



*João Dallamuta
(Organizador)*

*Estudos
Transdisciplinares
nas Engenharias 3*

Atena
Editora

Ano 2019

João Dallamuta
(Organizador)

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-682-9 DOI 10.22533/at.ed.829190710 1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série. CDD 620
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Se o Senhor Leonardo di Ser Piero da Vinci, por uma hipótese, fosse realizar concurso público para lecionar em uma universidade brasileira, teria enorme dificuldade para se adequar às regras do certame. Ele era cientista, matemático, inventor, engenheiro, médico anatomista, escultor, desenhista, arquiteto, artista plástico pintor poeta e músico. Dificilmente iria conseguir comprovar títulos ou se adequar as exigências.

Em termos mais modernos da Vinci teria conhecimentos transdisciplinares, um conceito para conhecimento de forma plural. Disciplinas e carreiras são divisões artificiais para facilitar a organização de cursos, currículos, regulamentações profissionais e facilitar a prática do ensino. Em tempos onde isto não existia, como na Grécia antiga ou na renascença havia o conhecimento plural na qual Leonardo da Vinci talvez seja o maior expoente.

Não se sugere que todo conhecimento transdisciplinar prove de um gênio, tão pouco que a organização por áreas do conhecimento não tenha seu valor. Apenas que a boa engenharia, em função da sua crescente complexidade trás necessidades de conhecimentos e competências transdisciplinares.

Neste livro são apresentados artigos abordando problemas de fornecimento de energia, agua potável, urbanismo, gestão de varejo, técnicas de projeto e fabricação, uma combinação de áreas e temas que possuem um ponto em comum; são aplicações de ciência e tecnologia que buscam soluções efetivas para problemas técnicos, como deve ser em tese a boa engenharia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEMANDA ENERGÉTICA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES NO ESTADO DE RORAIMA	
Laura Vieira Maia de Sousa	
Talyta Viana Cabral	
Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos	
Luciano Gonçalves Noleto	
Maria Vitória Duarte Ferrari	
Túlio Costa de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.8291907101	
CAPÍTULO 2	15
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA SANTA CASA DE AREALVA: SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR CONDICIONADO	
José Rodrigo de Oliveira	
Matheus Henrique Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.8291907102	
CAPÍTULO 3	25
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
DOI 10.22533/at.ed.8291907103	
CAPÍTULO 4	36
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN	
Larisa Janyele Cunha Miranda	
Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva	
Rokátia Lorrany Nogueira Marinho	
Guilherme Lopes da Rocha	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael	
DOI 10.22533/at.ed.8291907104	
CAPÍTULO 5	46
CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Alessandro de Araújo Bezerra	
Renata Shirley de Andrade Araújo	
Marco Aurélio Holanda de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.8291907105	
CAPÍTULO 6	55
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL	
Bruna Peres Battemarco	
Lilian Marie Tenório Yamamoto	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
DOI 10.22533/at.ed.8291907106	
CAPÍTULO 7	67
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS	

TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Eduardo José Melo Lins
Eliana Cristina Barreto Monteiro
Amanda de Moraes Alves Figueira
Cynthia Jordão de Oliveira Santos
Débora Cristina Pereira Valões
Edenia Nascimento Barros
George da Mota Passos Neto
Gilmar Ilário da Silva
Lucas Rodrigues Cavalcanti
Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior
Maria Angélica Veiga da Silva
Mariana Santos de Siqueira Bentzen
Paula Gabriele Vieira Pedrosa

DOI 10.22533/at.ed.8291907107

CAPÍTULO 8 80

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DE PÓS NANOMÉTRICOS OBTIDOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXÍVIA ÁCIDA PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Lucca Monteiro Silva Semensato
Luis Fernando Baldo Estorari
Maise Helena Mancini
Veridiana Magalhães Costa Moreira
Ana Gabriela Storion
Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone
Tânia Regina Giraldi
Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.8291907108

CAPÍTULO 9 93

CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS A UM CLUSTER COMERCIAL PLANEJADO DE VAREJO DE AUTOMÓVEIS

Marco Aurélio Sanches Fittipaldi
Denis Donaire

DOI 10.22533/at.ed.8291907109

CAPÍTULO 10 106

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MESA DE VARREDURA XY E APRIMORAMENTO DO SISTEMA FOCAL DE UM APARELHO DE LITOGRAFIA

Raul de Queiroz Mendes
Arlindo Neto Montagnoli

DOI 10.22533/at.ed.82919071010

CAPÍTULO 11 120

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira
Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071011

CAPÍTULO 12 128

ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO

DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

Eloisa Bento Sarmento

Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071012

CAPÍTULO 13 **138**

MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Vanessa Vilela Lemos

Jessica Cristina Silva Resende

Karolina Soares Costa

Marlus Pinheiro Rolemberg

Rodrigo Corrêa Basso

DOI 10.22533/at.ed.82919071013

CAPÍTULO 14 **149**

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO₂ OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Vanessa Vilela Lemos

Gabriel de Paiva

Luis Fernando Baldo Estorari

Maisa Helena Mancini

Ana Gabriela Storion

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

Tânia Regina Giraldi

Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.82919071014

CAPÍTULO 15 **161**

ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DO ÓLEO E DA TEMPERATURA DE TRANSESTERIFICAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL

