



Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

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)

134 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

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

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES	
Caroline Machado da Silva Marlei Roling Scariot Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3641903041	
CAPÍTULO 2	8
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE VÍSCERAS DE FRANGO PARA OBTENÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS	
Tatiane Francini Knaul Schaline Winck Alberti Ana Maria Vélez	
DOI 10.22533/at.ed.3641903042	
CAPÍTULO 3	21
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	
DOI 10.22533/at.ed.3641903043	
CAPÍTULO 4	26
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	
DOI 10.22533/at.ed.3641903044	
CAPÍTULO 5	31
CONTROLE ANALÍTICO PARA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM INDÚSTRIA CANAVIEIRA	
Douglas Ramos Alves Amanda Martins Aguiar Ana Paula Silva Capuci	
DOI 10.22533/at.ed.3641903045	

CAPÍTULO 6	43
UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESLIGNIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	
<ul style="list-style-type: none"> 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 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903046	
CAPÍTULO 7	49
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA	
<ul style="list-style-type: none"> Luís Fernando Figueiredo Faria Cláudia dos Santos Salim Luís Gustavo Ferroni Pereira Elisângela de Jesus Cândido Moraes 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903047	
CAPÍTULO 8	56
ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Lalvin 71b 1122 e <i>Saccharomyces bayanus</i> RED STAR PREMIER BLANK	
<ul style="list-style-type: none"> Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato Lucas Gois Brandão Victor Hoffmann Barroso 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903048	
CAPÍTULO 9	73
FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA	
<ul style="list-style-type: none"> Fernando Oliveira de Queiroz Jéssica Oliveira Alves Marcelo Bacci da Silva 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903049	
CAPÍTULO 10	95
CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO, EM ESCALA INDUSTRIAL, DO LICOR NEGRO GERADO PELA ETAPA DE DESLIGNIFICAÇÃO DO ALGODÃO	
<ul style="list-style-type: none"> Lucrécio Fábio dos Santos Flávio Teixeira da Silva Teresa Cristina Brasil de Paiva 	
DOI 10.22533/at.ed.36419030410	
CAPÍTULO 11	111
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA	
<ul style="list-style-type: none"> Marco César Prado Soares Gabriel Fernandes Luz Aline Carvalho da Costa Matheus Kauê Gomes Beatriz Ferreira Mendes Lucimara Gaziola de la Torre Eric Fujiwara 	
DOI 10.22533/at.ed.36419030411	

CAPÍTULO 12	118
EXPERIMENTAL DESIGN FOR OPTIMAL PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE UNDER LIQUID FERMENTATION WITH <i>Aspergillus</i> 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 ₂ 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 α-TOCOFEROL EM MISTURAS DE ETANOL+ÁGUA	
Iago Henrique Nascimento de Morais Ricardo Amâncio Malagoni	
DOI 10.22533/at.ed.36419030414	
CAPÍTULO 15	136
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PERPÉTUA-ROXA (<i>Centratherum punctatum</i> 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 <i>Bidens Pilosa</i> 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 <i>Piper divaricatum</i> 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

SACCHAROMYCES CEREVISIAE FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA

Marco César Prado Soares

University of Campinas, School of Mechanical
Engineering, Laboratory of Photonic Materials and
Devices
Campinas - SP, Brazil

Gabriel Fernandes Luz

University of Campinas, School of Chemical
Engineering, Department of Products and
Processes Development
Campinas - SP, Brazil

Aline Carvalho da Costa

University of Campinas, School of Chemical
Engineering, Department of Products and
Processes Development
Campinas - SP, Brazil

Matheus Kauê Gomes

University of Campinas, School of Mechanical
Engineering, Laboratory of Photonic Materials and
Devices
Campinas - SP, Brazil

Beatriz Ferreira Mendes

University of Campinas, School of Mechanical
Engineering, Laboratory of Photonic Materials and
Devices
Campinas - SP, Brazil

Lucimara Gaziola de la Torre

University of Campinas, School of Mechanical
Engineering, Laboratory of Photonic Materials and
Devices
Campinas - SP, Brazil

Eric Fujiwara

University of Campinas, School of Mechanical

Engineering, Laboratory of Photonic Materials and
Devices
Campinas - SP, Brazil

ABSTRACT: The fermentation process parameters vary with a range of factors, such as the temperature and the composition of the fermentation broth. In order for being used as important project and process monitoring tools, these parameters should be constantly recalculated. In this research, a fermentation model for fed-batch reaction mode is presented, and experimental data are used for showing computation methodologies for recalculating the parameters.

