



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
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

Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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)	
P964	A produção do conhecimento na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-747-5 DOI 10.22533/at.ed.475190611 1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. CDD 660.76
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Química, devido preocupação em desenvolver produtos e processos de produção, é responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características. A manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos é o foco da Engenharia Química. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementar processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

O mercado de trabalho na área da Engenharia Química volta-se, por exemplo, para as áreas de energias renováveis (biocombustíveis), para a extração de óleos vegetais e para a produção de ração animal. Há espaço nas indústrias de tintas prediais e automotivas (máquinas agrícolas), nas indústrias têxteis, de cosméticos e higiene pessoal, assim como nas indústrias de tratamento de superfícies metálicas e não metálicas. Os profissionais também podem atuar nas indústrias de transformação dos polímeros, de gemas e joias, de erva-mate, frigoríficas e em laticínios, bem como nas indústrias farmacêuticas e de medicamentos.

Neste volume, organizado para você, apresentamos a produção de conhecimento na Engenharia Química através da realização de pesquisas diversas que abrangem desde nanomateriais na indústria de fármacos, métodos para degradação de poluentes, recuperação e purificação de compostos tanto de origem orgânica ou inorgânica, métodos de adsorção de corantes, até síntese de materiais, como óxido de grafeno e zeólita sodalita, por questões ambientais e energéticas.

Com base nestes trabalhos, convidamos você a aprimorar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, métodos e técnicas, mostrando a produção de conhecimento na área bem como o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
NANOMATERIAIS NA INDÚSTRIA DE FÁRMACOS	
Marlucia Ribeiro Barbosa Bourguignon	
Mariana César	
Iara Sperandio	
Damaris Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.4751906111	
CAPÍTULO 2	11
PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES PARA DEGRADAÇÃO DOS HORMÔNIOS 17 β -ESTRADIOL E 17 α -ETINILESTRADIOL	
Ramiro Picoli Nippes	
Sérgio Ursulino Junior	
Tháisa Frossard Coslop	
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante	
DOI 10.22533/at.ed.4751906112	
CAPÍTULO 3	22
MICROENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS: CONCEITOS E APLICAÇÕES	
Lidiane Diniz do Nascimento	
Márcia Moraes Cascaes	
Kauê Santana da Costa	
Eloisa Helena de Aguiar Andrade	
Elisângela Lima Andrade	
Cristiane Maria Leal Costa	
Lênio José Guerreiro de Faria	
DOI 10.22533/at.ed.4751906113	
CAPÍTULO 4	36
ANÁLISE TERMODINÂMICA DA FORMAÇÃO DE HIDROGÊNIO E GÁS DE SÍNTESE AO LONGO DA REAÇÃO DE GASEIFICAÇÃO COM ÁGUA SUPERCRÍTICA DO GLICEROL	
Julles Mitoura dos Santos Junior	
Annamaria Doria Souza Vidotti	
Reginaldo Guirardello	
Antônio Carlos Daltro de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.4751906114	
CAPÍTULO 5	49
PERFORMANCE OF A CYCLONE ADAPTED WITH WATER SPRAYERS	
Ana Clara Alves Justi	
Gabriel Henrique Justi	
Mônica Lopes Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.4751906115	

CAPÍTULO 6 62

SISTEMAS AQUOSOS BIFÁSICOS: UMA PLATAFORMA PARA A EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DE COMPOSTOS

Luan Vittor Tavares Duarte de Alencar
Laís Maria Santos Passos
Ricardo Porto Santos
Cleide Mara Faria Soares
Álvaro Silva Lima
Ranyere Lucena de Souza

DOI 10.22533/at.ed.4751906116

CAPÍTULO 7 75

AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO DE ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM BIOCARVÃO PREPARADO POR PIRÓLISE DE CASCA DE EUCALIPTO

Lucas Destefani Paquini
Ueslei Giori Favero
Ruan de Oliveira Alves
Cynthia Pereira dos Santos
Jean Cota Coura
Renato Ribeiro Passos
Luciene Paula Roberto Profeti
Demetrius Profeti

DOI 10.22533/at.ed.4751906117

CAPÍTULO 8 85

INFLUÊNCIA DA AGITAÇÃO, pH E TEMPERATURA NO ESTUDO DA CINÉTICA E EQUILÍBRIO DE ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO CONGO

Priscila Pereira Silva
Bruno Henrique Peressin Lanzoni
Evandro Roberto Alves

DOI 10.22533/at.ed.4751906118

CAPÍTULO 9 99

TINGIMENTO DE POLIAMIDA ADICIONANDO β -CICLODEXTRINA AO BANHO DE TINGIMENTO

Ana Luísa Alves Musialak
Bruna Thaisa Martins Ferreira
Washington Luiz Félix Santos

DOI 10.22533/at.ed.4751906119

CAPÍTULO 10 106

PREPARAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFITE PARA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS $\text{Cu@TiO}_2/\text{RGO}$ UTILIZADOS COMO FOTOCATALISADORES

Jean César Marinozi Vicentini
Eduardo Sbardellati Barbieri
Gimerson Weigert Subtil
Nathalia Caputo da Silva
Fernanda Ribeiro Gaspar Branco da Silva
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

DOI 10.22533/at.ed.47519061110

CAPÍTULO 11 118

SÍNTESE DE ZEÓLITA TIPO SODALITA A PARTIR DA CINZA VOLANTE

Emerson Cardoso Rodrigues
José Antônio da Silva Souza
Emanuel Negrão Macêdo
Carlos Augusto da Rocha Junior
Alice dos Prazeres Pinheiro
Romero Moreira de Oliveira
Dilson Nazareno Pereira Cardoso
Wenderson Gomes dos Santos
Bruno Maués Farias

