



Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-237-1 DOI 10.22533/at.ed.371190304 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série. CDD 660.76
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Inovações tecnológicas surgem a todo o momento, em todo o mundo, sendo utilizadas como uma ferramenta estratégica para manutenção e crescimento dos negócios nas indústrias. A Engenharia Química foi uma das carreiras que mais contribuiu para a evolução da Era Industrial para a Era Moderna.

A preocupação em desenvolver produtos e processos de produção torna a Engenharia Química responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características.

A Engenharia Química trabalha com a manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementando processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

Neste primeiro volume, organizado para você, apresentamos o papel do Engenheiro Químico no mercado de trabalho, pois este aplica conhecimentos adquiridos no estudo de Química e de Engenharia para criar soluções voltadas à produção ou ao uso de substâncias químicas. É o profissional que constrói um elo entre a ciência e a manufatura. Cabe ao engenheiro químico lidar com a formulação e a solução de problemas associados à indústria química, bem como trabalhar na operação e manutenção de sistemas. Também são expostos, neste volume, trabalhos relacionados ao ensino teórico e prático de Engenharia Química.

Além disso, encontram-se trabalhos relacionados com aplicações estatísticas, simulações e otimização de processos para melhoria de utilização de produtos e subprodutos. Assim como são expostos trabalhos de caracterização de materiais e alterações em processos químicos utilizando novas técnicas de análise de produto, avaliando comportamento, característica de sistemas, propriedades físico-químicas e alteração de composição de produtos já utilizados no mercado.

Baseado nestes trabalhos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, processos e técnicas na área, mostrando o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O PAPEL DO ENGENHEIRO QUÍMICO NO MERCADO DE TRABALHO: PRODUÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO DIGITAL DESTINADO AOS GRADUANDOS E DEMAIS INTERESSADOS NA PROFISSÃO	
Raphael Carlos Rosa Pereira Eder Dias da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903041	
CAPÍTULO 2	8
GAMEQ: JOGO PARA O ENSINO NA ENGENHARIA QUIMICA	
Riccardo Cafagna Miguel do Valle Fróes Negreiros Falcão Felipe Emmanouil Martires Stamoglou Ana Lucia Barbosa de Souza Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.3711903042	
CAPÍTULO 3	17
ELABORAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REATOR CSTR CONSTRUÍDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO VOLTADO À EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Sauro Franceschi de Carvalho Emeson de Souza Lemos Kevelyn Carolina Motta Sbravati	
DOI 10.22533/at.ed.3711903043	
CAPÍTULO 4	27
PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Igor Moraes Bezerra Calixto Sauro Franceschi de Carvalho Matheus Macedo Teixeira Rafaela Misseia Cinque de Lima Marco Antônio de Alcântara Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.3711903044	
CAPÍTULO 5	36
O SIMULADOR DO FUTURO APLICADO À INDÚSTRIA	
Fernanda Martins	
DOI 10.22533/at.ed.3711903045	
CAPÍTULO 6	43
TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE	
Lisandra Ferreira de Lima Admilson Lopes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.3711903046	

CAPÍTULO 7	53
DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS (DES) EMPREGANDO A CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	
Helena Pletsch Mariana Carolina Gipiela Corrêa Dias Marcos Rogério Mafra	
DOI 10.22533/at.ed.3711903047	
CAPÍTULO 8	59
ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS POR TÉCNICAS ESTATÍSTICAS APLICADAS A SISTEMAS DE BOMBEAMENTO HIDRÁULICO	
Rebeca Albino de Jesus Ezequiel José da Silva Honorato Fábio George Nogueira Cruz José Nilton Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903048	
CAPÍTULO 9	73
COMPARAÇÃO DE PERFIS DE VELOCIDADE OBTIDOS POR TUBO DE PITOT E POR SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ANSYS CFX	
Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia Rosilanny Soares Carvalho Anna Clara Marques de Queiroz João Carlos Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.3711903049	
CAPÍTULO 10	80
ENGENHARIA DE PROCESSOS: DIMENSIONAMENTO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITO DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE <i>KRAFT</i>	
Jamilly Marques Gasparoni Cássia Regina Santos Nunes Almeida Gustavo Matheus de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.37119030410	
CAPÍTULO 11	96
PROJETO DE HIDROCICLONES USANDO OTIMIZAÇÃO ROBUSTA E ESTUDO DO EFEITO DA ROBUSTEZ	
Vitor Alves Garcia Fran Sérgio Lobato Luiz Gustavo Martins Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.37119030411	
CAPÍTULO 12	111
SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONTROLE DE COMPOSIÇÃO POR INFERÊNCIA DE TEMPERATURA EM PROCESSO PRODUTIVO DO ETILBENZENO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Marcelo da Silva Pedro Jonas Laedson Marinho da Silva Santos	
DOI 10.22533/at.ed.37119030412	