Gerd Brantes Angelkorte

Ivenio Moreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.82919071015

CAPÍTULO 16 **170**

ASPECTOS BOTÂNICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Sebastião Gomes Silva

Jorddy Neves da Cruz

Pablo Luis Baia Figueiredo

Wanessa Almeida da Costa

Mozaniel Santana de Oliveira

Rafael Henrique Holanda Pinto

Renan Campos e Silva

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra

Raul Nunes de Carvalho Junior

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.82919071016

CAPÍTULO 17 **182**

ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ÁCIDO POLILÁTICO (PLA) OBTIDAS POR INTERMÉDIO DE

ENSAIO DE TRAÇÃO

Camila Colombari Bomfim
Antônio Carlos Marangoni
Rafael Junqueira Marangoni

DOI 10.22533/at.ed.82919071017

CAPÍTULO 18 194

ESTUDO DO ASPECTO GEOMÉTRICO DOS CORDÕES DE SOLDA COMO ORIENTAÇÃO
OPERACIONAL PARA O USO NA SOLDAGEM MAG ROBOTIZADA

Everaldo Vitor
Paulo Eduardo Alves Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.82919071018

SOBRE O ORGANIZADOR..... 206

ÍNDICE REMISSIVO 207

MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Universidade Federal de Alfena, Instituto de
Ciência e Tecnologia
Poços de Caldas – Minas Gerais

Vanessa Vilela Lemos

Universidade Federal de Alfena, Instituto de
Ciência e Tecnologia
Poços de Caldas – Minas Gerais

Jessica Cristina Silva Resende

Universidade Federal de Alfena, Instituto de
Ciência e Tecnologia
Poços de Caldas – Minas Gerais

Karolina Soares Costa

Universidade Federal de Alfena, Instituto de
Ciência e Tecnologia
Poços de Caldas – Minas Gerais

Marlus Pinheiro Rolemberg

Universidade Federal de Alfena, Instituto de
Ciência e Tecnologia
Poços de Caldas – Minas Gerais

Rodrigo Corrêa Basso

Universidade Federal de Alfena, Instituto de
Ciência e Tecnologia
Poços de Caldas – Minas Gerais

RESUMO: Os ácidos graxos são os compostos majoritários nos destilados de desodorização de óleos vegetais de elevada acidez. Uma alternativa a extração destes constituintes dos destilados de desodorização é a dissolução

fracionada que depende do conhecimento da solubilidade destes constituintes nos solventes empregados. O ajuste de parâmetros de modelos termodinâmicos usados na descrição da solubilidade minimiza o tempo e o custo na obtenção de dados experimentais, bem como permite o uso destes modelos em simulação computacional. O objetivo do presente trabalho foi estudar o ajuste dos parâmetros dos modelos de Margules, Wilson e NRTL para o cálculo do coeficiente de atividade de modo a se calcular a solubilidade dos ácidos láurico, mirístico, palmítico e esteárico em acetona, etanol e 2-butanona. O uso dos três modelos resultou em boa representatividade das temperaturas de saturação, com o modelo de Margules resultando em maiores desvios máximos, 3,32 % e 4,56 %, respectivamente para os sistemas constituídos por ácido palmítico + etanol e ácido esteárico + etanol. O uso dos modelos de Wilson e NRTL resultaram em desvios máximos iguais a respectivamente 1,22 % e 1,32 % para todos os sistemas.

PALAVRAS-CHAVES: equilíbrio sólido-líquido, solubilidade, modelagem termodinâmica, ácidos graxos, destilado de desodorização

SOLID-LIQUID EQUILIBRIUM MODELING ON SOLUBILITY OF FATTY ACIDS IN ORGANIC

ABSTRACT: Fatty acids are the major compounds in the deodorization distillates of high acidity vegetable oils. An alternative to extracting these constituents from the deodorization distillates is the fractional dissolution which depends on the knowledge of the solubility of these constituents in the solvents employed. The adjustment of parameters of thermodynamic models used in the description of solubility minimizes the time and cost in obtaining experimental data, as well as allows the use of these models in computational simulation. The objective of the present work was to study the adjustment of the parameters of the Margules, Wilson and NRTL models for the calculation of the activity coefficient in order to calculate the solubility of lauric, myristic, palmitic and stearic acids in acetone, ethanol and 2-butanone. The use of the three models resulted in good representativeness of the saturation temperatures, with the Margules model resulting in higher maximum deviations, 3.32 % and 4.56 %, respectively, for systems composed of palmitic acid + ethanol and stearic acid + ethanol . The use of the Wilson and NRTL models resulted in maximum deviations equal to respectively 1.22 % and 1.32 % for all systems

KEYWORDS: solid-liquid equilibrium, solubility, thermodynamic modeling, fatty acids, deodorization distilled

1 | INTRODUÇÃO

Cerca de 95% da composição de óleos vegetais é constituída por triacilgliceróis sendo o restante dividido entre ácidos graxos livres, acilgliceróis parciais (monoacilgliceróis e diacilgliceróis), fosfolipídios, esteróis, tocoferóis e tocotrienóis, carotenos, hidrocarbonetos e produtos de oxidação (GUNSTONE, 2005).

