

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

# ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos  
processos e produtos 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

# ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos  
processos e produtos 2

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



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



## Engenharia química: desenvolvimento de novos processos e produtos 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia química: desenvolvimento de novos processos e produtos 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0411-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.118221208>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



## APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Engenharia química: Desenvolvimento de novos processos e produtos 2” é constituído por oito capítulos de livros que se distribuíram em três eixos-temáticos: *i)* produção e desenvolvimento de produtos de maior eficiência e de menor custo; *ii)* utilização de biomassa e controle de variável em diferentes processos industriais e; *iii)* geração de energia e estimativa de custo para recuperar espécies em recursos hídricos.

O primeiro capítulo investigou a relação de um conjunto de filtros, utilizados em ambientes fechados, em relação à eficiência e o consumo energético resultando em um sistema que requeria um consumo de 8 W e uma eficiência de retenção de partículas abaixo do recomendado pela OMS. O capítulo 2 avaliou o desenvolvimento de produção de nanofibras via *electrospinning* a partir da análise de números adimensionais com múltiplas variáveis, os resultados sugerem estudos promissores que definiram a operação de produção de fibras pela via *electrospinning*.

Os capítulos de 3 a 5 avaliaram: *i)* a importância do controle de temperatura no processo de esterilização de alimentos a partir de um modelamento matemático por meio de simulação computacional; *ii)* influência da temperatura na produção de ácido cítrico utilizando fungos da espécie *Aspergillus Awamori e*; *iii)* extração de xilose e glicose a partir do eucalipto (*Eucalyptus sp.*) a partir do pré-tratamento utilizando o ácido peracético e hidróxido de sódio.

Por fim, os capítulos de 6 a 8 apresentaram trabalhos que avaliaram: *i)* utilização da energia térmica a partir de resíduos de *Chillers*, gerados em unidades hospitalares; *ii)* análise de custo para recuperar microalgas a partir de processos de microfiltração e; *iii)* remoção de arsênio (III) em matrizes aquosa empregando carbono pirolisado como adsorvente.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **PROJETO DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO E CONDICIONAMENTO DE AR UTILIZANDO MEIOS FILTRANTES DE NANOFIBRAS**

Alessandro Estarque de Oliveira

Mônica Lopes Aguiar

Vádila Giovana Guerra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212081>

### **CAPÍTULO 2..... 17**

#### **OBTENÇÃO DE ADIMENSIONAIS PARA O ESTUDO DE *ELECTROSPINNING***

Alessandro Estarque de Oliveira

Mônica Lopes Aguiar

Vádila Giovana Guerra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212082>

### **CAPÍTULO 3..... 33**

#### **CONTROLE INFERENCIAL PARA ESTERILIZAÇÃO DE ALIMENTOS**

Danúbia Lucas Meira Gontijo

Rafael Yuri Medeiros Barbosa

Rubens Gedraite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212083>

### **CAPÍTULO 4..... 47**

#### **PRODUÇÃO DE ÁCIDO CÍTRICO POR *ASPERGILLUS AWAMORI* E INVESTIGAÇÃO DOS EFEITOS DA TEMPERATURA EM SISTEMA DESCONTÍNUO**

Emanuel Souza Barros

José Eduardo Olivo

Deivid Jonathan Souza Barros

Edvan Vinicius Gonçalves

Carlos Hiroaki Missaki Kuwabara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212084>

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **EXTRAÇÃO DE XILOSE E GLICOSE DE *EUCLYPTUS* sp. PRÉ- TRATADOS COM ÁCIDO PERACÉTICO E HIDRÓXIDO DE SÓDIO**

Eduardo de Souza Costa Antunes

Ezequiel Marcelino da Silva

Raquel Marchesan

Adriane Maria Ferreira Milagres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212085>

### **CAPÍTULO 6..... 69**

#### **VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DO CALOR RESIDUAL DOS CHILLERS**

**PARA PROCESSOS DE AQUECIMENTO EM HOSPITAIS**

Breno Wasserstein  
Carlos Eduardo Bonazzola Ribeiro  
Eliandro Barbosa de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212086>