CAPÍTULO 13	119
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PH, TEMPERATURA E TEMPO DE VAPORIZAÇÃO NO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS	
Wanyr Romero Ferreira	
Wilson Costa Resende	
Aline Pereira Leite Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.37119030413	
CAPÍTULO 14	128
ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA	
Renata de Oliveira Marinho	
Marcelo Batista Queiroz	
Eudesio Oliveira Vilar	
Márcia Cristina de Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.37119030414	
CAPÍTULO 15	140
EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE Co-W OBTIDOS POR ELETRODEPOSIÇÃO	
Arthur Filgueira de Almeida	
Bianca Oliveira Evaristo	
Josiane Dantas Costa	
Mikarla Baía de Sousa	
Nathália Cristina Morais Lia Fook	
Renato Alexandre Costa de Santana	
Ana Regina Nascimento Campos	
DOI 10.22533/at.ed.37119030415	
CAPÍTULO 16	148
FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO E REDE NEURAL ARTIFICIAL NA ESTIMATIVA DE CONCENTRAÇÃO EM UM REATOR QUÍMICO NÃO ISOTÉRMICO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior	
Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas	
Marcelo da Silva Pedro	
Paulo Romero de Araujo Mariz	
Emanuella Francisca de Lacerda Vieira	
Jonas Laedson Marinho da Silva Santos	
Rodrigo Marinho Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.37119030416	
CAPÍTULO 17	153
COMPÓSITO DE NANOCELULOSE BACTERIANA E NANOTUBOS DE CARBONO	
Guilherme Colla	
Vinícius Heidemann de Souza	
Fernanda Vieira Berti	
Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030417	

CAPÍTULO 18	160
IMOBILIZAÇÃO DE COLÁGENO HUMANO TIPO I EM MEMBRANAS DE NANOCELULOSE BACTERIANA	
Ana Carolina Jorge Meyer Emily Marques dos Reis Luismar Marques Porto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030418	
CAPÍTULO 19	167
CENTRIFUGATION STEP CONTROL OF CELLULOSE NANOCRYSTALS SUSPENSION BY pH AND TURBIDITY MEASUREMENTS	
Mayara Felix Santana Bárbara Castro Moreira Flávia Mitsue Yamashita Nilda de Fátima Ferreira Soares José Mauro de Almeida Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira Deusanilde de Jesus Silva	
DOI 10.22533/at.ed.37119030419	
CAPÍTULO 20	173
ESTUDO TERMODINÂMICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE CRISTAL VIOLETA EM NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS	
Leonardo Martins Vargas Gabriel Facciochi Dörtzbacher Guilherme Luiz Dotto	
DOI 10.22533/at.ed.37119030420	
CAPÍTULO 21	181
ESTUDO DA REOLOGIA E DA SALINIDADE DE MICROEMULSÕES À BASE DE GLICERINA PARA SEREM UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO	
Amanda Brito de Carvalho Fabiola Dias da Silva Curbelo Elayne Andrade Araújo Alfredo Ismael Curbelo Garnica	
DOI 10.22533/at.ed.37119030421	
CAPÍTULO 22	196
ORGANOFILIZAÇÃO DE ARGILAS BENTONÍTICAS PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE MICROEMULSIONADA	
Renata Rodrigues Magalhães Roxana Pereira Fernandes de Sousa Alfredo Ismael Curbelo Garnica Fabiola Dias da Silva Curbelo Thaine Taumaturgo Caminha	
DOI 10.22533/at.ed.37119030422	

