



Impactos das  
Tecnologias na  
Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

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)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-236-4

DOI 10.22533/at.ed.364190304

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](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Empresas do segmento de alimentos e bebidas que adotam inovação e tecnologia em seus produtos, processos e serviços são reconhecidas e valorizadas pelo consumidor, conseqüentemente competitivas no mercado. A área industrial alimentícia é apenas uma das inúmeras opções que o engenheiro químico tem como campo de trabalho. Mas dentro desta, suas atribuições são variadas, formando um profissional capaz de atuar em múltiplas tarefas.

A necessidade de novas tecnologias na indústria de alimentos requer otimização dos processos de transformação e fabricação, desenvolvimento de novos produtos, avanço da biotecnologia, garantia no controle da qualidade dos produtos, análise econômica dos processos, além da garantia do controle ambiental dos rejeitos e efluentes industriais.

A inovação é fundamental para o desenvolvimento de qualquer empresa. No setor de alimentos não é diferente, e cada vez mais os consumidores desejam consumir novos produtos que consigam aliar sabor, nutrição, qualidade e segurança. Assim como uma destinação correta de resíduos e uso de subprodutos que favorecem consumidor e meio ambiente.

Neste segundo volume, apresentamos inovações tecnológicas na Engenharia Química no setor de alimentos e resíduos de alimentos com estudos estatísticos de controle e processos, modelagem matemática, estudo cinético, sínteses, caracterizações, avaliação de propriedades, rendimento e controle analítico.

A Indústria Alimentar está em evolução constante e a tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante neste setor. Os avanços científicos e técnicos permitem hoje produzir alimentos e bebidas que se adaptam melhor à procura dos consumidores de uma forma segura, com processos produtivos mais sustentáveis e eficientes, cobrindo a procura dos mercados globais.

Convidamos você a conhecer os trabalhos expostos neste volume relacionados com alimentos, bebidas, resíduos de alimentos com utilização tecnológica de novos recursos para o produto ou processo.

Bons estudos.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES	
Caroline Machado da Silva Marlei Roling Scariot Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE VÍSCERAS DE FRANGO PARA OBTENÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS	
Tatiane Francini Knaul Schaline Winck Alberti Ana Maria Vélez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
ESTUDO ESTATÍSTICO DO TEOR DE LIGNINA OXIDADA PARA O BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR APÓS O PRÉ-TRATAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO	
Anna Alves da Silva Vieira Isabelle Cunha Valim Vinnicius Ferraço Brant Alex Queiroz de Souza Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins Cecília Vilani Brunno Ferreira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>26</b>
IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO DE CALEAÇÃO DA FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR	
Lorena Marcele de Faria Leite Euclides Antônio Pereira de Lima Ana Cláudia Chesca Flávia Alice Borges Soares Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>31</b>
CONTROLE ANALÍTICO PARA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM INDÚSTRIA CANAVIEIRA	
Douglas Ramos Alves Amanda Martins Aguiar Ana Paula Silva Capuci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>43</b>
UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESLIGNIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	
Isabelle Cunha Valim	
Anna Alves da Silva Vieira	
Vinnicius Ferraço Brant	
Alex Queiroz de Souza	
Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins	
Cecília Vilani	
Brunno Ferreira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>49</b>
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA	
Luís Fernando Figueiredo Faria	
Cláudia dos Santos Salim	
Luís Gustavo Ferroni Pereira	
Elisângela de Jesus Cândido Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>56</b>
ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Lalvin 71b 1122 e <i>Saccharomyces bayanus</i> RED STAR PREMIER BLANK	
Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato	
Lucas Gois Brandão	
Victor Hoffmann Barroso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>73</b>
FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA	
Fernando Oliveira de Queiroz	
Jéssica Oliveira Alves	
Marcelo Bacci da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3641903049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>95</b>
CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO, EM ESCALA INDUSTRIAL, DO LICOR NEGRO GERADO PELA ETAPA DE DESLIGNIFICAÇÃO DO ALGODÃO	
Lucrécio Fábio dos Santos	
Flávio Teixeira da Silva	
Teresa Cristina Brasil de Paiva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>111</b>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA	
Marco César Prado Soares	
Gabriel Fernandes Luz	
Aline Carvalho da Costa	
Matheus Kauê Gomes	
Beatriz Ferreira Mendes	
Lucimara Gaziola de la Torre	
Eric Fujiwara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36419030411</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 118**

