ambiente. O solvente não dissolve completamente a borracha, porém a torna fluida o suficiente para ser transferida para o reator de polimerização. O reator opera em duas fases, a primeira é a mastigação que tem como objetivo reduzir o peso molecular da borracha por aquecimento, criando as modificações necessárias na estrutura da borracha para a realização da segunda etapa. De acordo com Benedek (2019), a temperatura dessa operação depende do tipo de borracha empregada, e o tempo reacional é uma função da temperatura e do peso molecular desejado.

Na segunda fase ocorre o processo de polimerização, onde são adicionados ao reator as resinas, antioxidantes, aditivos e plastificantes. Esses materiais se ligam à cadeia polimérica da borracha formando o adesivo. O aquecimento do reator é feito através do vapor aquecido proveniente da caldeira, que mantém uma temperatura entre 90 °C e 200 °C que varia de acordo com os materiais usados e das condições necessárias para obtenção das melhores características no adesivo. Segundo Benedek (2019) a homogeneização da mistura é realizada em períodos dentro de 30 minutos a uma hora. Ao final da polimerização, o adesivo é removido do reator, resfriado e, posteriormente, aplicado no produto ao qual ele se destina, na mesma indústria que o produziu, ou enviado como matéria-prima para outras indústrias.

O solvente evaporado por meio do aquecimento fica disperso no ambiente de trabalho, devido ao reator ser aberto e também à necessidade de saída desse solvente do processo, pois ele não faz parte do produto final. Em processos atuais a nafta é aplicada preferencialmente por ser um solvente menos nocivo à saúde e à biosfera quando comparada com os demais solventes que podem ser aplicados para fundir a borracha, como o benzol (mistura de benzeno, tolueno e xileno), tolueno, xileno, aguarrás e os hidrocarbonetos clorados (CAETANO, c2010-2019).

3.2 Comparação dos métodos de recuperação

Dentre os métodos de recuperação existentes, os mais aplicados na recuperação de COVs são a condensação, a adsorção e a recuperação em membranas. A recuperação desses compostos além de visar a diminuição de gastos, evitando o desperdício da matéria prima que pode ser reaproveitada, também controla os níveis de emissão.

No Quadro 1 foram apresentadas as principais vantagens e desvantagens de cada método de recuperação proposto na revisão de literatura.

	Vantagens	Desvantagens
Condensação ¹	<ul style="list-style-type: none"> - Adequado para sistemas com um único componente - Alta eficiência na recuperação de COVs com alto ponto de ebulição e em altas concentrações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compostos com pontos de ebulição muito baixos necessitam de condições complexas para que ocorra a condensação - Risco de explosão - Pode requerer a aplicação de gás inerte
Adsorção em carvão ativado ²	<ul style="list-style-type: none"> - Boa capacidade de adsorção. - O adsorvente é capaz de realizar novos ciclos de adsorção - Baixo custo de implementação e operação 	<ul style="list-style-type: none"> - A operação em modo contínuo necessita de mais que um leito de carvão ativado. - Sistemas com alta umidade relativa são ineficientes. - Risco de degradação do solvente - Risco de formação de compostos insolúveis ou tóxicos.
Adsorção em zeólita hidrofóbica ³	<ul style="list-style-type: none"> - Termo estabilidade. - Capacidade de repelir a água. - Sistemas com até 90% de umidade relativa podem ser tratados. - Apresenta boa eficiência de recuperação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requer alto investimento inicial. - Alto custo de operação. - A operação em modo contínuo necessita mais que um leito de zeólita.
Membrana ⁴	<ul style="list-style-type: none"> - Mantém separação entre os fluidos. - Eficaz em médias e altas concentrações. - A membrana e condições de separação podem ser otimizados para melhorar a separação. - Opera na presença de umidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Taxa de permeação das membranas tende a ser insuficiente para uma aplicação industrial. - Dificuldade na construção da membrana. - O custo de construção e operação é elevado. - Requer controle contínuo das concentrações entre os dois lados da membrana. - Ineficiente para sistemas descontínuos.