CAPÍTULO 23	201
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE	
Idila Rafaela Carvalho Gonçalves Ana Clara Cazarin Queiroz Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade Sílvia Maria Zanini Sebrão Krishnaswamy Rajagopal	
DOI 10.22533/at.ed.37119030423	
CAPÍTULO 24	210
AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA	
Alex da Silva Sirqueira Mônica Cristina dos Santos Vieira Mônica Feijó Naccache Stanley Pires de Alcântara	
DOI 10.22533/at.ed.37119030424	
CAPÍTULO 25	222
EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	
Gabryella Cerri Mendonça Cristiano Corrêa Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.37119030425	
CAPÍTULO 26	232
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM SISTEMAS PARTICULADOS: DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA DE FERTILIZANTES GRANULADOS NA ESTAGNAÇÃO DE AR	
Hugo Perazzini Maira Tonon Bitti Perazzini Rayssa Caroline Ribeiro Bernardes João Marcos Cardoso Silva	
DOI 10.22533/at.ed.37119030426	
CAPÍTULO 27	248
DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DA UREIA EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE ETANOL	
Raquel de Oliveira Silva Ana Paula Silva Capuci Raíssa Araújo de Oliveira Campos Ricardo Amâncio Malagoni	
DOI 10.22533/at.ed.37119030427	
CAPÍTULO 28	255
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS	
Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro Romulo Carlos da Silva Emerik	
DOI 10.22533/at.ed.37119030428	
SOBRE A ORGANIZADORA	271

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE

Idila Rafaela Carvalho Gonçalves

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Termodinâmica e Cinética Aplicada
Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Ana Clara Cazarin Queiroz

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Termodinâmica e Cinética Aplicada
Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Termodinâmica e Cinética Aplicada
Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Silvia Maria Zanini Sebrão

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Termodinâmica e Cinética Aplicada
Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Krishnaswamy Rajagopal

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Termodinâmica e Cinética Aplicada
Rio de Janeiro – RJ, Brasil

RESUMO: As viscosidades dinâmicas do bioquerosene e do querosene de aviação foram medidas em um viscosímetro de alta pressão. Foi verificada a variação das viscosidades desses combustíveis com pressões entre 6,895 MPa e 48,263 MPa, nas temperaturas de 303,15 K, 315,15 K, 325,15 K, 336,15 K e 345,15 K. Misturas de bioquerosene e querosene de aviação foram preparadas para toda faixa de composição e as massas específicas, dessas misturas, foram medidas em um densímetro digital, nas temperaturas de 298,15 K, 308,15 K, 318,15 K, 328,15 K e 338,15 K a pressão atmosférica. Foi verificada a variação da massa específica das misturas com a temperatura e a partir das massas específicas experimentais foi calculado o volume molar em excesso, de cada mistura nas temperaturas estipuladas. As viscosidades dos combustíveis apresentaram valores crescentes com aumento da pressão e decrescentes com o aumento da temperatura, e os volumes em excesso das misturas são negativos para a maioria das composições, mostrando que as interações entre moléculas diferentes são fortes. Em composições acima de 50% molar de Farnesano, o apresenta maior contração em temperaturas mais elevadas.

PALAVRAS-CHAVE: Bioquerosene, Volume em Excesso, Farnesano, Viscosidade.

ABSTRACT: The dynamic viscosities of

biokerosene and aviation kerosene were measured with a high-pressure viscometer. The variation of viscosity of fuels was checked for different pressures between 6,895 MPa e 48,263 MPa, at temperatures from 303,15 K, 315,15 K, 325,15 K, 336,15 K and 345,15 K. Mixtures of biokerosene and aviation kerosene were prepared for all composition range. The densities of these mixtures were measured with a digital densimeter at the temperatures 298.15 K, 308.15 K, 318.15 K, 328.15 K and 338.15 K at atmospheric pressure. The variation of the density of the mixtures was checked for temperature and from the densities the excess molar volume, V^E , of each mixture was calculated at the set temperatures. The viscosities increase with pressure and decrease with temperature, and excess volumes of the blends are negatives for most of the compositions, this behavior showed that there are strong interactions between different molecules. In compositions above 50 mol% of Farnesane, exhibits higher contraction at higher temperatures.