De modo que o óleo vegetal possa ser comercializado, o mesmo deve passar por diversas etapas de refino, dentre as quais está o processo de desodorização que remove os componentes com maior volatilidade por um processo de esgotamento, que geralmente utiliza vapor d'água a elevadas temperaturas (220 a 260 °C) e baixas pressões (2 a 4 mbar). Óleos de elevada acidez são submetidos a este processo em condições mais severas visando a remoção dos ácidos graxos livres, até teores entre 0,03 e 0,05 % (m/m), sendo que nestas condições, estes componentes apresentam-se como os constituintes majoritários dos DDs (GREYT; KELLENS, 2005).

Os ácidos graxos livres são utilizados na obtenção de uma grande quantidade de produtos importantes para a indústria química, farmacêutica e alimentícia, dentre eles: sabões e detergentes; ésteres de ácidos graxos, usados como lubrificantes, aromatizantes e solventes apolares de cadeia longa; álcoois graxos, utilizados como plastificantes e aditivos de tintas; surfactantes não iônicos, entre outros (GERVAJIO, 2005).

Os processos usados industrialmente para a extração e purificação dos componentes dos DDs, bem como aqueles mais estudados visando sua otimização,

envolvem diversas das etapas dentre as citadas a seguir: metanólise, etanólise ou glicerólise, destilação molecular, extração por fluido em estado supercrítico, extração e, coluna de recheio, cristalização e filtração sob vácuo (SHI et al., 2011; VAZQUEZ et al., 2007; ITO et al., 2005; YAN et al., 2012; FREGOLENTE et al., 2010).

Por ser menos complexa e gerar menores custos, uma alternativa viável é a utilização da dissolução fracionada para a separação e purificação dos componentes dos DDs. Esta técnica se baseia na diferença de solubilidade dos constituintes do sistema em diversos solventes. A realização deste processo necessita do conhecimento prévio da solubilidade dos constituintes desta mistura em diversos solventes, em uma dada faixa de temperatura.

Dados experimentais devem ser utilizados para a análise da solubilidade dos DDs em diferentes solventes. Porém, para evitar gastos excessivos com a obtenção de muitos dados experimentais, podem ser usados modelos matemáticos e termodinâmicos que representam o comportamento de solubilidade de sistemas de interesse em função da temperatura a partir de uma quantidade reduzida destes dados.

O uso destes modelos depende do ajuste prévio de seus parâmetros a partir de uma reduzida quantidade de dados experimentais. Uma das formas de realizar este ajuste consiste na minimização de uma função objetivo que é dada pela diferença entre as temperaturas experimentais e as calculadas pelos modelos estudados.

Segundo o que foi exposto, o presente trabalho teve o objetivo de estudar o ajuste dos parâmetros dos modelos de Margules, Wilson e NRTL calculando a solubilidade dos ácidos láurico, mirístico, palmítico e esteárico em acetona, etanol e 2-butanona, bem como avaliar a representatividade do comportamento experimental pelos mesmos.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Modelagem da Solubilidade

Ao se empregar modelos termodinâmicos para o cálculo da solubilidade deve-se partir de alguns conceitos inerentes ao equilíbrio sólido-líquido. Utilizando a definição de fugacidade, energia de Gibbs e o equacionamento da entalpia e entropia como funções de estado, obtém-se uma relação entre a fugacidade do líquido puro subresfriado à temperatura T e algumas propriedades mensuráveis, conforme equação (1) (SMITH; VAN NESS; ABBOTT, 2007).

$$\ln \frac{f^L}{f^S} = \frac{\Delta h^f}{RT_t} \left(\frac{T_t}{T} - 1 \right) - \frac{\Delta C_p}{R} \left(\frac{T_t}{T} - 1 \right) + \frac{\Delta C_p}{R} \ln \frac{T_t}{T} \quad (1)$$

Onde: Δh^f e T_t são a entalpia de fusão no ponto triplo e a temperatura do ponto triplo, respectivamente; ΔC_p é a diferença de capacidade calorífica entre o líquido e o sólido; R é a

constante universal dos gases; f^L e f^S respectivamente a fugacidade do líquido e do sólido.

Nesta equação, pode-se adotar simplificações substituindo a temperatura do ponto triplo T_t pela temperatura de fusão T_f , e a entalpia de fusão em T_t pela entalpia de fusão em T_f obtendo assim a equação (2), em termos da solubilidade (SMITH; VAN NESS; ABBOTT, 2007).

$$\ln \frac{1}{\gamma_i x_i} = \frac{\Delta h^f}{RT_f} \left(\frac{T_f}{T} - 1 \right) - \frac{\Delta C_p}{R} \left(\frac{T_f}{T} - 1 \right) + \frac{\Delta C_p}{R} \ln \frac{T_f}{T} \quad (2)$$

Onde: γ_i e x_i são respectivamente o coeficiente de atividade e a fração molar do componente i em solução

Segundo Smith, Van Ness e Abbott (2007), na equação acima os dois termos da direita, de sinais opostos, tendem a se anular, podendo ser desprezados. Com isso, tem-se a equação para o cálculo da solubilidade dada por:

$$\ln \frac{1}{\gamma_i x_i} = \frac{\Delta h^f}{RT_f} \left(\frac{T_f}{T} - 1 \right) \quad (3)$$