Quadro 1- Principais vantagens e desvantagens dos métodos de recuperação de COVs

Fonte: ¹ KHAN (2000); ² BLOCK (2013); ³ PLOTTEGHER *et al*, (2009) e ⁴ BAKER *et al* (1998).

3.2.1 Condensação

O processo de condensação é uma técnica de recuperação que pode ser aplicada sem necessidade de materiais de alta tecnologia para seu funcionamento. Quando existente, a perda de calor sofrida pelo vapor faz com que ele passe para o estado líquido, em virtude da sua condição de saturação (KHAN, 2000). Esse processo de mudança de fase ocorre com o resfriamento ou a pressurização do fluxo de vapor. O processo de condensação pode ser usado para a recuperação de compostos orgânicos voláteis. A força impulsionadora do processo de condensação dos vapores orgânicos é a condição de saturação do vapor residual, que pode ser obtida por meio da pressurização ou resfriamento desse fluxo. Os solventes, de forma geral, são inflamáveis, portanto, é comum que os sistemas de condensação operem acima dos limites explosivos para evitar riscos de explosão dentro do equipamento, mas ainda existem riscos, uma vez que durante o processo de condensação e o período de transição do sistema, a concentração de vapor pode reduzir o suficiente e tornar-se explosiva. Uma das maneiras de reduzir esse risco é a aplicação de gás inerte (gás de proteção) nos vasos onde o processo está ocorrendo para reduzir a presença de oxigênio (KHAN, 2000).

Devido aos hidrocarbonetos serem compostos inflamáveis, é aconselhável que

os processos de condensação ocorram acima do limite inferior de explosividade, porém alguns sistemas começam a operar acima do limite superior de explosividade, e durante o processo de condensação a concentração do fluxo de vapor pode cair dentro do limite explosivo tornando o processo perigoso. Para evitar o risco de explosão quando aumenta a concentração de COVs, é necessário uso de gás inerte nos vasos de condensação, o que gera custos adicionais na operação.

Se comparado aos outros métodos de recuperação apresentado é o mais adequado para sistemas de produção que empregam somente um solvente. Normalmente o vapor recuperado é composto por ar que se mistura ao solvente durante a operação. Sendo assim, o líquido condensado é constituído de água e solvente que devem ser separados por outros processos. Na recuperação de compostos orgânicos voláteis, o processo é mais eficiente para compostos que possuem ponto de ebulição alto e alta concentração. De acordo com o estudo realizado por Khan (2000), a recuperação de COVs com concentração abaixo de 5000 ppm e com pontos de ebulição muito baixos, necessitam de temperaturas e pressurização extremas para que a condensação ocorra.

3.2.2 Adsorção em carvão ativado

A adsorção é um processo onde as moléculas de uma substância são retidas em uma superfície de outra substância comumente sólida, possibilitando a captura e posterior recuperação dessas moléculas (MATOS, 2015). Esse método pode ser aplicado em processos de recuperação de vapores em baixas concentrações com o intuito de aumentar a concentração dos COVs durante a dessorção do material adsorvente. A escolha do melhor adsorvente depende do processo ao qual ele será aplicado. Normalmente para a recuperação de COVs são utilizados como adsorventes o carvão ativado e as zeólitas hidrofóbicas (KHAN, 2000). No processo de adsorção em carvão ativado para recuperação de COVs, o composto é fisicamente adsorvido. O processo apresenta vantagem por poder ser operado de modo contínuo usando diversos leitos de carvão ativado. O ar de exaustão carregado de solvente passa por um tanque recheado com o carvão ativado, o solvente fica adsorvido e o ar limpo é liberado. Quando o carvão ativado fica saturado, ou seja, não possui mais capacidade de adsorção, o ar do processo passa a ser adsorvido em outro leito. Para que ocorra a dessorção do solvente, vapor de água é injetado no adsorvente saturado, que em razão da elevada temperatura carrega consigo o solvente. Ao final do processo o adsorvente é capaz de realizar outro ciclo de adsorção, no mesmo momento em que ocorre a dessorção em outro leito.