EXPERIMENTAL DESIGN FOR OPTIMAL PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE UNDER LIQUID FERMENTATION WITH *Aspergillus* sp

Juliane Medeiros De Marco  
Jennifer Salgado da Fonseca  
Ricardo Lima Serudo

**DOI 10.22533/at.ed.36419030412**

**CAPÍTULO 13 ..... 123**

ESTUDO DO MODELO DE NÚCLEO DE RETRAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA COM CO<sub>2</sub> SUPERCRÍTICO

Matheus Manhães Vieira da Silva  
João Vítor Melo Amaral  
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka  
Ana Beatriz Neves Brito

**DOI 10.22533/at.ed.36419030413**

**CAPÍTULO 14 ..... 128**

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA SOLUBILIDADE DE  $\alpha$ -TOCOFEROL EM MISTURAS DE ETANOL+ÁGUA

Iago Henrique Nascimento de Moraes  
Ricardo Amâncio Malagoni

**DOI 10.22533/at.ed.36419030414**

**CAPÍTULO 15 ..... 136**

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PERPÉTUA-ROXA (*Centratherum punctatum* Cass.) OBTIDO POR HIDRODESTILAÇÃO

Rafael Henrique Holanda Pinto  
Maria Caroline Ferreira Rodrigues  
Wanessa Almeida da Costa  
Renato Macedo Cordeiro  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade  
Raul Nunes de Carvalho Junior

**DOI 10.22533/at.ed.36419030415**

**CAPÍTULO 16 ..... 143**

MODELAGEM MATEMÁTICA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE *Bidens Pilosa* L. USANDO FLUIDO SUPERCRÍTICO

Ramon Gredilha Paschoal  
Marianne Lima Higinio  
Marisa Fernandes Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.36419030416**

**CAPÍTULO 17 ..... 161**

RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper divaricatum* EM FUNÇÃO DA GRANULOMETRIA E MÉTODO DE EXTRAÇÃO

Erick Monteiro de Sousa  
Tainá Oliveira dos Anjos  
Rafaela Oliveira Pinheiro  
Márcia Moraes Cascaes  
Lidiane Diniz do Nascimento  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.36419030417**

**CAPÍTULO 18 ..... 167**

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E TEMPERATURA PARA OBTENÇÃO DO EXTRATO DE *Mentha spicata* L. UTILIZANDO EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

Tháiris Karoline Silva Laurentino  
Thuany Naiara Silva Laurentino  
Ariovaldo Bolzan

**DOI 10.22533/at.ed.36419030418**

**CAPÍTULO 19 ..... 172**

ESTUDO REOLÓGICO DA POLPA DE JUÇARA (*Euterpe edulis* Mart) EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVES

Italo Iury de Souza Guida  
Harvey Alexander Villa Vélez  
Audirene Amorim Santana  
Romildo Martins Sampaio

**DOI 10.22533/at.ed.36419030419**

**CAPÍTULO 20 ..... 179**

OBTENÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA POLPA DE ABACAXI ATRAVÉS DE EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

Relyson Gabriel Medeiros de Oliveira  
Williane Moraes de Souza  
João Carlos Soares de Melo  
Carlos Helaídio Chaves Costa  
Adair Divino da Silva Badaró

**DOI 10.22533/at.ed.36419030420**

**CAPÍTULO 21 ..... 186**

CINÉTICA DE SECAGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DO FRUTO DE *Eugenia patrisii* Vahl. (MYRTACEAE)

Erick Monteiro de Sousa  
Tainá Oliveira dos Anjos  
Lidiane Diniz do Nascimento  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade  
Cristiane Maria Leal Costa  
Lênio José Guerreiro de Faria

**DOI 10.22533/at.ed.36419030421**

**CAPÍTULO 22 ..... 192**

MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM DE TOMATES TIPO CEREJA E UVA POR MODELOS SEMITEÓRICOS E EMPÍRICOS

Heitor Otacílio Nogueira Altino  
Renata Nepomuceno da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.36419030422**

**CAPÍTULO 23 ..... 207**

SECAGEM DO EXTRATO DA CASCA DE BERINJELA EM SPRAY DRYER COM ADIÇÃO DE ADJUVANTES

Raissa Henrique Silva  
Erica Cortez de Lima  
Suziani Cristina de Medeiros Dantas  
Thayse Naianne Pires Dantas  
Maria de Fátima Dantas de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.36419030423**