**CAPÍTULO 7..... 86**

**ESTIMATIVA DO CUSTO DE CAPITAL DA MICROFILTRAÇÃO EM UM PROCESSO CONTÍNUO DE RECUPERAÇÃO DE MICROALGAS**

Gilzza Garcia Borges  
Rafael Bruno Vieira  
Thamayne Valadares de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212087>

**CAPÍTULO 8..... 99**

**REMOCIÓN DE ARSÉNICO (III) POR MEDIO DE CARBÓN DE PIROLISIS EN FASE ACUOSA**

Octavio Trejo-Chavero  
Lidia Soriano-Piña  
Cecilia Mercado-Zúñiga  
Juventino Barojas-Huerta  
María Teresa Torres-Mancera  
Raquel Eunice Hernández Ramírez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1182212088>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 104**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 105**

## PRODUÇÃO DE ÁCIDO CÍTRICO POR *ASPERGILLUS AWAMORI* E INVESTIGAÇÃO DOS EFEITOS DA TEMPERATURA EM SISTEMA DESCONTÍNUO

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 12/07/2022

### Emanuel Souza Barros

Universidade Estadual de Maringá –  
Departamento de Engenharia Química  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2247695648565665>  
<https://orcid.org/0000-0001-8266-3200>

### José Eduardo Olivo

Universidade Estadual de Maringá –  
Departamento de Engenharia Química  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3799477144188495>

### Deivid Jonathan Souza Barros

Universidade Federal do Paraná –  
Departamento de Engenharia Química  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1275818197116508>

### Edvan Vinícius Gonçalves

Universidade Estadual de Maringá –  
Departamento de Engenharia Química  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/7303623838871111>

### Carlos Hiroaki Missaki Kuwabara

Universidade Estadual de Maringá –  
Departamento de Engenharia Química  
Maringá – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2455921756597043>

**RESUMO:** Com uma extensa gama de aplicações industriais, o ácido cítrico desperta o interesse

no estudo de sua biossíntese e parâmetros processuais produtivos. Atualmente, o *Aspergillus niger* é o principal fungo para o cultivo cítrico. Neste cenário, o presente estudo avalia a produção cítrica, em sistema descontínuo, pelo *Aspergillus awamori*, investigando a influência da temperatura no meio. Assim, foram conduzidos processos em três temperaturas à 30, 33 e 35°C apresentando uma concentração final cítrica de 9, 6 e 3 g/L, respectivamente. Relativo ao consumo de substrato, para os processos a 30, 33 e 35°C obteve-se reduções de 45, 45 e 85 g/L da alimentação original, nesta ordem. Em se tratando do crescimento fúngico, os processos a 30, 33 e 35°C apresentaram 37, 32 e 30 g/L em sua concentração máxima. Além disso, avaliou-se o pH e a acidez total no meio de cultivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácido Cítrico, *Aspergillus awamori*, *Aspergillus niger*, bioprocessos, fermentação.

### PRODUCTION OF CITRIC ACID BY *ASPERGILLUS AWAMORI* AND INVESTIGATION OF TEMPERATURE EFFECTS IN DISCONTINUOUS SYSTEM

**ABSTRACT:** With an extensive range of industrial applications, citric acid arouses interest in the study of its biosynthesis and production process parameters. Currently, *Aspergillus niger* is the main fungus for citrus cultivation. In this scenario, the present study evaluates citrus production, in a discontinuous system, by *Aspergillus awamori*, investigating the influence of temperature on the medium. Thus, processes were carried out at three different temperatures, 30, 33 and 35°C, presenting a final citrus concentration of 9, 6 and

3 g/L, respectively. Regarding the consumption of substrate, for the processes at 30, 33 and 35°C, reductions of 45, 45 and 85 g/L of the original feed were obtained, respectively. In terms of fungal growth, the processes at 30, 33 and 35°C presented 37, 32 and 30 g/L at their maximum concentration. In addition, pH and total acidity in the culture medium were evaluated.