O solvente dessorvido forma uma mistura com vapor de água e necessita passar por um processo de condensação. Posteriormente há necessidade de aplicação de outros métodos de separação para remoção da água e purificação desse solvente. Apesar de apresentar boa capacidade de adsorção em razão da sua extensa área superficial, a

eficiência do processo de adsorção em carvão ativado é afetada pela umidade. O vapor de água em temperatura ambiente compete com os compostos orgânicos voláteis pela superfície do adsorvente, os COVs possuem maior interação com o adsorvente, desta maneira a adsorção da água é energeticamente desfavorecida.

Khan (2000) apontou em seu estudo que a umidade relativa do ar afeta com mais intensidade a adsorção dos compostos halogenados e com menor intensidade os compostos aromáticos. Deste modo, unidades de recuperação de COVs por adsorção em carvão ativado que excedem 60% UR (umidade relativa) no fluxo de entrada são ineficientes. Já Block (2013) em sua análise aponta o carvão ativado como uma boa opção no controle de emissão de COVs, porém ressalta que há diversos parâmetros a serem analisados minuciosamente antes de decidir sobre o processo de adsorção, apontando desvantagens como a possibilidade da oxidação ou polimerização de alguns solventes, promovendo a formação de compostos tóxicos ou insolúveis, e o risco de inflamabilidade no uso deste adsorvente.

As zeólitas hidrofóbicas são aluminossilicatos, compostos inorgânicos cristalinos com arranjos tetraédricos tridimensionais, ligados entre si por meio do átomo de oxigênio formando subunidades. Esse material é aplicado como adsorvente alternativo no lugar do carvão ativado na adsorção de compostos orgânicos voláteis (PLOTTEGHER *et al*, 2009).

A vantagem da adsorção em zeólita em relação ao carvão ativado é que sua estrutura tetraédrica confere a essa substância tamanho fixo de poros, permitindo a realização de uma adsorção seletiva que pode ser controlada através da composição da zeólita. Em razão desta característica as zeólitas também são chamadas de peneiras moleculares. O processo de separação por meio da adsorção requer difusão molecular através dos microporos, dessa maneira, só são aplicadas zeólitas em que a abertura dos poros tenha tamanhos definidos. Segundo Plotegher *et al* (2009), as propriedades termoestáveis, hidrofóbicas e não inflamáveis, são causadas pelas proporções de alumínio e silício presentes na zeólita.

Khan (2000) relata que a característica hidrofóbica das zeólitas faz com que elas tenham baixa afinidade com a água, sendo assim, sistemas com até 90% UR (umidade relativa) no fluxo de entrada podem ser tratados, sem que a umidade afete a eficiência de recuperação. Apesar de apresentar uma boa eficiência na recuperação de compostos orgânicos voláteis, o uso de peneiras moleculares no processo de adsorção exige um investimento maior de capital e eleva os custos de operação do processo.

3.2.3 Membrana

Segundo Baker *et al* (1998) a separação e recuperação de vapores com uso de membrana se destaca por possibilitar a captura de vapores com eficiência mesmo em

sistemas que possuam baixa concentração inicial e possibilita alta recuperação dos compostos por meio do refluxo. Um módulo de separação pode ser projetado para operar de forma contínua, com altos volumes de vapores e de forma seletiva. A membrana também cria uma separação física entre os gases, evitando a contaminação e custos com o pós-tratamento do solvente recuperado.