DOI 10.22533/at.ed.47519061111

SOBRE A ORGANIZADORA..... 132

ÍNDICE REMISSIVO 133

SISTEMAS AQUOSOS BIFÁSICOS: UMA PLATAFORMA PARA A EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DE COMPOSTOS

Luan Vittor Tavares Duarte de Alencar

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - PEP,
Aracaju – Sergipe

Laís Maria Santos Passos

Universidade Tiradentes, Curso de Engenharia Ambiental,
Aracaju – Sergipe

Ricardo Porto Santos

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos - PEP,
Aracaju – Sergipe

Cleide Mara Faria Soares

Universidade Tiradentes, Instituto de Tecnologia e Pesquisa – ITP
Aracaju – Sergipe

Álvaro Silva Lima

Universidade Tiradentes, Instituto de Tecnologia e Pesquisa – ITP
Aracaju – Sergipe

Ranyere Lucena de Souza

Universidade Tiradentes, Instituto de Tecnologia e Pesquisa – ITP
Aracaju – Sergipe

RESUMO: Novos avanços na engenharia de processos abriram numerosas possibilidades para a produção em larga escala de muitos bioprodutos e, mais recentemente metodologias eficientes de recuperação e purificação de

de compostos tanto de origem orgânica ou inorgânica, tais como proteínas, enzimas, antibióticos, corantes, íons metálicos, etc. O uso de sistemas aquosos bifásicos é uma técnica de separação líquido-líquido descrita por ter uma elevada seletividade para um análio de interesse, biocompatibilidade e facilmente scale-up. Nesse contexto, o presente capítulo aborda o uso sistemas aquosos bifásicos, desde seu conceito, passando por sua caracterização com ênfase nos diagramas de fases, até sua aplicação para a recuperação ou purificação de compostos de interesse.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas aquosos bifásicos; recuperação; purificação; compostos de interesse.

AQUEOUS BIPHASIC SYSTEMS: A PLATFORM FOR EXTRACTION AND PURIFICATION OF COMPOUNDS

ABSTRACT: New advances in process engineering have opened up numerous possibilities for the large scale production of many bioproducts and, more recently, efficient methodologies for the recovery and purification of both organic and inorganic compounds such as proteins, enzymes, antibiotics, dyes, metal ions, etc. The use of aqueous biphasic systems is a liquid-liquid separation technique described

for having high selectivity for an analyte of interest, biocompatibility and easily scale-up. In this context, this chapter discusses the use of biphasic aqueous systems, from its concept, through its characterization with emphasis on phase diagrams, until its application for the recovery or purification of compounds of interest.

KEYWORDS: aqueous biphasic systems; recovery; purification; compounds of interest.

1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas aquosos bifásicos (SABs) são conhecidos desde o final do século XIX, quando Martinus Beijerinck em 1886 observou a separação espontânea em duas fases líquidas e lípidas ao misturar soluções aquosas de gelatina com ágar ou amido solúvel. A partir desta observação, apenas na década de 50 que Albertsson evidenciou para a comunidade científica a grande potencialidade da aplicação desta técnica para separar biomoléculas em meio aquoso (ALBERTSSON; TJERNELD, 1990; BAGHLANI; SADEGHI, 2018).

Os SABs são constituídos pela combinação de dois diferentes compostos em meio aquoso que, acima de certas concentrações, formam duas fases líquidas que coexistem em equilíbrio. Cada fase do sistema torna-se enriquecido com um dos compostos, originando duas fases aquosas de natureza química e física diferentes, conduzindo a migração das biomoléculas para uma das fases por afinidade (ALBERTSSON; TJERNELD, 1990; PEREIRA et al., 2015). Segundo Alvarenga et al. (2015) e Ventura et al. (2013), as principais vantagens destes sistemas estão associados:

- Com o elevado conteúdo de água nas fases permitindo a separação de biomoléculas de diversas origens em condições não-desnaturantes;
- Favorável seletividade – SABs podem ser manipulados (constituintes, concentração, adição de adjuvantes, condições de operação, etc.) para uma adequada purificação;
- Baixo custo, devido ao uso de constituintes menos onerosos e simplicidade no aparato tecnológico;
- Possibilidade de reutilização de seus constituintes.

Aplicações eficientes de SABs dependem além das propriedades dos compostos a serem extraídos ou purificados, dos constituintes que formam os sistemas. A capacidade em manipular as propriedades das fases é dependente dos constituintes, pelo qual é determinante para se obter alta seletividade e uma separação adequada. Para este propósito, os constituintes devem ser cuidadosamente selecionados, considerando a capacidade em formar duas fases aquosas imiscíveis, promovida pela adição de compostos solúveis em água. Atualmente, uma série de compostos, tais como os polímeros, sais orgânicos e inorgânicos, solventes orgânicos, açúcares, líquidos iônicos e solventes eutéticos profundos estão disponíveis para o uso em SABs (BAGHLANI; SADEGHI, 2018; BORGES et al. 2016; FERREIRA et al., 2014).