**CAPÍTULO 24 ..... 214**

CINÉTICA DE SECAGEM DO MESOCARPO DE BACURI

Layrton José Souza Da Silva  
Dennys Correia Da Silva  
Ilmar Alves Lopes  
Harvey Alexander Villa Vélez  
Audirene Amorim Santana

**DOI 10.22533/at.ed.36419030424**

**CAPÍTULO 25 ..... 219**

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTUDO DA SECAGEM E ORIENTAÇÃO DA MATRIZ DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO E ACETATO DE AMIDO PELO MÉTODO *TAPE-CASTING*

Ana Luiza Borges Guimarães  
João Borges Laurindo  
Vivian Consuelo Reolon Schmidt

**DOI 10.22533/at.ed.36419030425**

**CAPÍTULO 26 ..... 232**

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE MALTODEXTRINA NO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO DE MANGABA

Antonio Jackson Ribeiro Barroso  
Francisco De Assis Cardoso Almeida  
João Paulo De Lima Ferreira  
Luzia Márcia De Melo Silva  
Deise Souza De Castro  
Joselito Sousa Moraes  
Micheline Maria Da Silva Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.36419030426**

**CAPÍTULO 27 ..... 237**

OXIDAÇÃO DE DIFERENTES AÇÚCARES UTILIZANDO CATALISADOR DE PdPtBi/C

Fabiana dos Santos Lima  
João Guilherme Rocha Poço

**DOI 10.22533/at.ed.36419030427**

**CAPÍTULO 28 ..... 250**

PROSPECÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DO BIOMA CAATINGA COM POTENCIALIDADE PARA PRODUÇÃO DE QUITINASE

José Renato Guimarães  
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira  
Eudocia Carla Oliveira de Araújo  
Maria Lúcia da Silva Cordeiro  
Isabella da Rocha Silva  
Ranoel José de Sousa Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.36419030428**

**CAPÍTULO 29 ..... 257**

PROJETO CONCEITUAL E ANÁLISE ECONÔMICA PRELIMINAR DO PROCESSO DE PERVAPORAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DO AROMA DO SUCO DE ABACAXI

Bárbara Carlos Bassane

Marianna Rangel Antunes

Cecília Vilani

Roberto Bentes de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.36419030429**

**CAPÍTULO 30 ..... 274**

EFEITOS DO TAMANHO DOS GRÂNULOS, DO REVESTIMENTO E DO TIPO DE FERTILIZANTE NA LIBERAÇÃO DE AMÔNIA EM FERTILIZANTES NITROGENADOS

Pedro Queiroz Takahashi

Gabriel Costa de Paiva

Marcelo Andrade de Godoy

José Mauro de Almeida

Deusanilde de Jesus Silva

**DOI 10.22533/at.ed.36419030430**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 279**

## DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA SOLUBILIDADE DE A-TOCOFEROL EM MISTURAS DE ETANOL+ÁGUA

### Iago Henrique Nascimento de Moraes

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Química  
Uberlândia – MG

### Ricardo Amâncio Malagoni

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Química  
Uberlândia – MG

**RESUMO:** O composto  $\alpha$ -Tocoferol, popularmente conhecido como vitamina E, é um composto lipossolúvel, ou seja, solubiliza-se em lipídeos. O grande interesse por esta vitamina se deve ao fato das inúmeras funções que ela desempenha no organismo humano, devido ao seu forte potencial antioxidante ela atua na diminuição do processo de envelhecimento das células e na proteção de doenças crônicas não transmissíveis como o câncer, doenças cardiovasculares e o mal de Parkinson. Por se tratar de uma molécula apolar, a sua solubilidade em água é muito baixa e pode se tornar maior quando um solvente apolar é colocado juntamente a água. Este trabalho, ainda em andamento, visa estudar a solubilidade da vitamina E em misturas etanol+água com frações de 25 e 50% de etanol, em temperaturas de 20 a 40°C, inclusive na temperatura do corpo humano 36,7°C. Com os resultados obtidos foi possível concluir que a solubilidade da vitamina

E aumenta consideravelmente com o aumento da concentração de etanol na solução, mas estudos e experimentos ainda são necessários para verificar se há uma relação entre o aumento da temperatura com o aumento da solubilidade. **PALAVRAS-CHAVE:**  $\alpha$ -tocoferol, solubilidade e etanol+água.