O principal problema desse tipo de processo é a obtenção de membranas com permeabilidade e resistência satisfatória para os COV presentes, uma vez que a maioria dos materiais estudados para esse fim são sensíveis. Pela dificuldade de construção de um módulo eficiente, as aplicações desse método tendem para processos com altas quantidades de vapor para justificar o investimento inicial. Outra desvantagem é a necessidade do controle de concentração na entrada e saída da separação, uma vez que a eficiência do processo depende da interação do vapor na membrana, sendo melhor quando a diferença entre as faces da membrana é maior, fato que torna a recuperação em membranas menos eficiente em processos descontínuos ou com alta variação de concentração.

3.3 Determinação do melhor método para aplicação na indústria de PSAs

No processo de produção de adesivos, os vapores de nafta são liberados durante a polimerização do adesivo quando é feito o aquecimento, que evapora o solvente. Isso cria um sistema descontínuo, uma vez que o processo é realizado em batelada. Devido a esse fator, a implementação dos sistemas de membrana pode ser dificultada, uma vez que o processo libera quantidades variáveis de vapor, com composições dependentes das condições dentro do reator polimerizador. Outro possível problema no desenvolvimento de um módulo de separação com membranas é a presença de uma quantidade consideravelmente grande de compostos na nafta, que dificulta a escolha de um material com seletividade competitiva.

Sistemas de recuperação usando materiais adsorventes podem ser eficazes para solventes como a nafta, já que podem funcionar mesmo em regime descontínuo e possuem boa capacidade de retenção do vapor, contudo, a grande quantidade de vapor gerado durante a produção do adesivo pode criar a necessidade de leitos de volume elevado, já que o material adsorvente pode saturar. Além do custo de implementação e operação, existem despesas com o pós-tratamento do solvente recuperado.

Para leitos que empregam carvão ativado é necessário a passagem de vapor de água para dessorver o solvente, a mistura de água e solvente deve passar por outros processos para recuperação e reuso da nafta. Quando se emprega zeólitas hidrofóbicas, o ciclo de adsorção e dessorção envolve variação de temperatura (TSA), e ocorre entre duas isotermas. A etapa de adsorção opera em baixas temperaturas e a de dessorção opera em altas temperaturas, junto a passagem de gás inerte (DANTAS, 2009). Os ciclos de dessorção e adsorção, compreendendo as etapas de aquecimento e refrigeração precisam

ser iguais, o que pode afetar a capacidade do adsorvente. A aplicação de múltiplos leitos de adsorção traz flexibilidade ao processo, porém causa um aumento nos custos (WILCOX, 2012).

Nos processos onde o carvão ativado é empregado a eficiência de adsorção é afetada pela umidade relativa do ar que quando acima de 60% UR não são eficientes para recuperação do solvente, uma vez que a água e a nafta competem pela superfície de adsorção. Nos processos feitos em zeólitas hidrofóbicas isso não acontece, em virtude da capacidade que essa substância tem de repelir a água, desta forma o sistema consegue tratar unidades de recuperação com até 90% de umidade relativa sem diminuir a eficiência de recuperação.

A condensação pode ser implementada para recuperação da nafta, visto que o solvente é o único componente evaporado durante o processo e possui temperatura de ebulição acima de 35 °C, sendo possível, portanto, a condensação sem necessidade de temperaturas criogênicas no condensador. Para esse tipo de recuperação é possível trabalhar com sistemas descontínuos desde que a concentração do vapor seja alta, uma vez que em baixas concentrações o vapor pode não condensar por completo.

De acordo com a análise realizada, a condensação possui a maior compatibilidade para realizar a recuperação do solvente nafta no processo de polimerização do adesivo PSA.

3.4 Estudo da condensação como método de recuperação

A fim de avaliar a eficiência e viabilidade da implementação de um condensador, foi estimado, a partir de dados experimentais disponíveis em literatura publicada, o comportamento do solvente nafta durante a condensação. Devido à elevada quantidade de moléculas presentes no solvente, estimadas por Fujita (2007) entre 659 e 1479 possíveis isômeros, a obtenção dos dados necessários e o cálculo das propriedades do solvente que é uma mistura desses hidrocarbonetos torna-se inviável.