2 | DIAGRAMA DE FASES

As composições dos SABs são representadas por diagramas de fases, os quais expressam as concentrações dos componentes do sistema. Para os sistemas de duas fases aquosas, em que a concentração de água é bastante elevada (40 – 80 %, m/m) costuma-se utilizar a forma de eixo cartesiano para representá-lo (Figura 1), excluindo-se a composição de água. Nestes diagramas pode ser observada a composição química das duas fases que se encontram em equilíbrio termodinâmico, os quais são expressos em diferentes unidades correspondentes às frações molares ou mássicas. Entretanto, os autores geralmente comparam a eficiência ou os rendimentos de extração em função das composições de mistura (em termos mássicos) entre os SABs (FREIRE et al., 2012; ZASLAVSKY, 1995).

Nestes sistemas, a composição total da mistura dos componentes é representada pelo ponto de mistura (M) (Figura 1 (b)). A mistura separa-se em duas fases, que contêm as frações dos constituintes formadores. As composições destas duas fases são representadas pelos pontos da fase de topo (T) e da fase de fundo (F). A união destes pontos forma a linha de amarração, ou *tie-lines* (TL). A partir da união dos pontos extremos de cada linha de amarração forma-se a curva binodal, a qual separa o diagrama em duas regiões, acima da curva binodal tem-se a região bifásica e abaixo a monofásica. O ponto P_c é definido como ponto crítico, em que neste ponto a composição e o volume das fases coexistentes são iguais e podem fornecer coeficientes de partição igual a 1 (FREIRE et al., 2012; GLYK et al., 2014; ZASLAVSKY, 1995).

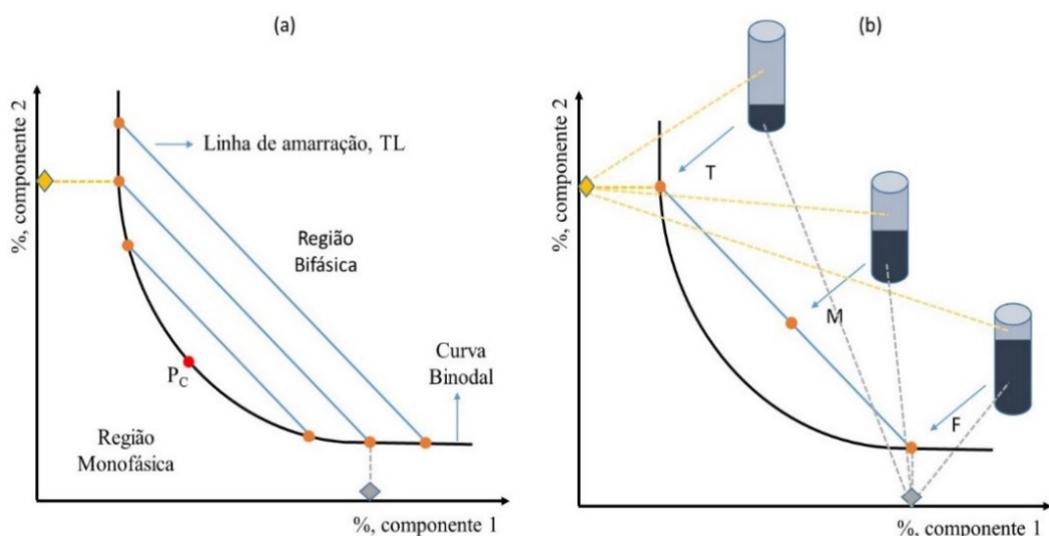


Figura 1: Diagrama de fases para um SAB. (a): —, curva binodal; —, linha de amarração (TL); ●, ponto crítico - P_c . Acima da curva binodal o sistema é bifásico abaixo dela o sistema é monofásico; (b): Três sistemas (tubos em azul) pertencentes à mesma linha de amarração. As composições das fases superiores e inferiores são representadas.

As curvas binodais podem ser determinadas por diferentes métodos. A

utilização da cromatografia líquida de alta eficiência é o mecanismo mais preciso para a determinação da composição das fases que formam o SAB (ALBERTSSON; TJERNELD, 1990). Por outro lado, um método bastante utilizado devido a simplicidade e rapidez baseia-se em um processo de titulação entre os componentes que formam os sistemas, porém esse método é baseado na observação visual de mudança das fases, o que pode aumentar o grau de incerteza da determinação. No entanto, este método é extensivamente o mais utilizado e comumente chamado método de titulação do ponto de turvação, ou do inglês “*cloud-point titration*” (GLYK et al., 2014). O procedimento experimental consiste em duas etapas principais: (i) adição gota a gota de uma solução aquosa contendo o componente 1 (agente *salting-out*) em uma solução aquosa contendo o componente 2 (ou o componente em seu estado puro) até que uma solução turva e bifásica ou vice-versa seja observada (Figura 2 (a)); (ii) adição gota a gota de água, até a formação de uma solução transparente e límpida que corresponde ao regime monofásico (Figura 2 (b)). As composições dos sistemas são determinadas pela quantificação da massa.

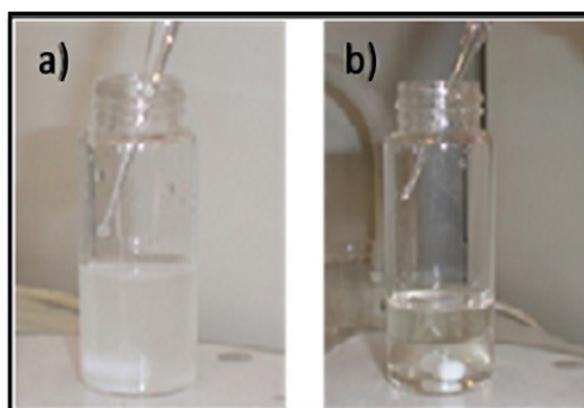


Figura 2: Ilustração da determinação experimental da curva binodal para os sistemas aquosos PEG – sal, a 25 °C: a) adição de uma solução aquosa de sal para a formação de uma mistura turva; b) adição de água para a formação de uma mistura límpida.