A solubilidade ideal é válida para uma mistura ideal, em que o coeficiente de atividade é igual a 1. A representatividade do equilíbrio sólido-líquido deste tipo se sistema resultaria em desvios aceitáveis para misturas com soluto e solvente de natureza muito similar. A medida que a diferença desta natureza aumenta, modificando os parâmetros de interação entre as moléculas, o coeficiente de atividade se afasta da unidade, sendo geralmente maior que um para soluções apolares e menor que um para sistemas com forças polares significativas. Nestes casos o coeficiente de atividade deve ser calculado por meio de modelos termodinâmicos específicos que levem em consideração os desvios da idealidade, sendo os mesmos utilizados para a obtenção da solubilidade não-ideal (SMITH; VAN NESS; ABBOTT, 2007).

2.2 Modelos para o Cálculo do Coeficiente de Atividade

O cálculo do coeficiente de atividade de componentes de sistemas binários pode ser realizado pelo modelo Margules com dois parâmetros ajustáveis, sendo que para sistemas binários o modelo pode ser expresso pelas equações (4-5) (KONTOGEOORGIS; FOLAS, 2010). A partir de sua concepção termodinâmica, o modelo de Margules foi desenvolvido originariamente para ser utilizado na descrição do coeficiente de atividade de soluções contendo moléculas com volumes molares similares. Entretanto, o mesmo tem sido usado com bons resultados matemáticos para sistemas que não apresentam esta característica.

$$RT \ln \gamma_1 = [A_{12} + 2(A_{21} - A_{12})x_1]x_2^2 \quad (4)$$

$$RT \ln \gamma_2 = [A_{21} + 2(A_{12} - A_{21})x_1]x_1^2 \quad (5)$$

Onde: A_{21} e A_{12} são os parâmetros ajustáveis; R é a constante universal dos gases (J/mol.K), T é a temperatura do sistema (K), x e γ são respectivamente a fração molar e o coeficiente de atividade dos componentes da solução.

O modelo de Wilson, representado para sistemas binários pelas equações (6-7), é mais preciso em relação ao modelo de Margules, podendo ser utilizado em soluções polares ou sistemas com solutos polares e solventes apolares (PRAUSNITZ; LICHTENTHALER; AZEVEDO, 1999).

$$\ln \gamma_1 = -\ln(x_1 + A_{12}x_2) + x_2 \left(\frac{A_{12}}{x_1 + A_{12}x_2} - \frac{A_{21}}{x_2 + A_{21}x_1} \right) \quad (6)$$

$$\ln \gamma_2 = -\ln(x_2 + A_{21}x_1) - x_1 \left(\frac{A_{12}}{x_1 + A_{12}x_2} - \frac{A_{21}}{x_2 + A_{21}x_1} \right) \quad (7)$$

Onde: A_{21} e A_{12} são parâmetros ajustáveis do modelo; R é a constante universal dos gases (J/mol.K), T é a temperatura do sistema (K), x e γ são respectivamente a fração molar e o coeficiente de atividade dos componentes da solução

O modelo NRTL, dado para sistemas binários pelas equações (8-11), é um modelo robusto para o cálculo de coeficiente de atividade, especialmente para sistemas formados por misturas fortemente não ideais, principalmente para sistemas parcialmente imiscíveis (PRAUSNITZ; LICHTENTHALER; AZEVEDO, 1999).

$$\ln \gamma_1 = x_2^2 \left[\tau_{21} \left(\frac{G_{21}}{x_1 + x_2 G_{21}} \right)^2 + \frac{\tau_{12} G_{12}}{(x_2 + x_1 G_{12})^2} \right] \quad (8)$$

$$\ln \gamma_2 = x_1^2 \left[\tau_{12} \left(\frac{G_{12}}{x_2 + x_1 G_{12}} \right)^2 + \frac{\tau_{21} G_{21}}{(x_1 + x_2 G_{21})^2} \right] \quad (9)$$

$$\tau_{12} = \frac{g_{12} - g_{22}}{RT}, \quad \tau_{21} = \frac{g_{21} - g_{11}}{RT}, \quad (10)$$

$$G_{12} = \exp(-\alpha_{12} \tau_{12}); \quad G_{21} = \exp(-\alpha_{12} \tau_{21}); \quad (11)$$

Onde g_{12} e g_{21} são os parâmetros de interação binária entre os componentes 1 e 2.; α_{12} é o parâmetro de não aleatoriedade entre os componentes 1 e 2; R é a constante dos gases ideais; T é a temperatura dada em K.

2.3 Solubilidade de Componentes dos Óleos Vegetais em Solventes Diversos

Heryanto et al. (2007), utilizando análise gravimétrica para o estudo da solubilidade do ácido esteárico, reportou que a solubilidade do ácido esteárico em solventes orgânicos puros é inversa à polaridade dos solventes estudados. Também foi observado que a solubilidade pode ser consideravelmente alterada pela presença de componentes minoritários presentes na solução. Baseando nos modelos de soluções não ideais, Apelblat modificada e Buchowski, os desvios entre as solubilidades experimentais e calculadas, com exceção de um sistema, foram inferiores a 5%.