KEYWORDS: Fermentation; Fed-Batch; Reaction parameters; Computational methodology.

1 | INTRODUCTION

Mathematical models are of immense importance for Chemical Projects, especially when there is a finite amount of experimental data available. In the case of the fermentation, models show a high degree of uncertainty associated with the lack of knowledge about the multiple routes and metabolic pathways of the cells and to the differences between individual

cells, commonly treated as homogeneous populations (Bailey and Ollis, 1986; Shuler and Kargi, 2002; Doran, 2013). It is so necessary to compare the predictions to the experimental data, since the parameters of the microbial growth can change for several reasons (Rivera *et al.*, 2007; Andrade *et al.*, 2009): Powchinda and Strehaiano (1999) showed that the reaction rate, in an alcoholic fermentation, is a function of the sugar used as substrate and, if sucrose was used, the rate was inferior than the observed for glucose or fructose. Rivera *et al.* (2007), in turn, applied two different culture media, one with diluted sugar cane molasses, and other with $MgSO_4$ and yeast extract. Besides varying only a few components, the modifications resulted in statistically significant differences in model parameters. Other problems regarding the modelling that can be pointed out are: as the composition of the fermentation broth is constantly varying due to the uptake of substrates and to the action of extracellular enzymes produced by the yeast, the effect of the variation of the specific growth rate related to the modification in this composition is able to produce considerable oscillations in reaction rate (Andrade *et al.*, 2009); and there is an increase in the difficult of controlling the broth temperature as the reactor volume rises, producing considerable oscillations of the temperature, which compromise the quality of the models (Andrade *et al.*, 2009).

Then, the predictions are only valid for a very strict group of experimental conditions, and a strategy for dealing with this problem is the use of adaptive hybrid models with neural network analysis, which combine the equations from the mass and energy balances with artificial intelligence, and use the available experimental data for correcting the process parameters in accordance to the actual environmental conditions (Rivera *et al.*, 2007). It is recommended that the recalculation of the parameters should be performed as a routine procedure (Andrade *et al.*, 2009), and this procedure is not important only for laboratorial operation, but also for the fermentation industries, since they are subject to even more frequent changes in composition of the culture medium and broth composition. Different harvests, for example, can show differences in the chemical composition of the vegetal material used as substrates, as commonly observed for sugarcane molasses (Rivera *et al.*, 2007).

In this research, fermentation experiments with *Saccharomyces cerevisiae* were conducted in fed-batch reaction mode, using complex media as substrate, and neural network analysis was used for recalculating the parameters previously obtained for Atala *et al.* (2001).

2 | FERMENTATION MATHEMATICAL MODEL AND FED-BATCH EXPERIMENTS

The mathematical model applied to this research was the Monod (Equations 1 to 3) with the corrections for the fed-batch model described by Wang and Sheu (2000), Equations 4 to 7. In the equations, μ is the specific cell growth rate; μ_m is the maximum cell growth rate; S is the substrate concentration; K_M is the Monod constant; q_p is the

specific product formation rate; $Y_{P/X}$ is the theoretical relation between the product formation and the cell growth; m_p is the rate of product formation not related to the cell growth; μ_s is the specific substrate uptake rate; $Y_{X/S}$ is the theoretical relation between the cell growth and the substrate uptake; m_s is the rate of substrate uptake not related to the cell growth (metabolic activities); V is the instant volume of the fermentation broth; F is the feed flow rate (containing only substrate); t is the time from the beginning of the fed-batch; X is the instant cell concentration; P is the instant product concentration; and S_F is the substrate concentration on the feed flow.