**ABSTRACT:** The  $\alpha$ -Tocopherol compound, popularly known as vitamin E, is a lipid soluble compound, ie it is solubilized in lipids. The great interest in this vitamin is due to the innumerable functions that it performs in the human organism due to its strong antioxidant potential it acts in the reduction of the aging process of the cells and in the protection of non-transmissible chronic diseases such as cancer, cardiovascular diseases and Parkinson's disease. Because it is an apolar molecule, its solubility in water is very low and can become larger when a non-polar solvent is placed together with water. This work, still in progress, aims to study the solubility of vitamin E in ethanol + water mixtures with fractions of 25 and 50% ethanol, at temperatures of 20 to 40 °C, including human body temperature 36.7 °C. With the results obtained it was possible to conclude that the solubility of vitamin E increases considerably with the increase of the ethanol concentration in the solution, but studies and experiments are still necessary to verify if there is a relation

between the increase of the temperature with the increase of the solubility.

**KEYWORDS:**  $\alpha$ -tocopherol, solubility and ethanol+water.

## 1 | INTRODUÇÃO

O termo vitamina E descreve uma família de oito antioxidantes: quatro tocoferóis (alfa, beta, gama e delta) e quatro tocotrienóis (alfa, beta, gama e delta). O alfa-tocoferol é a única forma de vitamina E produzida pelo corpo humano, logo, é a forma de vitamina E encontrada em maiores quantidades no sangue (TRABER, 1999).

A vitamina E ou  $\alpha$ -Tocoferol é um composto lipossolúvel, ou seja, solubiliza-se em lipídeos. Sua molécula é constituída por uma cadeia grande de alcano com um grupo éter e um grupo fenol. Embora esses grupos possam formar ligações de hidrogênio com a água, a cadeia de alcano apresenta tamanho considerável para que essa molécula atue como um composto hidrofóbico (apolar) reduzindo a solubilidade da mesma em água. Porém, quando se adiciona outro solvente junto à água, como, por exemplo, o etanol, ocorre um grande aumento da solubilidade, pois surgem interações polares entre o etanol e a molécula de vitamina.

Estudos mostram que para uma fração mássica de etanol de 10%, a solubilidade aumenta 1,5 vezes e maiores efeitos podem ser observados em altas concentrações de etanol, por exemplo, para uma fração de etanol de 70%, a solubilidade aumenta aproximadamente 450 vezes devido à atração entre as cadeias de alcanos da vitamina e as moléculas de etanol (GUPTA & HEIDEMANN, 1990). A Tabela 1 apresenta a estrutura e a massa molecular dessa vitamina.

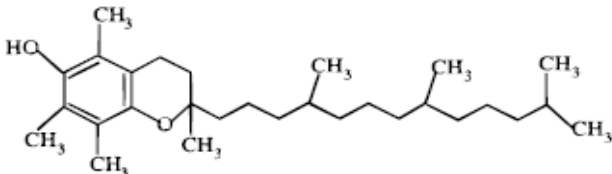
Nome	Estrutura	Massa molecular
Vitamina E		430,7

Tabela 1 – Fórmula estrutural e massa molecular da vitamina E

O estudo da solubilidade da vitamina E pode ser feito com o uso de células de equilíbrio semelhantes às utilizadas em Malagoni (2006) e Oliveira et al. (2013). O método utilizado nesses trabalhos proporcionou a obtenção de dados de solubilidade confiáveis tanto para solutos orgânicos e inorgânicos.

O objetivo deste trabalho foi determinar experimentalmente a solubilidade da vitamina E em misturas de etanol+água, frações de etanol de 25 e 50%, utilizando uma célula de equilíbrio que operou em temperaturas de 20 a 40°C, inclusive na temperatura do corpo humano: 36,7°C. Para isto, fez-se necessário a investigação das

variáveis tempo de agitação e de repouso da solução no interior da célula de equilíbrio.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente foi realizada uma pesquisa na literatura sobre qual o comprimento de onda seria utilizado. Foram encontrados dois resultados satisfatórios para se trabalhar com a vitamina E, 291,6 e 300 nm. Optou-se por trabalhar com 291,6 nm por se um comprimento de onda já relatado por Dubbs e Gupta (1998). Logo após foram realizados estudos acerca da solubilidade da vitamina E em misturas etanol+água com frações de etanol de 25 e 50%, visando investigar o aumento da solubilidade com o aumento das frações de etanol. Para isto, as variáveis tempo de agitação e de equilíbrio também foram investigadas.