Cuevas (2010) utilizou a análise gravimétrica para estudar a solubilidade do γ -orizanol em doze solventes, puros ou em combinações binárias, em sistemas entre

10 e 50°C. Foram observadas maiores solubilidades do γ -orizanol em metil-etil-cetona, 26,7 e 49,7% (m/m) e menores em etanol azeotrópico, 0,4 e 2, % (m/m), com desvios entre valores experimentais e calculados de 5,8 e 2,9%, usando os modelos termodinâmicos de Margules e Van Laar, respectivamente.

Shah e Venkatesan (1989) analisaram a separação de ácidos graxos livres em óleo de amendoim. Os solventes utilizados foram isopropanol e água, em diferentes proporções, a partir de duas extrações sequenciais em funil de separação. Foi relatado que apesar de teores baixos de água favorecerem a partição dos ácidos graxos para a mistura isopropanol e água, aumentam as concentrações de óleo neutro na mesma. Logo, concluiu-se que teores entre 75 e 80% de isopropanol são ideais para que haja uma extração seletiva eficiente de ácidos graxos em amendoim, e ao mesmo tempo evitam a solubilidade do óleo neutro no solvente.

Segundo um estudo de Wei et al. (2010), a solubilidade do β -sitosterol na faixa de temperatura de 278.15 K a 333.15 K em metanol, etanol, acetona, acetato de etila e n-hexano seguiu a seguinte ordem crescente em relação aos solventes: metanol < n-hexano < etanol < acetona e acetato de etila. Foi observado que a polaridade do solvente não foi o único fator determinante da solubilidade, devendo ser levada em consideração também a sua estrutura molecular, que afeta diretamente a interação soluto - solvente das moléculas em solução.

Ralston e Hoerr (1942) estudaram a solubilidade dos ácidos graxos saturados em diferentes solventes, sendo eles, água, etanol, acetona, 2-butanona, benzeno e ácido acético glacial, e então obtiveram para o ácido palmítico solubilidades de 0,00083, 23,9, 15,6, 20,6, 34,8 e 8,1 g/100g, e, para o ácido láurico, solubilidades de 0,0063, 292, 218, 202, 260, 297 g/100g, respectivamente.

3 | METODOLOGIA

A partir dos dados experimentais foi realizado o ajuste dos parâmetros dos modelos termodinâmicos em planilhas eletrônicas, utilizando a ferramenta Solver do programa Excel Office®.

Os modelos termodinâmicos que tiveram seus parâmetros ajustados foram Margules, Wilson e NRTL. Estes modelos foram utilizados para o cálculo do coeficiente de atividade na equação (3).

O ajuste dos parâmetros dos modelos foi realizado a partir da minimização da função objetivo representada pela equação (12)

$$\text{Função Objetivo} = \sum (T_{\text{experimental}} - T_{\text{calculada}})^2 \quad (12)$$

Os desvios entre os valores calculados e experimentais foram obtidos a partir dos desvios relativos entre cada temperatura experimental e calculada usando os modelos, conforme representado na equação (13).

$$DR(\%) = 100 \cdot \frac{|T_{\text{experimental}} - T_{\text{calculada}}|}{T_{\text{experimental}}} \quad (13)$$

Os dados experimentais utilizados para o ajuste dos parâmetros dos modelos de Margules, Wilson e NRTL foram aqueles reportados por Ralston e Hoerr (1942).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 pode ser observada a quase sobreposição entre as temperaturas experimentais e aquelas calculadas usando os modelos termodinâmicos de Margules, Wilson e NRTL para o ácido láurico dissolvido em acetona, etanol e 2-butanona. Este comportamento indica que os três modelos foram capazes de representar adequadamente o equilíbrio sólido-líquido do sistema a partir do ajuste de seus parâmetros.

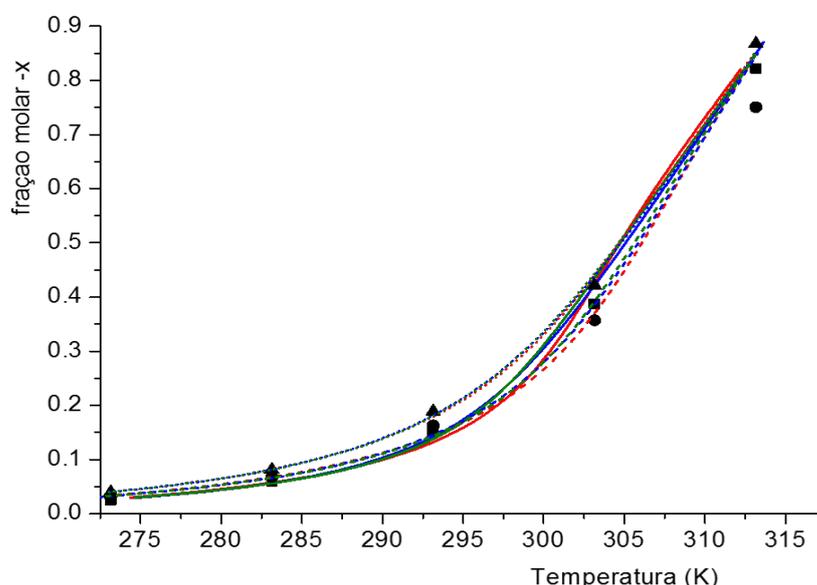


Figura 1. Solubilidade do ácido láurico em acetona (■/—/—/—), etanol (●/---/---/---) e 2-butanona(▲/•••/•••/•••) obtidas experimentalmente (■/●/▲) e calculadas pelos modelos de Margules (—/---/•••), Wilson (—/---/•••) e NRTL (—/---/•••)

A mesma boa representatividade da solubilidade experimental usando os três modelos termodinâmicos foi obtida quando o soluto é o ácido esteárico, um ácido graxo com 6 átomos de carbono adicionais na molécula em relação ao ácido láurico, conforme observado na Figura 2.