$$\mu = (\mu_m) \frac{S}{K_M + S} \quad (1)$$

$$q_p = Y_{P/X} \mu + m_p \quad (2)$$

$$\mu_s = \frac{1}{Y_{X/S}} \mu + m_s \quad (3)$$

$$\frac{dV}{dt} = F \Rightarrow V = V_0 + Ft \quad (4)$$

$$\frac{dX}{dt} = \mu X - \frac{F}{V} X \quad (5)$$

$$\frac{dP}{dt} = q_p X - \frac{F}{V} P \quad (6)$$

$$\frac{dS}{dt} = -\mu_s X + \frac{F}{V} (S_F - S) \quad (7)$$

The culture medium was comprised by a sugarcane syrup with high application in industry, previously studied for testing a monitoring methodology based on an optical fiber sensor (Fujiwara *et al.*, 2012). The inoculum growth medium contained 2.30 g.L⁻¹ of urea, 6.6 g.L⁻¹ of K₂SO₄, 3.0 g.L⁻¹ of KH₂PO₄, 0.5 g.L⁻¹ of MgSO₄, 1.0 g.L⁻¹ of CaCl₂, 5.0 g.L⁻¹ of yeast extract, 3.0 g.L⁻¹ of thiamine, 80.0 g.L⁻¹ of total sugars, and 0.3 mg.L⁻¹ of trace elements. The bioreactor was kept under 33 °C, pH 5.0, and 100 rpm agitation for 3 hours, with feed flow $F=0.33333$ L.h⁻¹. The total sugars concentration of the feed current, S_F , and the initial concentration of cells, X_0 , were different in each experiment, and the bioreactor initial volume of substrate solution was fixed in $V_0=0.5$ L. The fermentation model parameters were initially considered equal to the ones obtained by Atala *et al.* (2001) for the temperature of 33 °C: $\mu_m=0.4197$ h⁻¹, $K_M=4.1$ g.L⁻¹, $Y_{P/X}=8.7651$ g.g⁻¹, $Y_{X/S}=0.0539$ g.g⁻¹, $m_p=0.1$ h⁻¹, and $m_s=0.2$ h⁻¹.

After the experiments, the yeast mass, $X.V$, was evaluated with the dry-mass method, and the HPLC analysis of the fermentation broth was performed, revealing the presence of xylose, cellobiose, ethanol, acetic acid and glycerol. The experiments did

not indicate the inhibition of fermentation by the presence of the major product, ethanol, and showed a consistent difference for the parameters obtained by Atala *et al.* (2001). It was expected, since the culture media used were different and due to the fact that, in fed-batch mode, a stream of substrate is continuously added to the bioreactor, so the cells need to adapt their metabolism to the shear stresses associated to the flow (Bailey and Ollis, 1986; Shuler and Kargi, 2002; Doran, 2013).

Finally, an artificial neural network (ANN) process was used for determining the process parameters, and only the coefficient K_M was kept constant and equals to the value obtained by Atala *et al.* (2001), since it was verified that it had small effect on the quality of the adjusted model. The network consisted in a backpropagation architecture, in which the S, X, and P values are used as the input, and the ANN returns the values of μ_m , $Y_{P/X}$, $Y_{X/S}$, m_p , and m_s . The number of network layers was defined as 2, once the training time in this situation was considerably lower than the required for the networks with more layers, the number of synapses were determined as 100 for the intermediate layer, and 5 for the output layer, and the activation functions were defined as hyperbolic and sigmoid tangent, respectively.

Initially, the network was trained in accordance to the normalized values obtained in simulations for each one of 4 fed-batch experiments data set, and the training function used was the gradient descent with momentum. As the values calculated for the different experiments were considerably close, the new parameters were defined as the mean values of the ANN output data: $\mu_m = 0.186 \text{ h}^{-1}$, $Y_{P/X} = 2.660 \text{ g.g}^{-1}$, $Y_{X/S} = 0.188 \text{ g.g}^{-1}$, $m_p = 0.010 \text{ h}^{-1}$, and $m_s = 0.290 \text{ h}^{-1}$. In order to verify the performance of the training, the results of the model predictions were compared to the data obtained for a fifth experiment, and it was considered that the model predictions were in accordance to the experimental data, showing deviations lower than 20%. This process for obtaining the model parameters with the ANN is summarized in Figure 1 and the results obtained for the five experiments, compared to the model predictions, are shown in Figure 2.