Com a intenção de resolver esse problema que é comum em indústrias petroquímicas, aplica-se o conceito de pseudocomponentes. Os pseudocomponentes são componentes teóricos criados a partir de modelos de caracterização, capazes de representar o comportamento termodinâmico de uma fração de petróleo. Essa técnica reduz o número de componentes da mistura agrupando moléculas semelhantes em um único componente. Para gerar os pseudocomponentes necessários e simular o comportamento do solvente nafta durante o processo de condensação, foram utilizadas as ferramentas disponíveis no simulador de processos DWSIM. Foram usados os métodos de correlação indicados por Aladwani (2005) para geração dos pseudocomponentes. A equação de estado de Chao-Seader, recomendada por Carlson (1996), foi usada para estimar o equilíbrio líquido-vapor da mistura na pressão de 1 atm.

A simulação foi realizada usando a curva de destilação publicada por Hasan *et al* (2015) para criação de 10 pseudocomponentes, que inicialmente foram usados para a observar o efeito da mistura de ar no vapor de solvente, uma vez que o reator se encontra aberto e o ar, por ser uma mistura de gases, não condensa nas temperaturas usadas, podendo atrapalhar a condensação do solvente. Essa análise foi realizada variando a porcentagem de ar de 0 a 60% do volume da mistura, e a temperatura foi limitada em -60°C pela inviabilidade de implementação de temperaturas menores. Na Figura 2 estão apresentadas as simulações da porcentagem de recuperação do vapor, onde as curvas representam a porcentagem de recuperação do vapor de nafta na temperatura de equilíbrio.

É possível observar no gráfico as temperaturas de equilíbrio para cada concentração de ar no vapor de nafta dependendo da recuperação de solvente desejada. A simulação aponta que é possível obter alta porcentagem de recuperação mesmo em temperaturas compatíveis com fluidos refrigerantes mais comuns como a água, porém a presença de ar no vapor demanda temperaturas menores.

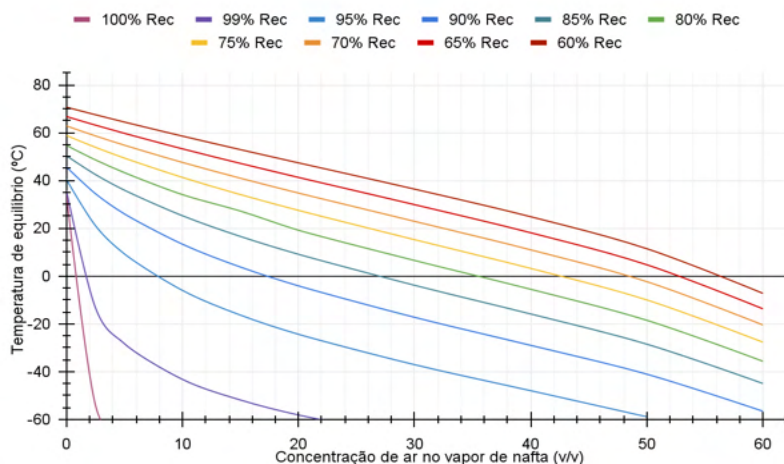


Figura 2- Influência da porcentagem de ar na recuperação da nafta

Fonte: Próprio autor

Para uma recuperação de 100% do solvente sem presença de ar, a temperatura de equilíbrio é 34 °C, já com 2% de ar essa recuperação só acontece em -36°C. As recuperações de 99% e 95% são similarmente sensíveis a pequenas quantidades de ar. Em casos onde a recuperação é menor, é possível operar com maior quantidade de ar em altas temperaturas, uma vez que não é necessário condensar o vapor em sua totalidade.