Após o estudo das variáveis tempo de agitação e de equilíbrio adotou-se os valores de 24 h de agitação e 6 h de repouso, para a realização dos experimentos, com o intuito de englobar a faixa de tempo utilizada por diversos autores. Nos experimentos de Oliveira et al (2013), o tempo de agitação e de repouso utilizados foram 24h e 2h respectivamente, estes tempos apresentaram resultados constantes de solubilidade, o que comprovou a saturação do meio, observa-se que o tempo de repouso foi aumentado para verificar a sua influência na solubilidade.

Os ensaios de solubilidade da vitamina E em soluções com 25 e 50% de etanol foram realizados em uma célula de equilíbrio encamisada de vidro borossilicato e com capacidade de 40 mL. Para isso, a célula operou em diferentes temperaturas, 20 a 40°C. Um banho termostatizado (TECNAL, TE-184), manteve a temperatura do sistema constante.

Um agitador magnético (TECNAL, TE-0851) e uma barra magnética revestida com teflon promoveram a homogeneização da mistura durante o experimento. Para cada temperatura estudada, três amostras de solução saturada de vitamina foram coletadas, medindo-se na sequência as respectivas absorbâncias no espectrofotômetro (T60, UV-Spectrophotometer-PG Instruments). A Tabela 2 apresenta os reagentes e seus fabricantes utilizados nos experimentos.

Substância/Fabricante	Pureza
Etanol/Vetec	95,0%
Vitamina E/Sigma	99,9%
Água bi-destilada e deionizada	-

Tabela 2 – Reagentes utilizados no estudo de solubilidade da vitamina E

Na célula, inicialmente, acrescentava-se em excesso a vitamina E e depois a solução etanol+água. Um termopar previamente calibrado e acoplado a um indicador de temperatura (Full GaugeControls, TIC 17RGTi) foi usado para se garantir a temperatura

da solução. O agitador foi ligado quando se atingiu a temperatura desejada. A unidade experimental utilizada neste trabalho está representada na Figura 1.

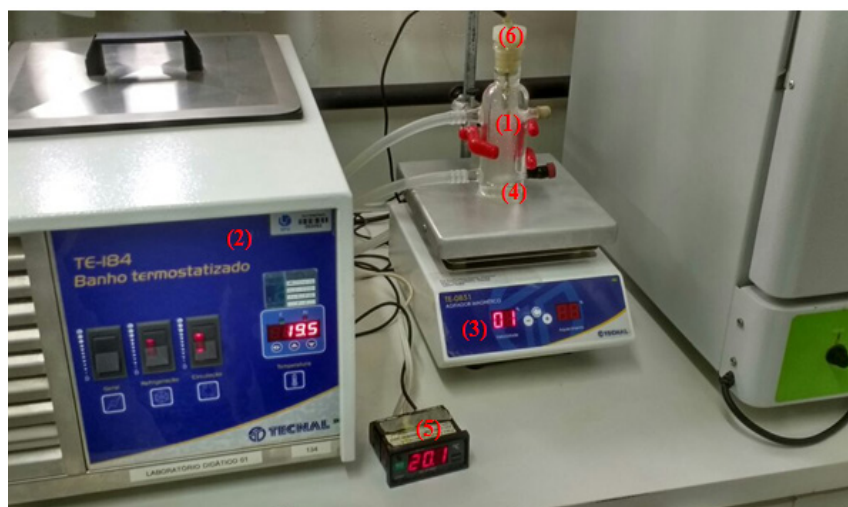


Figura 1 – Unidade experimental de solubilidade.

Na Figura 1, observa-se que (1) é a célula de equilíbrio, (2) é o banho termostático, (3) o agitador magnético, (4) barra magnética, (5) indicador de temperatura e (6) rolha de tecnyl.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os valores de absorvância para a temperatura de 20°C, variando o tempo de agitação e mantendo o tempo de repouso de 6 h.