De modo geral, os maiores desvios relativos ocorreram quando foi empregado o modelo de Margules com dois parâmetros para o cálculo dos coeficientes de atividade dos componentes na fase líquida, conforme apresentado na Tabela 1. Estes desvios foram maiores para os sistemas cujos solutos são constituídos por moléculas apolares saturadas de cadeia mais longas, ácido palmítico e ácido esteárico, em um solvente polar com apenas dois átomos de carbono na molécula, o etanol. A representatividade

menos precisa da temperatura de saturação quando se usa o modelo de Margules para os sistemas constituídos por ácido palmítico + etanol e ácido esteárico + etanol está de acordo com a teoria termodinâmica que aponta a similaridade entre os volumes das moléculas do sistema como uma característica para o uso deste modelo

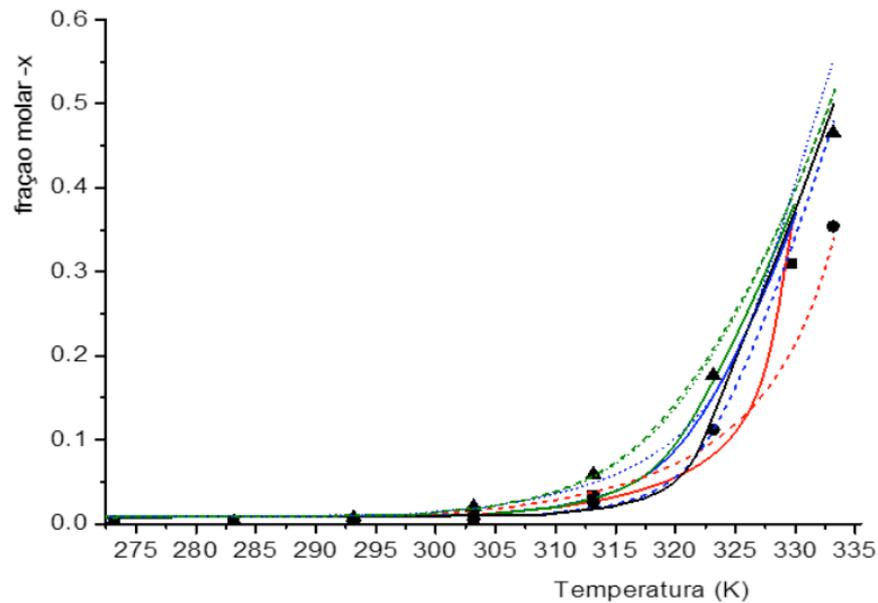


Figura 2. Solubilidade do ácido esteárico em acetona (■/—/—/—), etanol (●/---/---/---) e 2-butanona(▲/•••/•••/•••) obtidas experimentalmente (■/●/▲) e calculadas pelos modelos de Margules (—/---/•••), Wilson (—/---/•••) e NRTL (—/---/•••)

O uso dos modelos de Wilson e NRTL levaram ao cálculo de temperaturas de saturação com desvios máximos entre as temperaturas calculadas experimentais respectivamente iguais a 1,22 % e 1,32 % para todos os sistemas, apresentando resultados similares quanto a representatividades dos sistemas.

		Margules	Wilson	NRTL
		DR (%)	DR (%)	DR (%)
ácido láurico	acetona	0,20 - 0,46	0,20 - 0,29	0,06 - 0,20
	etanol	0,00 - 0,65	0,10 - 0,64	0,09 - 0,69
	2-butanona	0,04 - 0,22	0,16 - 0,29	0,01 - 0,16
ácido mirístico	acetona	0,11 - 0,37	0,00 - 0,39	0,12 - 0,57
	etanol	0,15 - 1,64	0,04 - 0,59	0,03 - 0,48
	2-butanona	0,00 - 0,37	0,02 - 0,29	0,09 - 0,26
ácido palmítico	acetona	0,21 - 1,37	0,24 - 0,92	0,19 - 1,01
	etanol	0,29 - 3,32	0,06 - 0,77	0,00 - 0,43
	2-butanona	0,01 - 1,37	0,15 - 1,13	0,05 - 1,21
ácido esteárico	acetona	0,04 - 0,78	0,14 - 0,67	0,18 - 0,63
	etanol	0,10 - 4,56	0,01 - 0,96	0,04 - 0,95
	2-butanona	0,17 - 1,42	0,14 - 1,22	0,06 - 1,32

Tabela 1. Desvios relativos entre as temperaturas experimentais e calculadas usando-se os modelos de Margules, Wilson e NRTL para os ácidos láurico, mirístico e esteárico dissolvidos em acetona, etanol e 2-butanona

Na Tabela 2 são apresentados os valores dos parâmetros ajustados dos modelos termodinâmicos de Margules e de Wilson, a partir dos quais pode-se calcular a temperatura de solubilização em qualquer temperatura dentro da faixa de temperatura para as quais foram realizados os ajustes.