Para correlacionar os pontos experimentais que descrevem os diagramas de fases dos sistemas, o modelo matemático proposto por Merchuk et al. (1998) é mais comumente utilizado (Equação 1).

$$w_1 = A \exp[(Bw_2^{0.5}) - (Cw_2^3)] \quad (1)$$

Em que: w_1 e w_2 são as percentagens em fração de massa do componente 1 e do componente 2, respectivamente. Os parâmetros de ajuste A , B e C são obtidos pela regressão dos mínimos quadrados.

As *tie-lines* (TL) são comumente determinadas pelo método de Merchuk et al. (1998), que consiste na seleção de um ponto dentro da região bifásica (ponto M, na Figura 1(b)). A mistura é pesada e misturada cuidadosamente, após atingir o equilíbrio, as fases de topo e fundo são separadas e pesadas. Cada TL individual será determinada pela aplicação de regra da alavanca na relação entre a composição mássica da fase de topo e do sistema global. A determinação da TL é acompanhada pela resolução das Equações 2 a 5.

$$Y_T = (Y_M/\alpha) - ((1 - \alpha)/\alpha)Y_F \quad (2)$$

$$X_T = (X_M/\alpha) - ((1 - \alpha)/\alpha)X_F \quad (3)$$

$$Y_T = f(X_T) \quad (4)$$

$$Y_F = f(X_F) \quad (5)$$

Em que: $f(X)$ é a função que representa a binodal, o subscripto M, T e F denotam a mistura, fase de topo e fase de fundo, respectivamente. O valor de α é a razão entre a massa de topo e da massa total da mistura.

O comprimento da linha de amarração (usualmente referido como TLL, do inglês *Tie Line Length*) é um importante parâmetro termodinâmico, geralmente utilizado como variável determinante dos processos de partição. O comprimento da linha de amarração pode ser calculado aplicando a Equação 6 (MALPIEDI et al., 2009).

$$TLL = [(\Delta w_1)^2 + (\Delta w_2)^2]^{0,5} \quad (6)$$

Em que: Δw_1 e Δw_2 são as diferenças de concentração do componente 1 e 2 entre as fases, respectivamente.

Geralmente, para descrever a migração do soluto entres as fases coexistentes de um SAB uma grandeza adimensional chamada de coeficiente de partição (K) é utilizada, o qual assume o valor numérico da proporção entre as concentrações da molécula alvo na fase superior (topo) e fase inferior (fundo) do sistema (Equação 7). A determinação das recuperações da molécula alvo (associado à eficiência de extração – EE , %) nas fases de topo (R_T) e fundo (R_F), também são comumente utilizados para avaliar a eficiência dos SABs (Equação 8 e 9). Já o fator de purificação (PF) das moléculas é calculado pela razão da atividade específica depois (SA) e antes (SA_i) do procedimento de extração (Equação 10). Estes parâmetros são os principais mecanismos para avaliar a capacidade em particionar, recuperar ou purificar compostos em SABs (VENTURA et al., 2013).

$$K = \frac{[C_T]}{[C_F]} \quad (7)$$

$$R_T = 100 / \left(1 + \left(\frac{1}{R_V K}\right)\right) \quad (8)$$

$$R_B = 100 / (1 + R_V K) \quad (9)$$

$$PF = \frac{SA}{SA_i} \quad (10)$$

Em que: RV é a razão volumétrica entre as fases (VT é o volume da fase de topo – mL e VF é o volume da fase de fundo – mL).

3 | FATORES QUE INFLUENCIAM A PARTIÇÃO EM SABS.

Nos SABS diversos fatores influenciam a distribuição desigual dos compostos entre as duas fases, a qual é resultante de um complicado e delicado balanço de interações entre a molécula alvo e as outras espécies presentes nas duas fases que coexistem em equilíbrio. As propriedades físico-químicas inerentes às composições das fases, tais como, hidrofobicidade, cargas na superfície, concentração dos constituintes e entre outros, são normalmente responsáveis pela partição das moléculas em SABS. Entretanto, nem todas essas propriedades são igualmente importantes, mas estas podem ser manipuladas para se obter um melhor desempenho de separação. (ALBERTSSON, 1986; ASENJO; ANDREWS, 2012).

4 | EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DE COMPOSTOS ATRAVÉS DE SABS

O uso de SABS tem sido satisfatoriamente estudado há mais de 50 anos, para a separação e purificação de moléculas biológicas, tais como DNA, proteínas, enzimas, alcaloides, antibióticos entre outros, e também compostos de origem não orgânica, como os íons metálicos e corantes (ALBERTSSON; TJERNELD, 1990; BAGHLANI; SADEGHI, 2018).

4.1 Extração e purificação de compostos bioativos

Os compostos bioativos podem ser caracterizados como sendo moléculas, compostos ou nutrientes presentes em vegetais (plantas) que possuem ação metabólica ou fisiológica específica provendo benéficos para a saúde humana. Estes compostos, por sua vez, exercem nas plantas proteção contra macro e micro-organismos, e incluem, os alcaloides, terpenos, esteroides e compostos fenólicos, que podem atuar como antioxidantes. A bioatividade desses compostos os fazem serem altamente recomendados/utilizados na prevenção e controle de algumas doenças, conservação de alimentos e uso em cosméticos (GECHEV et al., 2014).