Em casos onde a alta temperatura ou concentração de ar impede a condensação total do vapor é necessário avaliar o efeito da recuperação parcial na composição do

solvente, uma vez que a proporção dos componentes é uma propriedade importante para sua aplicação. Esses efeitos foram avaliados de forma independente, sendo a Figura 3 a composição esperada para as frações de recuperação sem a presença de ar e a Figura 4 é a variação percentual de composição causada pela adição de ar.

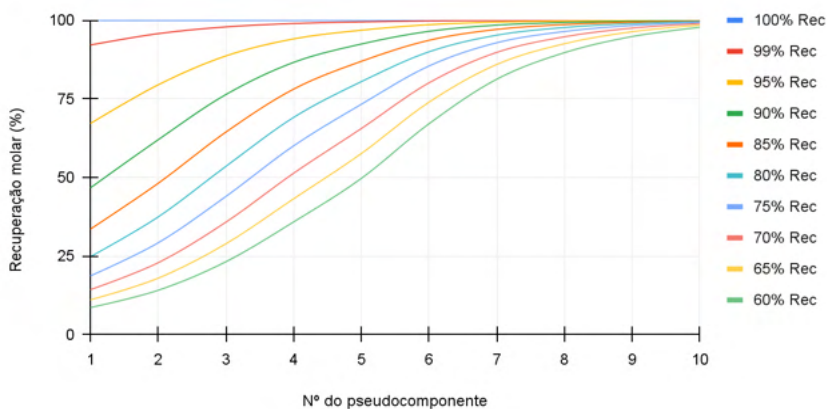


Figura 3- Recuperação molar por pseudocomponente

Fonte: Próprio autor

Com base nos dados estimados é possível observar que quando existe a recuperação parcial da nafta ocorrem perdas em todos os componentes, mas os mais voláteis são perdidos em maior quantidade enquanto que os menos voláteis são recuperados quase totalmente. Por consequência disso o solvente recuperado parcialmente tende a ter maior peso molecular, e diferentes propriedades químicas, o que pode ser prejudicial na sua função de solubilizar a borracha.

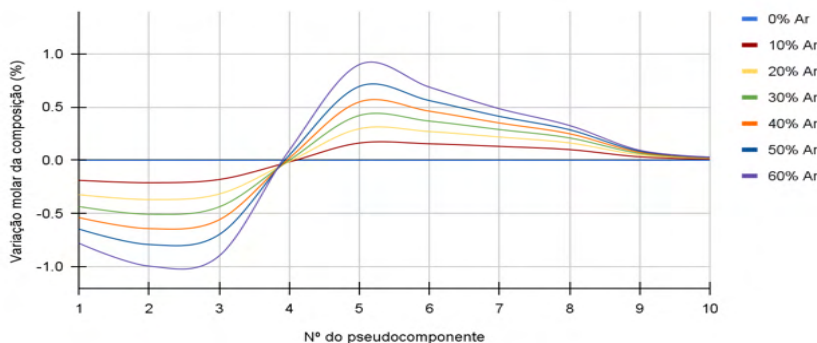


Figura 4 - Variação da composição dos pseudocomponentes provocada pela mistura com ar

Fonte: Próprio autor

A proporção recuperada dos componentes quando existe a mistura com o ar é muito semelhante quando a fração total é mantida, existindo uma perda adicional de no máximo 1% nos componentes mais voláteis com a presença de 60% de ar, que é compensada pela recuperação extra da parte menos volátil.

Para processos de condensação também é importante escolher e dimensionar corretamente os sistemas usados para dissipar o calor e refrigerar os vapores, uma vez que a recuperação e eficiência energética do maquinário a ser usado depende das condições de operação. Para vapores de nafta condensados com baixa concentração de ar é necessário dissipar aproximadamente 343 kJ de calor para a condensação de um litro de solvente. A potência de refrigeração requerida do *chiller* depende da vazão do vapor, que por sua vez depende da velocidade de aquecimento usada no reator de polimerização, contudo, se o ciclo de refrigeração opera com o coeficiente de performance nominal, é possível estimar que é necessário o uso de 31 kWh a 53 kWh de energia elétrica para a condensação de 1 m³ de solvente, tornando a condensação economicamente viável, sendo limitada somente pelos custos de implementação e manutenção do projeto.