**KEYWORDS:** Citric Acid, *Aspergillus awamori*, *Aspergillus niger*, bioprocesses, fermentation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Considerado um ácido orgânico essencial e multifuncional, o 2-hidroxypropano-1,2,3-tricarboxílico (Figura 1), de nome usual ácido cítrico, possui tanto uso em aplicações domésticas, bem como industriais, haja vista ser uma molécula versátil, a qual apresenta propriedades acidulantes, flavorizantes, antioxidantes, quelantes e plasticizantes, conforme Nigan (2009).

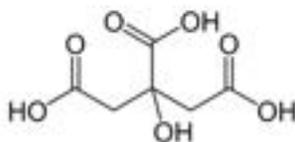


Figura 1: Fórmula estrutural do ácido cítrico.

Fonte: Barros (2018)

Primeiramente, cabe referir que apesar do processo de extração do ácido cítrico, por meio de frutas cítricas, haver dominado o esquema produtivo durante o século XX, na indústria contemporânea há uma ênfase no sistema de produção de cultura submersa, o qual dispõe de processos biotecnológicos, com utilização de microrganismos, normalmente do gênero *Aspergillus* (Figura 2) e que segundo Soccol *et al.* (2006), apresenta rendimento significativamente superior a aqueles obtidos através de síntese química.



Figura 2: (a) conidióforo de *Aspergillus* visualizado através de microscopia. (b) Esquema representativo da estrutura reprodutiva do fungo *Aspergillus*.

Fonte: Adaptado de Abreu (2012).

Relativo à excreção cítrica, este fenômeno ocorre em inúmeros microrganismos, inclusive em bactérias, fungos e leveduras. Classificado como um composto intermediário do metabolismo normal, seu acúmulo é condicionado a um desequilíbrio metabólico, o qual pode ser induzido por fatores externos (temperatura, agitação, etc...), no entanto, de acordo com Kubicek e Röhr (1986), poucas espécies são capazes de secretar quantidades apreciáveis do ácido cítrico.

Neste âmbito, a avaliação de novas espécies para produção de ácido cítrico é de grande relevância industrial, devido à crescente demanda e vasta aplicabilidade. Outrossim, segundo Goldberg *et al.* (2006) e Rymowicz *et al.* (2008) o volume desta produção é crescente, a uma taxa que excede a de qualquer outro ácido orgânico obtido por microrganismo. Destarte, o presente artigo expõe um estudo da utilização do fungo *Aspergillus awamori*, em condições variadas de temperatura, com enfoque na produção de ácido cítrico. Ademais, traz-se uma avaliação sumária da relação entre o parâmetro físico investigado com o crescimento celular, consumo de substrato e o pH.

## 2 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 Efeitos da Temperatura na Produção Cítrica por *Aspergillus awamori*

O microrganismo utilizado foi o *A. awamori* NRRL3112, obtido primariamente na forma liofilizada, e posteriormente submetido à preparação do inóculo. O processo fermentativo foi conduzido no biorreator New Brunswick Scientific modelo Bio Flo III. Afim de precisar os açúcares redutores totais, fora empregado o método DNS modificado, desenvolvido por Zanin e Moraes (1987). Para aferir a concentração celular utilizou-se o método descrito por Olivo (1998). A determinação do ácido cítrico foi realizada em cromatógrafo de fase líquida de alta eficiência (High Pressure Liquid Chromatography, HPLC, Varian 920-LC), sendo operado a coluna analítica Aminex HPX-87H® (300 mm x 7,8 mm) fabricada pela BIORAD®. A acidez total foi analisada segundo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Para mais, detalhes da metodologia de preparo do inóculo, meio de cultivo, biorreator, materiais e métodos específicos podem ser encontrados no trabalho de Barros (2018).

Deste modo, com o propósito de se avaliar a influência da temperatura no processo produtivo de ácido cítrico, realizaram-se processos nas temperaturas de 30, 33 e 35 °C (Figura 3), sob uma condição inicial de substrato de 200 g/L, agitação de 200 rpm e inóculo em 10% do volume inicial do meio a ser cultivado. O tempo total de cultivo foi de, aproximadamente, 300 horas. De maneira que, variou-se apenas a temperatura.