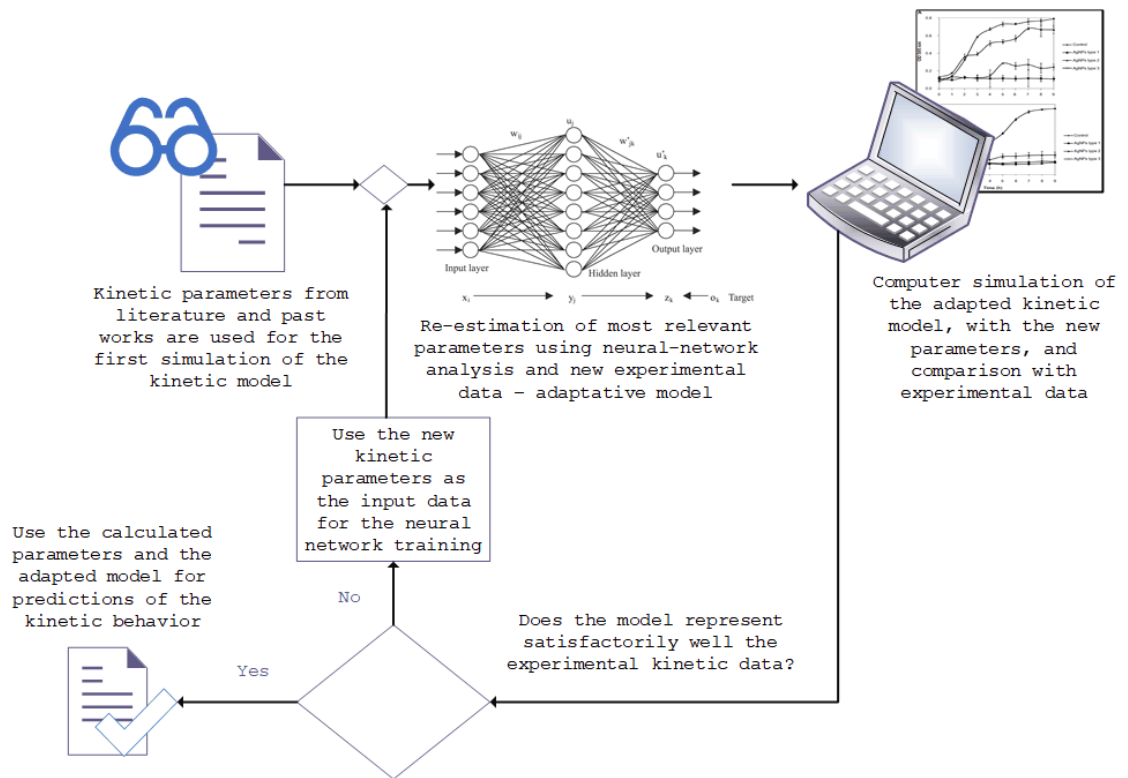


Figure 1. Process of recalculating the kinetic parameters of the fermentation process with neural network analysis.