A partir das análises realizadas é possível afirmar que a recuperação da nafta dentro da produção de adesivos pode ser realizada, sendo limitada principalmente pela viabilidade do reuso do solvente recuperado devido a possíveis mudanças de composição e a implementação do condensador dentro do processo, uma vez que devem ser observados os efeitos da recuperação nas características finais do adesivo.

Para obtenção de uma recuperação eficiente sugere-se que o reator de polimerização seja modificado para evitar a mistura de ar no solvente evaporado, já que esse fator é importante na determinação das temperaturas necessárias para a condensação e na

composição final do condensado. Com uma recuperação adequada espera-se a redução da emissão de COVs no ambiente de trabalho e na atmosfera reduzindo os impactos causados pela produção dos adesivos PSA que usam solvente.

4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho sobre o estudo da recuperação de solventes na indústria de adesivos foram avaliados três métodos de recuperação de solvente: a adsorção, a condensação e a recuperação por membranas com objetivo de reduzir a emissão dos compostos orgânicos voláteis emitidos. Com o desenvolvimento dessa avaliação foi possível constatar que o uso de membranas no processo de recuperação da nafta é inviável devido aos problemas enfrentados na sua implementação, como o alto investimento, a complexidade da construção dos módulos de separação e a necessidade do controle contínuo das concentrações de vapor entre os lados da membrana durante sua operação. A adsorção e a condensação, dentro de suas limitações, se apresentam como boas opções para a recuperação, porém como a adsorção é um processo melhor estudado na literatura, este trabalho focou na análise da viabilidade da condensação.

Durante a análise do processo produtivo, que tem como principal fonte de emissão a evaporação do solvente durante a polimerização do adesivo, constatou-se que o uso do solvente não pode ser evitado, pois além de melhorar a processabilidade do adesivo, ele facilita a homogeneização dos materiais e reduz o tempo de processamento. Com a atual preocupação pela poluição ambiental e pela segurança do trabalho percebe-se que a indústria de adesivos PSA busca atualmente a produção mais limpa de seus produtos, evidenciado pelo desenvolvimento de novas tecnologias e aplicação de solventes com menor potencial carcinogênico e baixa toxicidade, como a nafta.

O uso da condensação como solução na recuperação da nafta mostrou o maior potencial de redução de custos e aumento na eficiência de recuperação. Apesar dos possíveis ganhos, essa tecnologia possui alguns fatores limitantes em sua implementação, como a mistura de ar no vapor de solvente, que prejudica o processo de recuperação e causa a redução das temperaturas de equilíbrio em frações altas de recuperação, elevando o custo operacional e reduzindo a eficiência. A fim de evitar que isso ocorra recomenda-se que sejam realizadas modificações no reator de polimerização de forma a evitar a mistura de ar no vapor de nafta. Outra condição prejudicial identificada é a recuperação parcial da nafta, que causa alterações na composição do solvente, sendo necessário a continuação dos estudos para determinar a composição do condensado obtido e se a alteração ocorrida pode causar prejuízos em sua função como solvente de borracha.

Para situações onde as limitações da condensação impedem a sua viabilidade, os processos de adsorção podem ser aplicados pois permitem a recuperação dos compostos

orgânicos voláteis e possuem custo de operação e implementação relativamente baixo. Porém, o processo de regeneração do leito cria a necessidade do tratamento do solvente para seu reuso. Nesses processos as condições de operação determinam a eficiência energética e a capacidade de recuperação do equipamento aplicado, sendo assim a escolha do tipo de método de recuperação é de suma importância. Para a determinação destas variáveis há necessidade de continuação do estudo no âmbito prático, para avaliar o comportamento do solvente durante a recuperação, onde pode ser observado o equilíbrio líquido-vapor nas temperaturas de equilíbrio determinadas, estimar as perdas ocorridas durante o processo, bem como as propriedades do solvente recuperado para reuso do mesmo dentro do processo de produção de adesivos PSA.