$t_a$ (h)	$t_r$ (h)	$T$ (°C)	$C_{\text{etanol}}$ (%)	$A$ (AU)
2	6	20	25	0,192
24	6	20	25	0,269

Tabela 3 – Comparação dos tempos de agitação, 2 h e 24 h

Sendo que  $t_a$  representa o tempo de agitação,  $t_r$  o tempo de repouso,  $T$  a temperatura,  $C$  a concentração e  $A$  absorvância. Analisando a Tabela 3, pode-se concluir que o tempo de agitação maior favorece a solubilidade da vitamina E, pois, os dados de absorvância foram maiores e, conseqüentemente, maior a solubilidade.

#### 3.1 Experimentos com 25% de etanol

A construção da curva de calibração para a solução contendo 25% etanol somente foi possível a partir dos dados coletados através de diversas diluições como pode ser visto na Tabela 4.

$C_{\text{solução concentrada}}$ (%)	$S \times 10^6$ (g vit/g solução)	A(AU)
0,5	2,480	0,068
1	5,018	0,107
2,5	12,54	0,175
5	24,92	0,392
7,5	37,55	0,562
10	50,10	0,848
11,5	57,30	0,961

Tabela 4 – Dados de solubilidade (S) e absorvância, solução 25% etanol

Com os resultados apresentados na Tabela 4, obteve-se a calibração do sistema, conforme Equação (1), em que o coeficiente de correlação quadrático foi igual a 0,9915.

$$S = 2,1660 \times 10^{-7} + 6,0519 \times 10^{-5}A \quad (1)$$

Sendo  $S$  a solubilidade da vitamina E (g vitamina/g solução) e  $A$  a absorvância (AU). Foram realizados experimentos para as temperaturas de 20, 33, 36,7 e 40°C. Para cada temperatura estudada colocou-se um excesso de vitamina na célula de equilíbrio juntamente com a solução etanol+água, esta mistura foi deixada em agitação por 24 h seguidas de 6 h de repouso. Atingido este tempo, foram coletadas três amostras e medidas as respectivas absorvâncias. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 5.

$T \pm \delta$ (°C)	$A \pm \sigma$	$A \pm \sigma$ (após diluição)	$S \times 10^5$ (g vit/g solução)	Fator de diluição
20,0 ± 0,2	1,867 ± 0,031	0,076 ± 0,011	4,698 ± 0,600	1:10
33,0 ± 0,1	0,358 ± 0,044	-	2,796 ± 0,200	-
36,7 ± 0,1	1,561 ± 0,043	0,182 ± 0,010	11,598 ± 0,487	1:10
40,0 ± 0,1	1,273 ± 0,022	0,116 ± 0,010	7,313 ± 0,500	1:10

Tabela 5 – Solubilidade em função da temperatura, solução contendo 25% de etanol

### 3.2 Experimentos com 50% de etanol

Para a curva de calibração do sistema contendo 50% de etanol, os dados de solubilidade em função da absorvância ( $A$ ) estão descritos da Tabela 6.

$C_{\text{solução concentrada}}$ (%)	$S \times 10^6$ (g vit/g solução)	A (AU)
1	6,819	0,039
1,5	10	0,073
7,5	52	0,376
10	68	0,424
12,5	85	0,525

15	102	0,601
17,5	119	0,739
20	136	0,819
21,5	146	0,897
22	150	0,926

Tabela 6 – Dados de solubilidade e absorvância, solução 50% etanol

Os resultados apresentados na Tabela 6 foram correlacionados, conforme a Equação (2), em que o coeficiente de correlação quadrático foi de 0,9958.

$$S = -2,3707 \times 10^{-6} + 0,0002A \quad (2)$$

Sendo: *S* a solubilidade da vitamina E (g vitamina/g solução) e *A* a absorvância (AU). Os experimentos com solução de 50% de etanol foram realizados de maneira análoga aos experimentos de 25%. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 7.

<i>T</i> ± δ (°C)	<i>A</i> ± σ	<i>A</i> ± σ (após diluição)	<i>S</i> × 10 <sup>4</sup> (g vit/g solução)	Fator de diluição
20,0 ± 0,1	2,754 ± 0,012	0,366 ± 0,031	9,189 ± 0,621	1:10
33,0 ± 0,3	3,513 ± 0,394	0,607 ± 0,080	13,894 ± 1,589	1:10
36,7 ± 0,1	3,506 ± 0,084	0,513 ± 0,084	12,561 ± 1,067	1:10
40,0 ± 0,2	3,308 ± 0,006	0,528 ± 0,002	12,349 ± 0,043	1:10

Tabela 7 – Solubilidade em função da temperatura, solução contendo 50% de etanol

No trabalho de Oliveira et al. (2013), os experimentos, também, foram realizados nas frações de 25 e 50% em diversas temperaturas, assim foi possível comparar os dados obtidos neste trabalho com os dados encontrados na literatura, determinando-se então os desvios relativos, conforme a Tabela 8. Os desvios relativos foram calculados através da Equação (3).