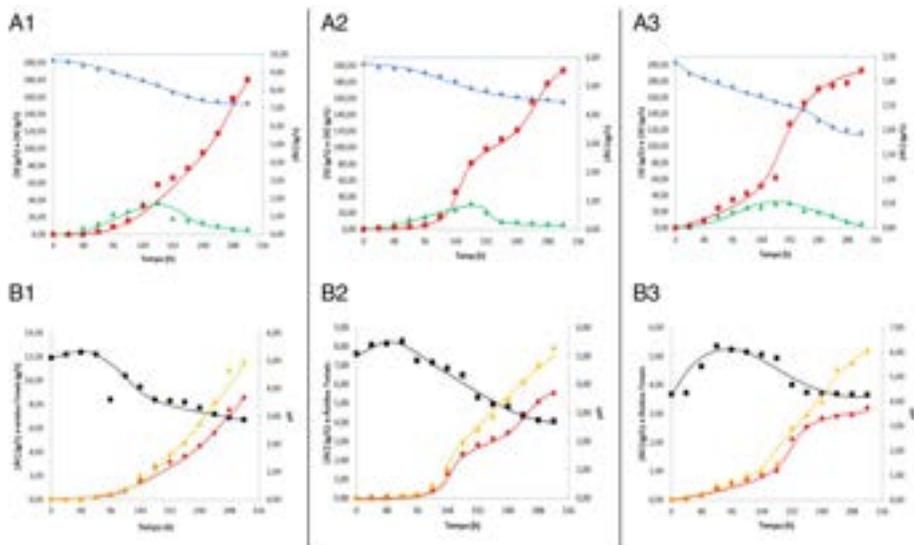


Figura 3 – (A) Produção de ácido cítrico ([ÁC] (■)) por *A. awamori*, consumo de glicose (S (◆)), produção de biomassa fúngica (X (▲)) e (B) correlação entre o ácido cítrico (◆), ácidos totais (▲) e os valores de pH (■). Sendo que, os processos 1, 2 e 3 foram conduzidos à 30, 33 e 35°C, respectivamente.

Referente ao crescimento fúngico, observa-se na Figura 3 (A) que a partir das 168 horas de processo, há uma queda na curva de crescimento decorrente da diminuição da multiplicação celular, embora o biorreator permanecesse em condição de agitação constante, ocorreu acúmulo de células nas zonas mortas e superfície do equipamento, de forma a “reduzir” a concentração celular dispersa no meio. Assim a concentração celular no ponto de máxima desta, isto é, aproximadamente às 168 horas, a 30°C foi de 37 g/L, Figura 3 (A1), a 33°C de 32 g/L, Figura 3 (A2) e a 35°C de 30 g/L, Figura 3 (A3). O comportamento do *A. awamori* mostrou que, próximo a 30°C, Figura 3 (A1), houve um crescimento celular mais acentuado do que em 33 e 35°C, Figura 3 (A2) e (A3), contrariando o que foi identificado por Kolichieski (1995), o qual em seus estudos afirmou que, o cultivo de células fúngicas, em específico do *A. niger*, para a formação do ácido cítrico em temperaturas mais elevadas ocorria rapidamente e com abundante crescimento de micélios.

Relativo ao consumo de substrato, os processos à 30 e 33°C, Figura 3 (A1) e Figura 3 (A2) respectivamente, apresentaram semelhanças nas tendências de suas curvas e redução em suas fontes carbonáceas de 45 g/L, ou seja, 22% do montante original. Diferentemente, o processo à 35°C, Figura 3 (A3), mostrou maior consumo de substrato, da ordem de 85 g/L, isto é, 43% do total alimentado. Desta forma, o *A. awamori* e o *A. niger*, em temperaturas mais elevadas denotaram uma similaridade comportamental, face ao estudado por Kolichieski (1995), o qual refere que a produção cítrica, por *A. niger*, em temperaturas mais elevadas provoca uma alta taxa de oxidação do açúcar e

consequentemente baixa produção do ácido cítrico.