KEYWORDS: Biokerosene, Excess Volume, Farnesane, Viscosity.

1 | INTRODUÇÃO

As medidas das propriedades físico-químicas como viscosidade e massa específica dos combustíveis são de grande relevância para o estudo da lubricidade em motores e para determinar a variação do volume durante o processo de mistura, respectivamente (PETROBRAS, 2014).

A viscosidade dinâmica (μ) é a propriedade física que caracteriza a resistência de um fluido ao escoamento, ou seja, a resistência do fluido de se deformar quando sujeito a uma força de cisalhamento.

A propriedade volumétrica em excesso apresenta importância para o projeto, operação, controle e transporte em escala industrial e utilização de misturas. Recentemente, a adição de bioquerosene ao querosene de aviação (QAv) é utilizada para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis. A viabilidade técnica e econômica da mistura de combustíveis dependerá da variação do volume durante o processo de mistura.

As interações moleculares entre o bioquerosene e querosene de aviação e a sua influência nas propriedades termodinâmicas é um desafio devido à escassez de dados experimentais. A partir da medida da massa específica pode-se calcular o volume molar em excesso e as influências exercidas pela composição da mistura e pelas condições no sistema (Moreno *et al.*, 2011). De acordo com Mahajan e Mirgane (2013), o volume molar em excesso é o resultado de três tipos de interações entre as moléculas das espécies presentes na mistura líquida. Os três tipos de interações que surgem são física, química ou específica, e estrutural.

O Farnesano é um biocombustível iso-parafínico sintetizado (SIP) produzido em escala industrial, usado em pesquisas e já autorizada a adição de até 10% em volume ao QAv, pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

(ANP), por possuir propriedades similares ao diesel e ao QAv (Millo *et al.*, 2014). O Farnesano é o produto final da hidrogenação completa do Farneseno, que por sua vez foi obtido da fermentação de açúcares da cana de açúcar por leveduras modificadas geneticamente, Figura 1, (AMYRIS, 2017).

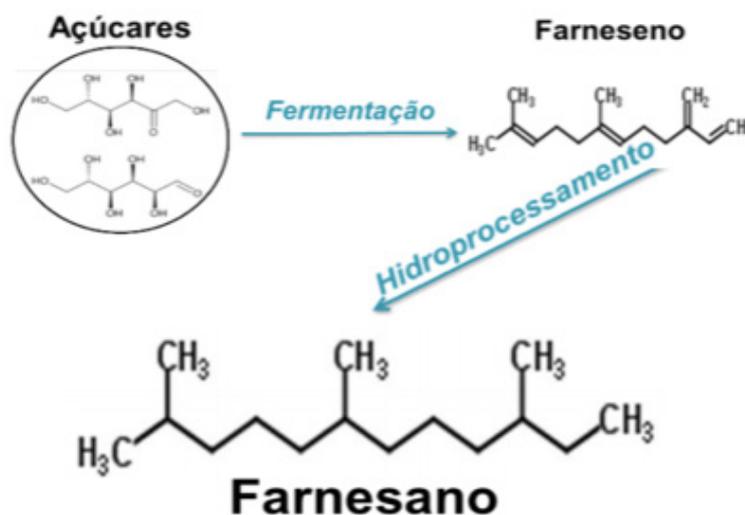


Figura 1. Esquema de obtenção do Farnesano

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nas misturas preparadas foi usado o Farnesano como bioquerosene a fim de estudar as interações que podem surgir com o QAv. O estudo de funções derivadas como volume molar em excesso, volume molar parcial e volume molar parcial em excesso de misturas líquidas binárias é útil para entender a natureza e a intensidade das interações intermoleculares entre as moléculas dos componentes (Mesquita *et al.*, 2014).

Neste trabalho, foram medidas as viscosidades dinâmicas do bioquerosene (Farnesano) e do QAv, variando com a pressão e temperatura, a fim de observar seus comportamentos, e as massas específicas a pressão atmosférica das soluções preparadas em várias temperaturas com objetivo de verificar a variação do volume molar em excesso com a temperatura e com a composição.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

As viscosidades dinâmicas dos reagentes Farnesano e QAv foram medidas utilizando o viscosímetro eletromagnético de alta pressão VISCOlab PVT da Cambridge *Viscosity*, que possui precisão de $\pm 0.8\%$. As viscosidades foram medidas nas temperaturas de 303,15 K, 315,15 K, 325,15 K, 336,15 K e 345,15 K, e pressões entre $6,895 \times 10^6$ Pa e $4,8263 \times 10^7$ Pa.