REFERÊNCIAS

ALADWANI, H. A.; RIAZI, M. R.; **Some guidelines for choosing a characterization method for fractions in process simulators**. Kuwait.2005.

BAKER, WIJMANS, KASCHEMEKAT. **The design of membrane vapor-gas separation systems**. Elsevier,1998. Disponível em: [doi.org/10.1016/S0376-7388\(98\)00248-8](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(98)00248-8). Acesso em:18 jun. 2021

Blocki, S. W. (1993). **Hydrophobic zeolite adsorption**: A proven advancement in solvent separation technology. *Environmental Progress*, 12, 226–237.

CAETANO, Mário J. **Os Solventes Orgânicos na Indústria de Borracha**. c2010-2019. Disponível em: www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/materias-primas/solventes/os-solventes-organicos-na-industria-da-borracha/. Acesso em: 04 Abr.2021.

CARLSON, Eric I.; **Don't gamble with physical properties for simulations**. Chemical engineering progress.1996.

DANTAS, Tirzhá Lins Porto. **Separação de dióxido de carbono por adsorção a partir de misturas sintéticas do tipo gás de exaustão**. 2009. 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química), UFSC, Florianópolis, 2009.

HASSAN, Mohammad Hasibul; KHAN Sabrina; HOSSAIN, Tania; SOWGATH, M. T.; **Simulation of Crude Distillation Unit of Eastern Refinery Limited (ERL) Using ASPEN PLUS**, Bangladesh, 2015

KHAN,Faisal I. ;GHOSHAL, Alope Kr.; **Removal of Volatile Organic Compounds from polluted air**.2000. Disponível em: [doi.org/10.1016/S0950-4230\(00\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(00)00007-3).Acesso em:18 jun. 2021

KORD, Joan M.; WYKOFF, Anne E.; **Styrene butadiene rubber**. In: SATAS, Donatas (ed.) **Handbook of pressure sensitive adhesive technology**. 3rd ed. Warwick: Satas & Associates, 1999. Cap. 14, p. 288-320.

LABOPRIME LABORATÓRIOS. Análise de vapores orgânicos. **Blog Laboprime**. [S.l.], 02 Mai 2019. Disponível em: <https://www.laboprime.com.br/analise-de-vapores-organicos-riscos-a-saude-por-inalacao-de-agentes-quimicos/>. Acesso em: 03 Abr.2021.

MATOS, Simone Pires de. **Operações unitárias** : fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos. 1ª ed. São Paulo : Érica, 2015. Disponível em: Acervo Virtual Universidade São Francisco de Assis. Acesso em: 30 Maio.2021.

PIRES, Carlos Augusto de Moraes. Reforma catalítica da nafta: modelagem, simulação e controle do processo. 2000. 209p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/267566>. Acesso em: 13 Out. 2021.

PLOTEGHER, Fábio; RIBEIRO, Caue. **Síntese e caracterização da zeólita ZSM-5 para uso em sistemas de adsorção**. São Carlos, SP, julho, 2009. Disponível em: www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/658309/1/CT1072009pdf. Acesso em: 10 jun.2021

QUIMESP QUÍMICA. **FISPQ Nafta Solvente**. Revisão 02, 27 Out 2017. Disponível em: <https://www.quimesp.com.br/nafta-solvente.php>. Acesso em: 22 Abr.2021.

WILCOX, Jennifer. **Carbon Capture**. New York: Springer Science, 2012. 323 p.



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br