A atividade antioxidante característica destes compostos é determinada pela habilidade de neutralizar radicais livres por doação de átomos de hidrogênio ou elétrons, ou complexar cátions metálicos, o que está associado à presença de grupos hidroxila da molécula. Estudos sugerem que, os compostos bioativos de extratos vegetais podem ser utilizados em formulações para prevenção e tratamento dos danos causados pelos radicais livres, desta forma são considerados de grande importância fisiológica e morfológica em plantas. Os compostos fenólicos estão presentes em todos os órgãos das plantas, sendo abundantes em legumes, frutas, grãos, vegetais como também encontrados no chocolate, vinho tinto, azeite de oliva, chá verde e café (ZHENG; WANG, 2001).

Atualmente, os antioxidantes apresentam uma relevância elevada numa vasta gama de aplicações utilizadas pela indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. No entanto, para a utilização de antioxidantes em quantidades eficazes, é necessário sintetizá-los quimicamente, que pode acarretar problemas devido à sua origem não natural, ou extraí-los das suas fontes naturais (biomassa). Os métodos convencionais (a base de solventes orgânicos) para a extração e posterior purificação de antioxidantes são normalmente dispendiosos e não atendem aos princípios da química verde. Técnicas alternativas de extração e separação de biocompostos como a extração realizada com fluido supercrítico e a utilização do ultrassom, exigem temperaturas e pressões elevadas, além de equipamentos modernos e sofisticados, tornando o processo de extração oneroso e mais complexo (ZUÑIGA et al., 2003).

Ao escolher a técnica de extração e purificação, deve-se levar em consideração o custo-benefício das alternativas disponíveis. O objetivo deve ser encontrar métodos eficazes, com alta eficiência, porém simples e de baixo custo. Nesse sentido, uma biosseparação utilizando SABs é aconselhável na purificação de biomoléculas, pois permite separação seletiva, boa biocompatibilidade e relação custo-benefício favorável (VENTURA et al., 2013). A Tabela 01 mostra alguns exemplos de SABs para extração de compostos bioativos.

Aplicação	Constituintes do SAB	
	Componente 1	Componente 2
Extração de biomoléculas de aminoácidos, corantes alimentares e alcaloides (L-triptofano e rodamina, β -caroteno e cafeína)	Líquidos iônicos Derivados do fosfônio	Sal <i>Fosfato de potássio</i>
Extração de compostos fenólicos (vanilina e ácido gálico)	Líquidos iônicos Derivados do fosfônio Derivados do imidazólio	Sais <i>Fosfato de potássio</i> <i>Sulfato de Sódio</i>
Extração de ácido gálico, vanilina, ácido vanílico e ácido siríngico	Líquidos iônicos <i>Derivados do fosfônio</i> <i>Derivados do imidazólio</i> <i>Derivados de colina</i>	Polivinilpirrolidona Álcool polivinílico
Extração de capsaicina a partir da pimenta de <i>Capsicum frutescens</i>	Acetonitrila	Líquidos iônicos <i>Derivados de colina</i>
Extração de aminoácidos (L-tirosina e L-triptofano), antimicrobiano (tetraciclina) e alcaloide (cafeína)	Metanol, etanol, 1-propanol e 2-propanol	Sais <i>Fosfato de potássio dibásico anidro</i> <i>Fosfato de potássio monbásico anidro</i> <i>Fosfato de potássio</i>
Extração de antioxidantes (ácido ascórbico, ácido gálico, vanilina, rutina e malvidina) presentes em resíduos agroindustriais de frutas tropicais (acerola, goiaba e jamelão)	Metanol, etanol, 1-propanol e 2-propanol	Sais <i>Fosfato de potássio dibásico anidro</i> <i>Fosfato de potássio monbásico anidro</i> <i>Fosfato de potássio</i>

Tabela 01: Sistemas aquosos bifásicos aplicados para a extração e purificação de compostos bioativos.

Quando comparada a outras técnicas de separação, SABs apresentam vantagens como: rápida operação e altos rendimentos. Nos últimos anos, os SABs utilizando diferentes constituintes têm revelado um enorme potencial em processos de separação e purificação de compostos fenólicos, mantendo as suas características funcionais intactas (VENTURA et al., 2013; ZHANG et al., 2015).

4.2 Extração de corantes

Corantes são compostos orgânicos que dão cor aos materiais e são amplamente utilizados em diversas indústrias, tais como têxteis, cosméticos, papel e indústrias de plástico (AKSU, 2005). Na atualidade, estima-se que há mais de 100 mil diferentes corantes comercialmente disponíveis (ABDI et al., 2017). Esses compostos são uns dos principais poluentes da água descarregados das indústrias, uma vez que são estimados que por ano mais de 7×10^5 toneladas de águas residuais com corantes são geradas por várias indústrias em todo o mundo (ZAMORA-GARCIA et al., 2018).

Os efeitos do descarte inadequado desses efluentes podem ter impactos significativos no meio ambiente e na saúde humana. A presença de corantes em

corpos hídricos pode causar a formação de uma camada visível na superfície d'água, interferindo na penetração de luz solar e conseqüentemente nos processos de fotossíntese, que pode desencadear danos as comunidades aquáticas presentes no ecossistema (PATRA et al., 2018.) Efluentes contendo corantes descartados inadequadamente podem também afetar a saúde humana, causando queimadura ocular, dificuldade respiratória, náuseas e vômitos (KATHERESAN et al., 2018).