O QAv tem composição complexa e sua massa molar média foi determinada pelo

equipamento Osmomat 010 (Gonotec), com precisão de $1,858 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$.

Foram preparadas nove misturas de Farnesano com QAV, pela pesagem dos reagentes em uma balança analítica modelo Adventurer (OHAUS) com precisão de $1 \times 10^{-6} \text{ kg}$. A incerteza na fração molar foi estimada em 1×10^{-4} .

As massas específicas dos reagentes e das misturas foram medidas no densímetro modelo DMA 4500M de tubo U oscilante fabricado pela Anton Paar. A incerteza da massa específica medida é de $0,002 \text{ kg/m}^3$ de acordo com o manual.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Viscosidade Dinâmica

As viscosidades do Farnesano e do QAV foram medidas experimentalmente e plotadas na Figura 2.

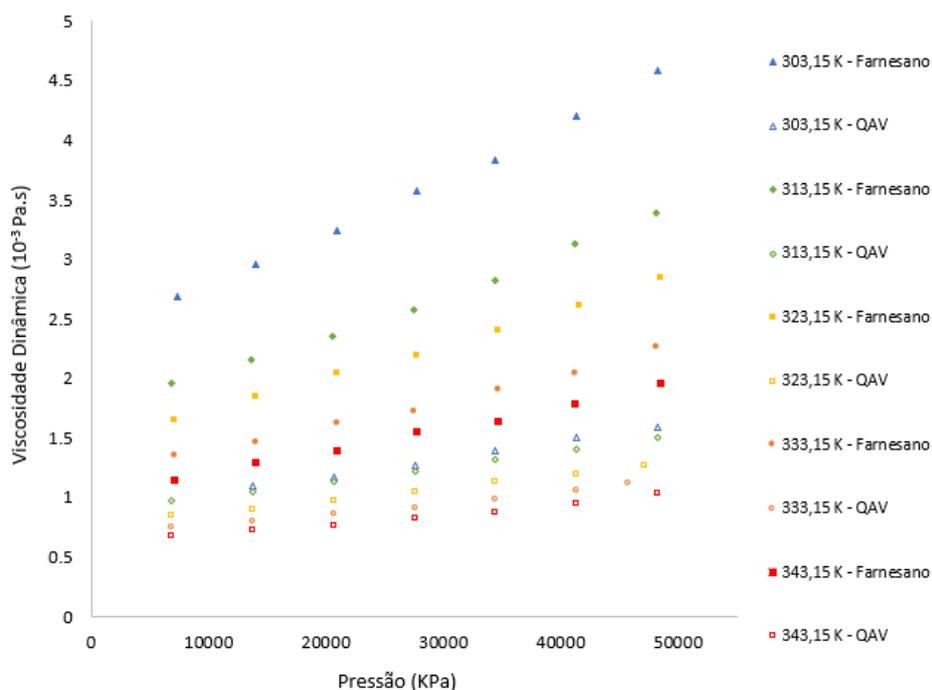


Figura 2. Viscosidades dinâmicas do Farnesano e do Querosene de Aviação como função da pressão

Foi observado que as viscosidades do bioquerosene apresentam valores maiores que as do querosene de aviação para todas as pressões e temperaturas medidas.

3.2 Massa específica

As massas específicas dos reagentes, Farnesano e querosene de aviação, foram determinadas experimentalmente a pressão atmosférica e comparada com os valores encontrados na literatura, Tabela 1.

Espécie	Experimental, ρ (kg/m ³)	Literatura, ρ (kg/m ³)
Farnesano (T = 288,15 K)	776,1	773,1 (Richter <i>et al.</i> , 2018) 765 - 780 (ANP, 2014)
QAv (T = 293,15 K)	798,0	793,3 (Ranucci <i>et al.</i> , 2018) 771,3 - 836,6 (ANP, 2011)

Tabela 1. Comparação entre as massas específicas experimentais e da literatura, ρ .