Com relação à produção cítrica, verifica-se que ambas as curvas delineiam um perfil na forma “S” sigmoidal crescente repetida, Figura 3 (A), com dois intervalos, os quais são: primeiro de adaptação, com baixa geração de produtos e o segundo, no qual percebeu-se um incremento significativo na produtividade do ácido cítrico e conseqüente redução no pH do meio, chegando a cerca de 3, valor considerado adequado por Pandey *et al.* (2016). Desta maneira, nos processos à 30°C a concentração cítrica final foi de 9 g/L, Figura 3 (A1), à 33°C uma produção de 6 g/L Figura 3 (A2) e a 35°C obteve-se 3 g/L Figura 3 (A3), sendo que a relação percentual da produção entre o processo à 30°C e à 35°C é de 77% a mais para o primeiro.

Correspondente aos ácidos totais, em todos os processos, mostrados na Figura 3 (B), suas curvas geraram perfis que se assemelham aos da produção do ácido cítrico. Contudo, destaca-se o processo à 35°C Figura 3 (B3), no qual houve maior discrepância entre a curva de ácido cítrico e ácidos totais, o que conforme relatado por Sodeck *et al.* (1981) ocorreu pois, em temperaturas que excedem o limite máximo, observa-se à geração de outros ácidos do ciclo do ácido tricarbóxico, como o oxálico, na produção cítrica.

### 3 | CONCLUSÃO

A respeito do crescimento fúngico, o aumento da temperatura, acima de 30°C, desfavorece o desenvolvimento celular no meio de cultivo. Atinente ao consumo de substrato, ocorre significativo aumento deste com a elevação da temperatura, dentro do espectro estudado, e em conseqüência há o surgimento de outros ácidos do ciclo do ácido tricarbóxico. Em consideração a produção cítrica, pode-se inferir que, em temperaturas mais amenas, próximas de 30°C, há melhores condições de formação do produto. Depreende-se que, em análise comparativa entre *A. awamori* e o *A. niger*, há necessidade de estudo mais abrangente, para que o microrganismo em questão seja competitivo industrialmente.

### REFERÊNCIAS

ABREU, T. Material complementar para o estudo da biologia. **Biologia**, 2012. Disponível em: <<https://fascinantebiologia.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 Abril 2017.

BARROS ES, Estudo cinético da fermentação cítrica em sistema descontínuo a partir de fontes sacaríneas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2018

GOLDBERG I, ROKEM JS, PINES O, Review Organic acids: old metabolites, new. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 81, p. 1601–1611, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglia. São Paulo, 2008.

OLIVO JE, Síntese de glicoamilase por *Aspergillus awamori* sob diferentes condições de manipulação da concentração de oxigênio dissolvido. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 1998.

KOLICHESKI MB, Produção de Ácido Cítrico por Fermentação no Estado Sólido utilizando como substrato Bagaço de Mandioca. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1995.

KUBICEK CP, RÖHR M, Citric acid fermentation. CRC - Critical Reviews in Biotechnology, v. 3, n. 4, p. 331-373, 1986.

NIGAM PS, production of Organic Acids from Agro-Industrial Residues. Biotchnologi for Agro-Industrial Reidues Utilisation, Netherlands, 2009.

PANDEY A, NEGI S, SOCOOL C. R, VANDENBERGHE LPS, RODRIGUES C, CARVALHO JC, MEDEIROS ABP, SOCCOL CR, Production and Application of Citric Acid. In: Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Production, Isolation and Purification of Industrial Products. [S.I.], 2016.

RYMOWICZ W, RYWINSKA A, GLADKOWSKI W, Simultaneous production of citric acid and erythritol from crude glycerol by *Yarrowia lipolytica* Wratistavia K1. Chemical, v. 62, n. 3, p. 239–246, 2008.

SOCCOL CR, VANDENBERGHE LPS, RODRIGUES C, PANDEY A, New perspectives of citric acid production and applications. Food Technology and Biotechnology, v. 44, n. 9, p. 141, 2006.

SODECK G, MODEL J, KOMINEK J, SALZBRUNN W, Production of citric acid according to the submerged fermentation process. Proc. Biochem., v. 3, p. 9-11, 1981.