Uma das principais fontes dessas águas residuais é a indústria têxtil, o qual envolve o consumo de vários tipos de corantes (KATHERESAN et al., 2018). Em vista das legislações e regulamentos cada vez mais rigorosos, as indústrias associadas necessitam de tratamentos eficazes para os efluentes industriais carregados de corantes antes de liberá-los no meio ambiente (LIU et al., 2014).

Diante disso, vários métodos (físicos, químicos e biológicos) de tratamento de efluentes destinados a remoção ou degradação de corantes são propostos (PATRA et al., 2018). No entanto, a maioria dos métodos de tratamento possuem limitações, entre as quais, taxas de degradação lenta e custos elevados dos processos. Em virtude disso, métodos novos e eficientes que sejam economicamente viáveis são necessários para a remoção de corantes de efluentes industriais (ALVARENGA et al., 2015).

Nesse contexto, o uso de sistemas aquosos bifásicos pode ser uma alternativa aos métodos convencionais com boa perspectiva de aplicação real. Nas últimas décadas, esses sistemas foram introduzidos como uma opção promissora para a remoção de corantes de matrizes aquosas devido a suas vantagens já mencionadas (BORGES *et al.*, 2016). A Tabela 02 retrata exemplos reportados na literatura de SABs utilizados na recuperação de corantes, demonstrando altas eficiências de extração, o que evidencia que este método pode ser satisfatoriamente utilizado para a recuperação de diferentes corantes a partir de meios aquosos.

Corante	Tipo de SAB	Componente 1	Componente 2	EE (%)	Referência
Amarelo ouro Remazol RNL	Polímero - Sal	PEG 1500	Li ₂ SO ₄	100	(ALVARENGA et al., 2015)
Amaranto	SEP – Sal	[PPG 400]:[N ₄₄₄₄] Br	Na ₂ CO ₃	98	(ZHANG et al., 2018)
Amarelo do sol FCF	SEP – Sal	[PPG 400]:[N ₄₄₄₄] Br	Na ₂ SO ₄	95	(ZHANG et al., 2018)
Sudan III	Sal – LI	C ₆ H ₅ K ₃ O ₇	[P ₄₄₄₄]Cl	100	(FERREIRA et al., 2014)
Laranja II	Sal – LI	Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇	[C ₄ bim][dca]	99,4	(DIMITRIJEVIĆ et al., 2019)
Azul brilhante Remazol R	Sal – LI	K ₃ PO ₄	[C ₄ bim]Br	98	(DIMITRIJEVIĆ et al., 2019)

Preto Ácido 48	Surfactante - LI	<i>Tween 20</i>	[Ch][Bit]	99	(ESCUADERO et al., 2019)
Preto Reativo 5	Surfactante - LI	<i>Tween 20</i>	[Ch][Bit]	98,1	(ESCUADERO et al., 2019)
Azul brilhante Remazol R	Solvente orgânico - Sal	2-propanol	(NH ₄) ₂ SO ₄	97,2	(SANGLARD et al., 2018)
Verde malaquita	Polímero - Sal	PEO 1500	Na ₂ C ₄ H ₄ O ₆	99,9	(BORGES et al., 2016)
Azul de metileno	Polímero - Sal	PEO 400	Na ₂ SO ₄	99,74	(BORGES et al., 2016)
Vermelho Reativo 195	Polímero - Sal	PEO 400	Na ₂ SO ₄	99,76	(BORGES et al., 2016)
Ácido cloranílico	Sal – LI	C ₆ H ₅ K ₃ O ₇	[P ₄₄₄₄]Br	100	(FERREIRA et al., 2014)
Azul índigo	Sal – LI	C ₆ H ₅ K ₃ O ₇	[P ₄₄₄₄]Cl	100	(FERREIRA et al., 2014)
Corantes Vermelhos Natural	Sal – LI	Tampão de citrato	[N ₄₄₄₄]Br	98	(VENTURA et al., 2013)
Pigmento Azul (PB29)	SEP - Polímero	[C ₂ H ₄ O ₃]:[Ch]Cl	PPG 400	100	(PASSOS et al., 2016)

Tabela 02: Eficiência de extração (EE) na remoção de corantes a partir de meio aquosos utilizando SABs. LI- líquido iônico; SEP - solventes eutéticos profundos.

CONCLUSÃO

Sistemas aquosos bifásicos podem ser vistos como um processo alternativo à ser aplicado para a extração e purificação de biomoléculas, como também compostos de origem não orgânica. Este sistemas apresentam vantagens que incluem uma rápida separação de fases, alta eficiência de extração, baixa viscosidade, alta polaridade, baixo custo e fácil reciclagem. Porém é importante ressaltar que para o desenvolvimento de um processo eficiente de extração, é necessário encontrar uma combinação adequada entre os constituintes do sistema.

Portanto, viabilizar a purificação de compostos bioativos a partir de uma biomassa, tais como compostos fenólicos, devem ser considerados por indústrias do ramo farmacêutico, alimentício ou biotecnológico. Especialmente agentes antioxidantes que são promotores da saúde, e podem ser utilizados como aditivos alimentícios naturais com menos efeitos colaterais possíveis, características indesejáveis estas que são observadas nos atuais antioxidantes sintéticos empregados.