Foram plotadas, na Figura 3, as medidas das massas específicas das misturas preparadas, a pressão atmosférica, versus a composição molar do Farnesano.

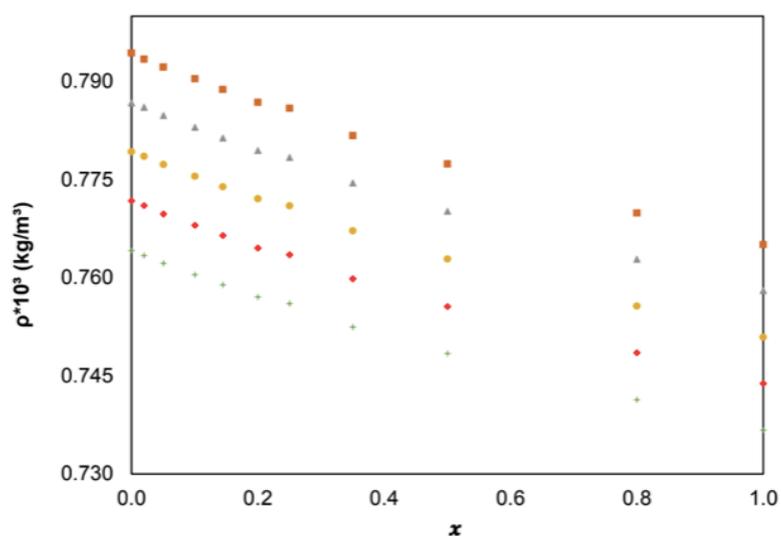


Figura 3. Massas específicas como função da fração molar do Farnesano: (■) T = 298,15K; (▲) T = 308,15K; (●) T = 318,15K; (◆) T = 328,15K; (+) T = 338,15K

Foi verificado que para todas as misturas há um decréscimo linear da massa específica com a composição molar do Farnesano. Os valores das massas específicas das misturas preparadas estão limitados pelo valor da massa específica dos componentes puros.

Na Figura 4, foram plotadas as medidas das massas específicas, a pressão atmosférica, das misturas preparadas versus a temperatura.

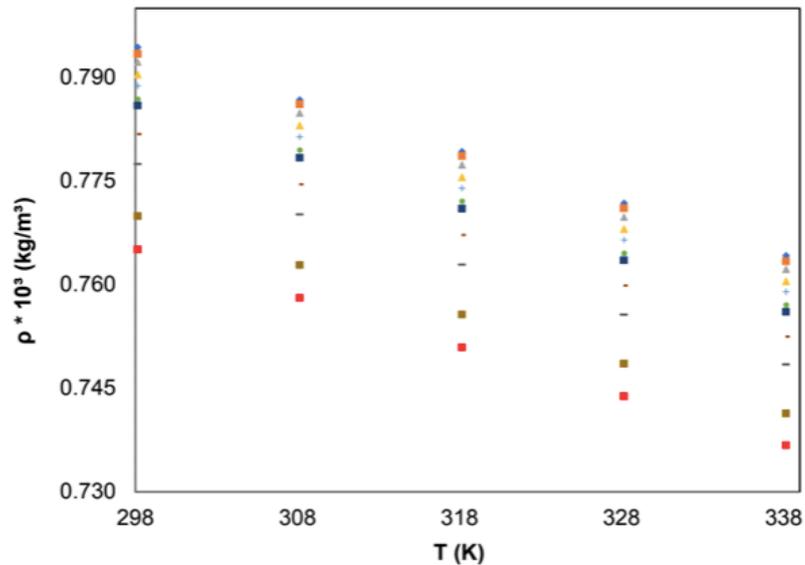


Figura 4. Massas específicas como função da temperatura, na fração molar do Farnesano: $x = 0,0000,(\blacklozenge)$; $x = 0,0197,(\blacksquare)$; $x = 0,0507,(\blacktriangle)$; $x = 0,1002,(\blacktriangleup)$; $x = 0,1447,(\blackplus)$; $x = 0,1998,(\blacklozenge)$; $x = 0,2501,(\blacklozenge)$; $x = 0,3501,(-)$; $x = 0,5001,(-)$; $x = 0,7999,(\blacksquare)$; $x = 1,000,(\blacksquare)$

Foi observado que a massa específica das misturas preparadas diminui com o aumento da temperatura, sendo que este decréscimo é linear.