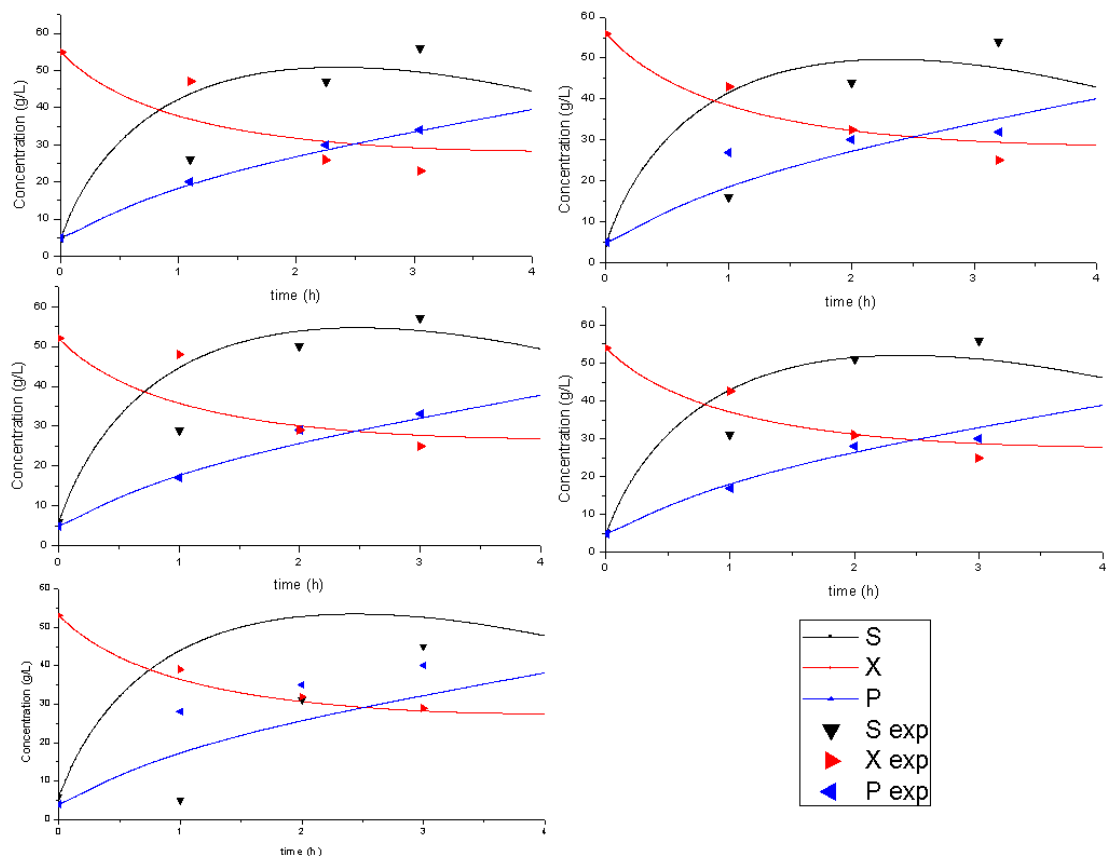


Figure 2. Experimental data obtained, and fermentation profiles calculated with the model with the recalculated parameters (concentration in g.L⁻¹ vs. time in h). The experiments are represented by the points and the subscript “exp”, whereas the model is represented by continuous lines. S, X and P indicates the concentration profiles of substrate, cell biomass, and products, respectively.

3 | CONCLUSIONS

Besides being a powerful tool for equipment and manufacturing projects, the fermentation kinetic models treat as constants some parameters that should be continuously recalculated, since they depend on a series of external factors.

The models can show different degrees of complexity, according to the operation mode used and to the experimental data available. In this work, it was showed how computational neural network tools can be used for allowing a professional to perform the process of modelling and recalculating parameters for the fed-batch mode in accordance to the experimental data, obtaining results that fits satisfactorily well the experiments, with errors not greater than 20%.

Despite the importance for the calculus of mass balances and for the prediction of the fermentation production, it is important to emphasize that the results are reproducible, but the parameters obtained should be only applied with confidence for the particular environmental conditions of the research, being considered as initial approximations for other studies.

4 | ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported in part by Sao Paulo Research Foundation (FAPESP) under grants 2017/06190-7 and 2017/20445-8, CNPq and CAPES.

The paper was firstly presented on **Brazilian Chemical Engineering Conference (COBEQ 2018, 23 Sep- 26 Sep, São Paulo, Brazil)** and published on COBEQ 2018 Proceedings (Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.5, pp.2010-2014, DOI: 10.5151/cobeq2018-PT.0532).

REFERENCES

ANDRADE, R. R.; RIVERA, E. C.; ATALA, D. I. P.; MACIEL FILHO, R.; MAUGIERI FILHO, F.; COSTA, A. C. Study of kinetic parameters in a mechanistic model for bioethanol production through a screening technique and optimization. **Bioprocess Biosyst. Eng.**, v.32, p. 673-680, 2009.

ATALA, D. I. P.; COSTA, A. C.; MACIEL FILHO, R.; MAUGIERI FILHO, F. Kinetics of ethanol fermentation with high biomass concentration considering the effect of temperature. **Appl. Biochem. Biotechnol.**, v.91-93, p. 353-364, 2001.

BAILEY, J; OLLIS, D. **Biochemical Engineering Fundamentals**. Second Edition. McGraw-Hill, 1986.

DORAN, P. **Bioprocess Engineering Principles**. Second Edition. Elsevier, 2013.

FUJIWARA, E.; ONO, E.; IAMAKAWA C. K.; IENCZAK, J. L.; ROSSELL, C. E. V.; SUZUKI, C. K. Real-time monitoring of fermentation process applied to sugarcane bioethanol production. **SPiE Proceedings: OFS-22, Beijing, China**, 2012.

POWCHINDA, O.; STREHAIANO, P. Utilization of Mixed Sugars for Alcoholic Fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. **Thammasat Int. J. Sci. Tech.**, v.4, p. 23-31, 1999.

RIVERA, E. C.; COSTA, A. C.; ANDRADE, R. R.; ATALA, D. I. P.; MAUGIERI FILHO, F; MACIEL FILHO, R. Development of adaptive modeling techniques to describe the temperature-dependent kinetics of biotechnological processes. **Biochem. Eng. J.**, v.36, p. 157-166, 2007.

SHULER, M; KARGI, F. **Bioprocess Engineering. Basic Concepts**. Second Edition. Prentice Hall, 2002.

WANG, F.-S.; SHEU, J.-W. Multiobjective parameter estimation problems of fermentation processes using a high ethanol tolerance yeast. **Chem. Eng. Sci.**, v.55, p. 3685-3695, 2000.

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