Além disso, tendo em vista que os corantes são uns dos principais poluentes da água descarregados das indústrias, este capítulo mostrou a capacidade dos SABs como uma alternativa promissora para a removê-los de matrizes aquosas, mostrando a eficiência desse método. Dessa forma, o potencial de aplicação dessa tecnologia é inerente aos resultados de eficiência de remoção, com o ajuste para interação de acordo com a seleção adequada dos constituintes.

REFERÊNCIAS

- ABDI, J.; VOSSOUGH, M.; MAHMOODI, N. M.; ALEMZADEH, I. Synthesis of Metal-Organic Framework Hybrid Nanocomposites Based on GO and CNT with High Adsorption Capacity for Dye Removal. **Chemical Engineering Journal**, v. 326, p. 1145-1158, 2017.
- ALBERTSSON, P.A. **Partition of Cell Particles and Macromolecules**. 3^a ed. Nova York: Wiley, 1986. 346p.
- ALBERTSSON, P.A.J.G.; TJERNELD, F. **Aqueous Two-Phase Separations**. Nova York: Marcell Dekker, 1990.
- ALVARENGA, J. M.; FIDELES, R. A.; SILVA, M. V.; MURARI, G. F.; TAYLOR, J. G.; LEMOS, L. R.; RODRIGUES, G. D.; MAGESTE, A. B. Partition Study of Textile Dye Remazol Yellow Gold RNL in Aqueous Two-Phase Systems. **Fluid Phase Equilibria**, v. 391, p. 1-8, 2015.
- ASENJO, J. A.; ANDREWS, B. A. Aqueous two-phase systems for protein separation: Phase separation and applications. **Journal of Chromatography A**, v. 1238, p. 1-10, 2012.
- AKSU, Z. Application of Biosorption for the Removal of Organic Pollutants: A Review. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 3-4, p. 997-1026, 2005.
- BAGHLANI, M.; SADEGHI, R. The Capability of Tetra Alkyl Ammonium Bromides for Aqueous Biphasic Systems Formation with Both Polymers and Electrolytes in Aqueous Solutions. **Fluid Phase Equilibria**, v. 465, p. 34-47, 2018.
- BORGES, G. A.; SILVA, L. P.; PENIDO, J. A.; LEMOS, L. R.; MAGESTE, A. B.; RODRIGUES, G. D. A Method for Dye Extraction Using an Aqueous Two-Phase System: Effect of Co-Occurrence of Contaminants in Textile Industry Wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 183, p. 196-203, 2016.
- DIMITRIJEVIĆ, A.; JOCIĆ, A.; ZEC, N.; TOT, A.; PAPOVIĆ, S.; GADŽURIĆ, S.; VRANEŠ, M.; TRTIĆ-PETROVIĆ, T. Improved single-step extraction performance of aqueous biphasic systems using novel symmetric ionic liquids for the decolorisation of toxic dye effluents, **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 76, p. 500-507, 2019.
- ESCUADERO, N.; DEIVE, F. J.; SANROMÁN, M. A. ÁLVAREZ, M. S.; RODRÍGUEZ, A. Design of Eco-friendly Aqueous Two-phase Systems for the Efficient Extraction of Industrial Finishing Dyes. **Journal of Molecular Liquids**, v. 284, p. 625-632, 2019.
- FERREIRA, A. M.; COUTINHO, J. A. P.; FERNANDES, A. M.; FREIRE, M. G. Complete Removal of Textile Dyes from Aqueous Media Using Ionic-Liquid-Based Aqueous Two-Phase Systems. **Separation and Purification Technology**, v. 128, p. 58-66, 2014.
- FREIRE, M.G.; CLÁUDIO, A. F. M.; ARAÚJO, J. M. M.; COUTINHO, J. A. P.; MARRUCHO, I. M.; LOPES, J. N. C.; REBELO, L. P. N. Aqueous Biphasic Systems: A Boost Brought About by Using Ionic Liquids. **Chemical Society Reviews**, v. 41, n. 14, p. 4966, 2012.
- GECHEV, T.S.; HILLE, J.; WOERDENBAG, H. J.; BENINA, M.; MEHTEROV, N.; TONEVA, V.; FERNIE, A.R.; MUELLER-ROEBER, B. Natural products from resurrection plants: Potential for medical applications. **Biotechnology Advances**, v. 32, p. 1091-1101, 2014.

GLYK, A.; SCHEPER, T.; BEUTEL, S. Influence of Different Phase-Forming Parameters on the Phase Diagram of Several PEG-Salt Aqueous Two-Phase Systems. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 59, n. 3, p. 850-859, 2014.

KATHERESAN, V.; KANSEDO, J.; LAU, S. Y. Efficiency of Various Recent Wastewater Dye Removal Methods: A Review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 4, p. 4676-4697, 2018.

LIU, L.; ZHANG, J.; TAN, Y.; JIANG, Y.; HU, M.; LI, S.; ZHAI, Q. Rapid Decolorization of Anthraquinone and Triphenylmethane Dye Using Chloroperoxidase: Catalytic Mechanism, Analysis of Products and Degradation Route. **Chemical Engineering Journal**, v. 244, p. 9-18, 2014.

MALPIEDI, L.P.; ROMANINI, D.; PICÓ, G.A.; NERLI, B.B. Purification of Trypsinogen from Bovine Pancreas by Combining Aqueous Two-Phase Partitioning and Precipitation with Charged Flexible Chain Polymers. **Separation and Purification Technology**, v. 65, p. 40-45, 2009.