3.3 Volume molar em excesso

O volume molar em excesso das misturas foi calculado a partir das massas específicas experimentais na mesma temperatura para as substâncias puras e para as misturas, segundo a Equação 1:

$$V_m^E = x_1 M_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_1} \right) + (1 - x_1) M_2 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_2} \right) \quad (1)$$

onde ρ é a massa específica da mistura, x_1 é a fração molar do Farnesano, M_1 e M_2 são as massas molares e ρ_1 e ρ_2 são as massas específicas do Farnesano e QAv, respectivamente. Os volumes molares em excessos calculados estão apresentados na Figura 5 como função da fração molar do Farnesano para diferentes temperaturas.

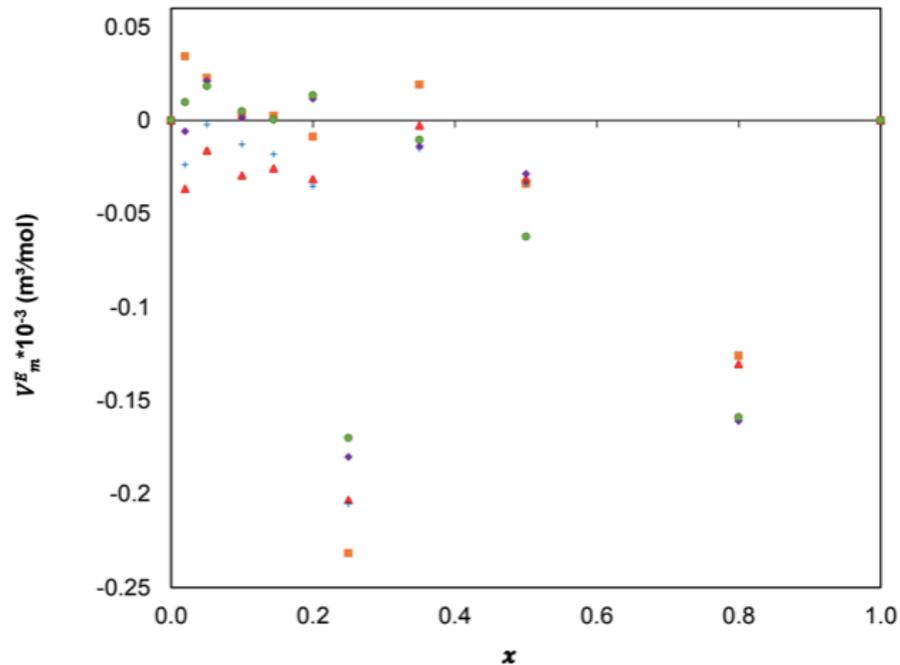


Figura 5. Volume molar excesso como função da fração molar do farnesano, em diferentes temperaturas e pressão atmosférica: (■) T = 298,15K; (▲) T = 308,15K; (+) T = 318,15K; (◆) T = 328,15K; (●) T = 338,15K

Os volumes molares em excessos apresentam valores ora positivos, ora negativos em relação ao comportamento ideal para todas as temperaturas medidas. Essa variação indica que há duas regiões distintas, ou seja, as regiões de expansão e de contração. Por definição, a propriedade excesso é a diferença entre o valor da propriedade da termodinâmica de solução e o valor dessa propriedade para a solução ideal sob as mesmas condições (T, P e composição). Essa diferença representa o excesso positivo ou negativo da função da termodinâmica de solução em relação à solução ideal. De acordo com Mesquita *et al.* (2014), o volume molar em excesso negativo pode ser atribuído a fortes interações entre as diferentes moléculas, enquanto um excesso positivo resulta de fortes interações entre as moléculas semelhantes. Na análise da Figura 5, foi verificado que as soluções com composições molares entre 25% molar de farnesano até 35% apresentam volume molar em excesso negativo, ou seja, as interações entre moléculas diferentes são muito fortes. Na região de composição molar aproximadamente, entre 35% e 50% as interações são praticamente iguais, pois V_m^E é nulo. Nas misturas com composição acima de 50% molar de farnesano as interações entre moléculas diferentes ficam muito fortes, ocorrendo diminuição do efeito químico, o volume em excesso é negativo e apresenta maior contração com o aumento da temperatura.