Componente 1	Componente 2	Margules		Wilson	
		A_{12}	A_{21}	A_{12}	A_{21}
ácido láurico	acetona	3495,54	1602,81	0,1870	1,0192
	etanol	3009,51	2253,38	0,3001	0,8208
	2-butanona	2622,63	1583,48	0,2979	1,0034
ácido mirístico	acetona	3859,99	1764,27	0,1918	0,9390
	etanol	3434,00	2237,18	0,1488	1,0928
	2-butanona	2717,35	1545,95	0,2896	1,0405
ácido palmítico	acetona	4536,84	-773,09	0,0650	1,6027
	etanol	3387,68	2733,78	0,0727	1,3618
	2-butanona	3130,86	589,93	0,1310	1,5794
ácido esteárico	acetona	4459,54	-380,18	0,0701	1,6942
	etanol	3389,36	2524,28	0,0507	1,5487
	2-butanona	2981,41	-300,26	0,0981	1,9468

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de Margules e de Wilson ajustados para os sistemas binários compostos por ácidos graxos saturados e solventes orgânicos

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros ajustados do modelo NRTL que permite o cálculo da temperatura de solubilização para a faixa de temperatura estudada. O modelo NRTL é recomendado na descrição do coeficiente de atividade de sistemas fortemente não ideais, como os sistemas estudados no presente trabalho. Apesar de possuir um parâmetro adicional em relação ao modelo de Wilson, o que aumentaria a capacidade representativa do comportamento do sistema, o modelo NRTL não apresentou melhor capacidade representativa dos sistemas em relação ao primeiro.

Cuevas (2010) ao realizar a modelagem do gama-orizanol, um componente minoritário presente no óleo de arroz utilizando o modelo empírico de Apelblat, reportou desvios relativos médios variando entre 0,63% até 12,69. Ao utilizar modelos termodinâmicos foram obtidos desvios relativos médios inferiores, sendo que para o modelo de Van Laar ficaram entre 0,41% e 5,83%, e para o modelo de Margules ficaram entre 0,74% e 2,97%.

Componente 1	Componente 2	NRTL		
		τ_{12}	τ_{21}	$\alpha_{12} = \alpha_{21}$
ácido láurico	acetona	0,6941	1,3440	0,9500
	etanol	-2,7103	4,4415	0,0503
	2-butanona	0,3901	0,9567	0,9500
ácido mirístico	acetona	-0,3871	2,0941	0,2821
	etanol	0,8938	1,4454	0,9500
	2-butanona	-1,4444	2,9021	0,1211
ácido palmítico	acetona	0,2896	1,8826	0,9500
	etanol	1,9546	1,9710	0,9500
	2-butanona	0,0716	1,3622	0,9500
ácido esteárico	acetona	0,1323	1,8314	0,9500
	etanol	0,5558	2,0997	0,9500
	2-butanona	-0,1457	1,5119	0,9500

Tabela 3. Parâmetros do modelo NRTL e de Wilson ajustados para os sistemas binários compostos por ácidos graxos saturados e solventes orgânicos

Estudando sistemas binários quanto a solubilidade dos ácidos láurico, palmítico e esteárico em etanol, 2-propano e n-propanol, Bonassoli et al. (2019) reportou que os três modelos representaram de maneira similar e adequada o comportamento dos sistemas, com desvio médio máximo de 0,824.

5 | CONCLUSÃO

O uso dos modelos de Margules, Wilson e NRTL para o cálculo do coeficiente de atividade empregado na descrição do equilíbrio sólido – líquido dos sistemas binários contendo os ácidos láurico, mirístico, palmítico ou esteárico e os solventes acetona, etanol e 2-butanona resultou em boa representatividade do comportamento dos sistemas. O uso modelo e Margules levou a desvios máximos superiores ao uso dos modelos Wilson e NRTL, os dois últimos mais apropriados a sistema fortemente não ideais como os estudados neste trabalho.

Agências de Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – número do processo 420355/2016-2; da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais por meio da Bolsa de Iniciação Científica (Bruno Rossetti de Souza) e da bolsa de Mestrado (Vanessa Vilela Lemos).