<i>T</i> ± δ (°C)	<i>w</i> (%)	<i>S</i> <sub>exp</sub> × 10 <sup>5</sup> (g vit/g solução)	<i>S</i> <sub>lit</sub> × 10 <sup>5</sup> (g vit/g solução)	<i>DR</i> (%)
20,0 ± 0,2	25	4,698 ± 0,600	4,719 ± 0,700	0,447
20,0 ± 0,1	50	91,890 ± 0,621	92,850 ± 0,640	1,045
33,0 ± 0,1	25	2,796 ± 0,200	2,836 ± 0,300	1,431
33,0 ± 0,3	50	138,940 ± 1,589	139,050 ± 1,600	0,079
36,7 ± 0,1	25	11,598 ± 0,487	11,629 ± 0,600	0,267
36,7 ± 0,1	50	125,610 ± 1,067	125,850 ± 1,080	0,191

Tabela 8 – Dados obtidos de solubilidade e dados da literatura em função da fração de etanol



$$DR = \left| \frac{(S_{exp} - S_{lit})}{S_{exp}} \right| \times 100 \quad (3)$$

Sendo  $DR$  o desvio relativo (%),  $w$  a fração mássica de etanol (%),  $S_{exp}$  a solubilidade da vitamina E experimental (g vit/g solução) e  $S_{lit}$  a solubilidade da vitamina E da literatura (g vit/g solução).

## 4 | CONCLUSÃO

Com os resultados experimentais de solubilidade obtidos nesse trabalho, constatou-se que a concentração de etanol em água desempenha grande influência sobre a solubilidade da vitamina E. Foi notório que o aumento da concentração de etanol, aumentou consideravelmente a solubilidade da vitamina E, visto que as soluções com 50% de etanol apresentaram solubilidades maiores que as soluções com 25% de etanol, em todas as temperaturas avaliadas.

Notou-se ainda um incremento na solubilidade da vitamina E com o aumento da temperatura, entretanto, estudos e experimentos ainda são necessários para descrever este comportamento, pois nos experimentos com a fração de 50% de etanol, a solubilidade da vitamina E sofreu oscilações com a alteração da temperatura e obteve-se seu maior valor em 33°C, diferentemente dos experimentos de 25%, que obteve seu maior valor em 36,7°C, portanto, não se pode afirmar que a solubilidade aumenta com a temperatura.

Quando se comparou os dados obtidos nesse trabalho com os dados disponíveis na literatura, observou-se que os desvios relativos obtidos foram pequenos, indicando que os métodos empregados neste trabalho reproduziram dados condizentes e confiáveis. Embora o tempo de repouso, utilizado nesse trabalho, ter sido maior, constatou-se que os dados obtidos foram próximos aos dados encontrados na literatura.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBIT ITCNPQ 2016-ENG003) e à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia pela estrutura física disponibilizada para o desenvolvimento desta pesquisa no Laboratório de Cristalização.

## REFERÊNCIAS

DUBBS, M. D.; GUPTA, R. B. **Solubility of vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol) and vitamin K3 (menadione) in ethanol-water mixture.** *J. Chem. Eng. Data*, 43, p. 590-591, 1998.

GUPTA, R. B.; HEIDEMANN, R. A. **Solubility models for amino-acids and antibiotics.** *AIChE J.*, 36, p. 333-341, 1990.

MALAGONI, R. A. **Determinação experimental da solubilidade de orgânicos em água**. 2006. 102 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

OLIVEIRA, F.; FONSECA, L. G.; SILVA, C. V.; PIRES, R. F.; MALAGONI, R. A. **Solubilidade da vitamina E em mistura etanol+água**. In: X COBEQ IC - Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica, 2013, Vassouras - RJ. *Anais do X COBEQ IC*, 2013. p. 1-6.

TRABER, M. G. **Utilization of vitamin E**. *Biofactors*, 10 (2-3), p. 115-20, 1999.

## **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 978-85-7247-236-4