4 | CONCLUSÕES

Foi observado que as viscosidades, tanto do Farnesano quanto do querosene de

aviação (QAv), decrescem com o aumento de temperatura e crescem com o aumento da pressão. Além disso, a viscosidade do Farnesano varia na faixa de 1 a 5 mPa.s, enquanto que a do QAv varia entre 0,5 e 2 mPa.s.

Foi verificado que as massas específicas de todas as misturas preparadas decrescem linearmente com a temperatura. Os valores das massas específicas das misturas ficaram entre os valores das massas específicas dos reagentes puros. Os valores do volume em excesso das misturas são negativos mostrando que as interações entre moléculas diferentes são muito fortes na maioria das composições, com exceção da faixa de composição entre 35% a 50% molar de Farnesano, onde o volume em excesso é próximo de zero indicando que a mistura apresenta comportamento ideal. Em composições acima de 50% molar de Farnesano, o volume em excesso apresenta valores mais negativos, ou seja, maior contração em temperaturas mais elevadas.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Engenheiro Alexandre J. M. Vieira e ao Professor Donato Aranda pelos reagentes, e a Fundação COPPETEC pela bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS

AMYRIS, **MegaBio Integrated process for production of farnesene, a versatile platform chemical, from domestic lignocellulosic feedstock**. Consultado em: 07 nov. de 2018. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/Integrated%20Process%20for%20Production%20of%20Farnesene%2C%20a%20Versatile%20Platform%20Chemical%20from%20Domestic%20Lignocellulosic%20Feedstock_0.pdf>, 2017.

ANP, 2011, **Resolução nº 38, de 28/07/2011**.

ANP, 2014, **Resolução nº 63, de 05/12/2014**.

MAHAJAN AR, MIRGANE SR, **Excess molar volumes and viscosities for the binary mixtures of n-octane, n-decane, n-dodecane and n-tetradecane with octan-2-ol at 298.15 K**. *J. of Therm.*, v. 2013, Article ID 571918, 11 pages, 2013.

MESQUITA FMR, FEITOSA FX, AGUIAR RS De S, DE SANT'ANA HB, **Experimental density data and excess molar volumes of coconut biodiesel + n-hexadecane and coconut biodiesel + diesel at different temperatures**. *Brazilian J. of Chem. Eng.*, v. 31, n. 02, p. 543-551, 2014.

MILLO F, BENSALD S, FINO D, MARCANO SJC, VLACHOS T, DEBNATH BK, **Influence on the performance and emissions of an automotive Euro 5 diesel engine fueled with F30 from Farnesane**. *Fuel*, v. 138, p. 134-142, 2014.

MORENO AZ, SAN GERMÁN CMRS, VALENCIA OGR, CAMACHO EPJ, **Volumetric properties for binary mixtures of nonane + decane at temperatures from T = 283.15 to 353.15 K and at p = 0.7 atm**. *J. Solution Chem.*, v. 40, p. 621-631, 2011.

PETROBRAS. **Querosene de Aviação, Informações Técnicas**. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/QAV-Inforna%C3%A7%C3%B5es-T%C3%A9cnicas-v.1.3-29.pdf>>

RANUCCI CR, ALVES HJ, MONTEIRO MR, KUGELMEIER CL, BARICCATTI RA, DE OLIVEIRA CR, DA SILVA EA, **Potencial alternative aviation fuel from jatropha (*Jatropha curcas* L.), babassu (*Orbignya phalerata*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) as blends with Jet-A1 kerosene.** *J.of Cleaner Production*, 2018. Doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.084

RICHTER S, KATHROTIA T, NAUMANN C, KICK T, SLAVINSKAYA N, BRAUN-UNKOFF M, RIEDEL U, **Experimental and modeling study of farnesane.** *Fuel*, v. 215, p. 22-29, 2018.

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-237-1