REFERÊNCIAS

- BONASSOLI, A. B. G. et al. Solubility Measurement of Lauric, Palmitic, and Stearic Acids in Ethanol, n-Propanol, and 2-Propanol Using Differential Scanning Calorimetry. **Journal of Chemical Engineering & Engineering Data**, v. 64, n. 5, p. 2084-2092, 2019
- CUEVAS, M. S. **Solubilidade de compostos minoritários do óleo de farelo de arroz em solventes orgânicos: determinação de dados experimentais e solubilidade**. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2010.
- FREGOLENTE, P. B. L. et al. Monoglyceride and diglyceride production through lipase-catalyzed glycerolysis and molecular distillation. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 160, p. 1879-1887, 2010.
- GERVAJIO, G. C. Fatty acids and derivatives from coconut oil. In: SHAHID, F. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, Inc, 2005, v. 6, cap. 1, p. 1-56.
- GREYT, W.; KELLENS, M. Deodorization. In: SHAHID, F. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, Inc, 2005, v. 5, cap. 8, p. 341-383.
- GUNSTONE, F. D. Vegetable oils. In: SHAHID, F. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, Inc, 2005, v. 1, cap. 1, p. 213-267.
- HERYANTO, R. et al. Solubility of stearic acid in various organic solvents and its prediction using non-ideal solution models. **Science Asia**, v. 33, p. 469 – 472, 2007.
- ITO, V. M. et al. Tocopherols and phytosterols concentration from soybean oil distillate. In: **ENPROMER**, 2005, Costa Verde, (Rio de Janeiro), Brasil.
- KONTOGEORGIS, G. M.; FOLAS, G. K.; **Thermodynamic Models for Industrial Application**. Chichester: John Wiley & Sons, 2010.
- PRAUSNITZ, J. M.; LICHTENTHALER, R. N.; AZEVEDO, E. G.; **Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria**. 6. ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall PTR, 1999.
- RALSTON, A. W.; HOERR, C. W. The solubilities of the normal saturated fatty acids. **Journal of Organic Chemistry**, v. 7, p. 546 – 555, 1942.
- SHAH, K. J.; VENKATESAN, T. K. Aqueous isopropyl alcohol for extraction of free fatty acids from oils. **Journal of American Oil Chemists Society**, v. 66, p. 783-787, 1989.
- SHI, B. et al. Concentration of natural vitamin E using a continuous countercurrent supercritical CO₂ extraction-distillation dual column. **Chemical Engineering & Technology**, v. 34, p. 914-920, 2011.
- SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M. **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007.
- VAZQUEZ, L. et al. Recovery of squalene from vegetable oil sources using countercurrent supercritical carbon dioxide extraction. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 40, p. 59-66. 2007.
- WEI, D. et al. β -Sitosterol solubility in selected organic solvents. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 55, p. 2917-2019, 2010.
- YAN, F. et al. Optimization of phytosterols recovery from soybean oil deodorizer distillate. **Journal of American Oil Chemists Society**, v. 89, p. 1363-1370, 2012.

SOBRE O ORGANIZADOR

JOÃO DALLAMUTA Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácidos Graxos 138, 139, 143, 146, 147
Águas Pluviais 25, 26, 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40, 43, 45, 55, 76
Algoritmo de Roteamento 120, 123, 126, 127
Algoritmo de Utilização de Regeneradores 120
Análise de Redes Sociais 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104
Arquitetura 55, 123, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136
Aspectos Botânicos 170, 171

B

Biocombustível 161, 162, 164, 165
Biodiesel 3, 13, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169
Biomassa 3, 8, 13, 161

C

Calibração 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54
Caraúbas 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
Cluster Comercial 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103
Concatenação 128, 129, 135
Conservação de Energia Elétrica 15, 16, 20, 23, 24
Controle de Posição 106, 110, 112, 113, 117, 118, 119

D

Degradação de Estruturas 68
Demanda Energética 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12
Desenvolvimento Urbano Sustentável 55
Destilado de Desodorização 138
Drenagem Urbana 25, 37, 38, 40, 43, 44

E

Economia de Energia 15, 22
Eficiência Luminosa 15, 16, 17, 18
Energia Alternativa 161
Equilíbrio Sólido-Líquido 138, 140, 141, 144
Equipamento de Litografia Óptica 106, 108, 110, 111, 112, 118
Escoamentos 25, 27, 29, 30, 31, 33, 56, 62

F

Fator de Atrito 46, 49, 50, 52

Filtro Óptico 128, 129, 130, 132

Fotocatálise 80, 81, 82, 89, 149, 150, 151, 160

G

Gestão de Águas Urbanas 36, 38, 44

L

Lixívia Ácida 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159

M

Mesa Cartesiana XY 106

Microgravação 106

MIGHA 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Moagem de Alta Energia 80, 81, 82, 83, 86, 89, 91, 149, 150, 151, 154, 159, 160

Modelagem Termodinâmica 138

N

Nanopartículas 81, 92, 149, 150, 160

Nanopós 81, 149, 150, 151, 152, 153

O

Óleos Essenciais 170, 171

P

Patologias 68, 69

Penalidade Física 128, 129

Propriedades Medicinais 170

Q

Qualidade de Transmissão 120, 121, 128, 129

R

Rede Óptica Elástica 120, 127, 128, 136

Rede Óptica Elástica Translúcida 120, 127, 136

Remoção de Contaminantes 25, 33

Requalificação Ambiental 55, 57, 61, 65

Resiliência a Inundações 55, 57, 60, 62, 65

Roraima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

S

Saneamento Básico 36, 37, 43, 44

Solubilidade 32, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148

T

Teatros Públicos 68

TiO₂ 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Tratamento de Efluentes 25, 26, 33, 82, 151

Troca de Informações 93, 96, 98, 101, 103

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-682-9