MERCHUK, J.C.; ANDREWS, B.A.; ASENJO, J.A. Aqueous two-phase systems for protein separation: Studies on phase inversion. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, v. 711, p. 285-293, 1998.

PATRA, G.; BARNWAL, R.; BEHERA, S. K.; MEIKAP, B. C. Removal of Dyes from Aqueous Solution by Sorption with Fly Ash Using a Hydrocyclone. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 4, p. 5204-5211, 2018.

PEREIRA, J. F. B.; KURNIA, K. A.; FREIRE, M. G.; COUTINHO, J. A. P.; ROGERS, R. D. Controlling the Formation of Ionic-Liquid-based Aqueous Biphasic Systems by Changing the Hydrogen-Bonding Ability of Polyethylene Glycol End Groups. **ChemPhysChem**, v. 16, n. 10, p. 2219-2225, 2015.

SANGLARD, M. G.; FARIAS, F. O.; SOSA, F. H. B.; SANTOS, T. P. M.; IGARASHI-MAFRA, L.; MAFRA, M. R. Measurement and Correlation of Aqueous Biphasic Systems Composed of Alcohol(1-Propanol/2-Propanol/Tert-Butanol) + (NH₄)₂SO₄ + H₂O at 298K and a Textile Dye Partition. **Fluid Phase Equilibria**, v. 466, p. 7-13, 2018.

VENTURA, S. P. M.; SANTOS-EBINUMA, V. C.; PEREIRA, J. F. B.; TEIXEIRA, M. F. S.; PESSOA, A.; COUTINHO, J. A. P. Isolation of Natural Red Colorants from Fermented Broth Using Ionic Liquid-Based Aqueous Two-Phase Systems. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 40, n. 5, p. 507-516, 2013.

ZAMORA-GARCIA, I. R.; ALATORRE-ORDAZ, A.; IBANEZ, J. G.; TORRES-ELGUERA, J. C.; WROBEL, K.; GUTIERREZ-GRANADOS, S. Efficient Degradation of Selected Polluting Dyes Using the Tetrahydroxoargentate Ion, Ag(OH)₄⁻, in Alkaline Media. **Chemosphere**, v. 191, p. 400-407, 2018.

ZASLAVSKY, B.Y. **Aqueous Two-Phase Partitioning: Physical Chemistry and Bioanalytical Applications**. 1^a ed. Nova York: Marcell Dekker, 1995.

ZHANG, H.; WANG, Y.; ZHOU, Y.; CHEN, J.; WEI, X.; XU, P. Aqueous Biphasic Systems Formed by Deep Eutectic Solvent and New-Type Salts for the High-Performance Extraction of Pigments. **Talanta**, v. 181, p. 210-216, 2018.

ZHANG, W.; ZHU, D.; FAN, H.; LIU, X.; WAN, Q.; WU, X.; LIU, P.; TANG, L.Z. Simultaneous Extraction and Purification of Alkaloids from *Sophora Flavescens* Ait. by Microwave-Assisted Aqueous Two-Phase Extraction with Ethanol/Ammonia Sulfate System. **Separation and Purification Technology**, v. 141, p.113-123, 2015.

ZHENG, W., & WANG, S. Antioxidant activity and phenolic composition in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p. 5165–5170, 2001.

ZUÑIGA, A. D. G. ROJAS, E. E. G.; MINIM, L. A.; COIMBRA, J. S. R. ; PEREIRA, J.A. M.; Revisão: técnicas usadas no processo de purificação de biomoléculas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 1, 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

β -ciclodextrina 99, 100, 101, 104

A

Adsorção 14, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 109

Adsorvente 75, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 93, 95, 97, 131

ATR 106, 107

B

Bagaço de cana 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

Bagasse 49, 51, 60, 86, 98

Biomassa 36, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 68, 71, 75, 78

C

Carvão ativado 75, 78, 85, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98

Cinética 5, 85, 87, 89, 94, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 130

Cogeneration 49

Collection 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Compostos de interesse 39, 62

Corantes 62, 67, 69, 70, 71, 75, 76, 77, 86, 87, 92, 93, 94, 98, 100, 102, 104

Couro wetblue 85, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 95, 97

D

Dióxido de titânio 11, 13, 18, 109

DRX 106, 107, 123, 125, 126

E

Efficiency 2, 12, 32, 34, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 73, 76, 86

F

Fármacos de liberação controlada 1

Fotocatálise heterogênea 11, 13, 20

G

Glicerol 36, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Grafeno 3, 8, 14, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

H

Hammers modificado 106

I

Irradiação solar 11, 15

Isotermas 75, 79, 80, 81, 83, 85, 87, 90, 95, 96, 97, 103

M

Maximização de entropia 36, 39, 40, 42

Mercado de óleos essenciais 22, 24

Microencapsulação 22, 23, 25, 27, 28, 31, 32

N

Nanopartículas 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 26

Nanotecnologia 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9

P

Particulate material 49, 50, 52, 55, 57

Poliamida 99, 100, 101, 104

Purificação 62, 63, 66, 67, 68, 69, 71, 74, 79

R

Raman 106, 107, 113, 114

Recuperação 62, 70

S

SCWG 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Síntese hidrotérmica 120, 125

Sistemas aquosos bifásicos 62, 63, 69, 70, 71

Sodalita 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129

Spray drying 22, 23, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35

T

Tingimento têxtil 99, 105

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-747-5