ZANIN GM, MORAES FF, Tecnologia de Imobilização de Células e Enzimas Aplicada à Produção de Álcool de Biomassas. Relatório nº 2, p. 315-321, 1987.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acetato de celulose (CA) 88

Ácido cítrico 47, 48, 49, 50, 51, 52

Ácido peracético (PAA) 53, 55, 56, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66

Açúcares 49, 53, 57, 58, 64, 66, 67

Agentes porogênicos 97

Álcool polivinílico (PVA) 1, 6, 17

Aquecimento 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 58, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81

*Aspergillus awamori* 47, 48, 49, 52

Autoclave 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46

### B

Biomassa 50, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 87

Biorreator 49, 50

### C

Carbón 99, 100, 101, 102, 103

Células fúngicas 50

Centrifugação 86, 87, 89, 96

*Chiller* 69, 70, 72, 73, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Cinzas 58, 59

Combustível fóssil 69, 70, 71, 72, 83, 84

Condensador 70, 72, 73, 74, 75, 80, 82, 83

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) 57, 61

### D

Desaeração 34, 37

Deslignificação 53, 55, 60, 65, 67

### E

Ecossistemas 87

Efeito estufa 69, 70

Eficiência energética 69, 70

*Electrospinning* 1, 2, 6, 17, 18, 19, 22, 28, 30, 31, 32

Energia elétrica 69, 71, 77, 78, 80, 81

Energia térmica 81

Enzimas 3, 52, 53, 54, 55, 58, 63, 64, 65, 67, 87

Escala de bancada 86, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

Esterilização 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 46

Etapa de exaustão 36

*Eucalyptus* 53, 54, 55, 56, 67

## F

Filtração 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 17, 18, 19, 22, 23, 27, 28, 30, 60, 65, 87, 88, 89, 90, 94, 97

Floculação-sedimentação 86, 87, 89, 96

Fungos 2, 49, 55, 64

## G

Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) 69, 71, 77

Glicana 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64

Glicose 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

Gravimetria 57

## H

Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) 1

Hemicelulose 53, 54, 55, 63, 64, 67, 68

Hidrólise 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67

High Efficiency Particulate Arrestance (HEPA) 2

## I

Indústria de alimentos 33, 35

## L

Lacase 53, 55, 56, 58, 65

Lignina 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 68

Lignocelulósicos 53, 54, 55

## M

Madeira 53, 61

Manômetro 37, 90

Mecanismo de *fouling* 88

Meio ambiente 69, 70, 72  
Membrana 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97  
Microalgas 86, 87, 88, 89, 90, 93, 96, 97  
Microfiltração 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98  
Microrganismo 34, 49, 51  
Minimum Efficiency Reporting Values (MERV) 1, 2, 3, 5  
Modelo matemático 34, 39, 40, 45, 46  
Monômero 62

## **N**

Nanofibras 1, 3, 6, 9, 13, 17, 18, 19, 22, 23  
Nanopartículas 1, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 17, 18, 19, 24

## **O**

Organização Mundial de Saúde (OMS) 1, 3, 9

## **P**

Pirolisis 99, 100, 101, 102, 103  
Polímero 6, 18, 19, 23, 24, 60  
Processamento térmico 34, 35, 39, 46  
Processos industriais 33  
Produto alimentício 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45

## **R**

Reaproveitamento 53  
Rejeito térmico 70, 72  
Remoción 99, 100, 101, 102  
Resfriamento 33, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 81, 83

## **S**

Separação gás-sólido 18  
Serragem 56, 57, 59, 64  
Solvente 18, 19, 22  
Substrato 47, 49, 50, 51, 52, 53, 59

## **T**

Temperatura 3, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 49, 51, 53, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 63, 66, 67, 69, 73, 74, 75, 76, 80, 88

Termômetro 37, 38

## **V**

Volatile Organic Compounds (VOCs) 2

## **X**

Xilana 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

Xilose 53, 55, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 65, 66, 67

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

# ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos  
processos e produtos 2

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

# ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos  
processos e produtos 2