



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
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 Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
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
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P964 A produção do conhecimento na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-976-9

DOI 10.22533/at.ed.769203001

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

Neste segundo volume, sobre a Produção do Conhecimento na Engenharia Química, apresentamos diversos trabalhos desenvolvidos com pesquisas relacionadas às áreas de energias renováveis, abordando diferentes biomassas, produção de bioetanol, biodiesel e também utilização de energia solar nos processos.

Com intuito de reduzir os impactos gerados pelos combustíveis fósseis, os trabalhos apresentados mostram, por exemplo, o farelo de arroz como suplemento no meio fermentativo para produção de etanol, obtenção de biodiesel a partir de óleo de mamona comparada ao simulador, estudo da biomassa do capim elefante, energia solar para destilação de etanol, entre outros.

Além disto, este volume trás para você pesquisas voltadas à área de bebidas fermentadas, sendo o foco destes estudos a melhoria dos produtos e dos processos de fabricação. Os trabalhos abordam, entre outras coisas, efeitos de produtos adicionados na fermentação, como trub, e no mosto, como chá verde; avaliação microbiológica e melhoria na produção de cerveja artesanal; bem como desenvolvimento de procedimentos para determinação de metais em cachaça de alambique de cobre.

Também é possível visualizar trabalhos com diferentes tipos de métodos empregados com a finalidade de proporcionar melhores processos produtivos e gerar maiores cuidados com o meio ambiente, relacionados à prevenção e remoção de poluentes. Nestes trabalhos verificam-se métodos de adsorção, secagem, caracterização, separação, assim como simulação computacional de processos.

Portanto, os trabalhos selecionados possibilitam conhecimento de novos materiais, técnicas e processos, como também cuidados com meio ambiente e desenvolvimento tecnológico, expondo a produção de conhecimento na Engenharia Química, de grande importância para ciência e para a sociedade.

Fundamentado nestes trabalhos, que você possa aperfeiçoar seus saberes nesta área.

Bom estudo.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL POR <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> SUPLEMENTADO COM FARELO DE ARROZ	
Mariane Almeida Gonçalves Grazieli Tavares Amoglia Daniel Elvis Basílio da Silva Fernanda Palladino	
DOI 10.22533/at.ed.7692030011	
CAPÍTULO 2	8
ESTUDO COMPARATIVO DA OBTENÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE MAMONA EM LABORATÓRIO E NO SIMULADOR DE PROCESSOS QUÍMICOS DWSIM	
Anna Luiza Araújo Baptista Clara de Castro Amaral Marcos Vinicius Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.7692030012	
CAPÍTULO 3	16
ESTUDO CINÉTICO DE DIFERENTES CULTIVARES DA BIOMASSA DO CAPIM ELEFANTE (<i>PENNISETUM PURPUREUM</i> SCHUM.)	
Mayara de Oliveira Lessa Renata Martins Braga Emerson Moreira de Aguiar Marcus Antônio de Freitas Melo	
DOI 10.22533/at.ed.7692030013	
CAPÍTULO 4	30
USO DA ENERGIA SOLAR NA DESTILAÇÃO DO ETANOL APLICADO NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE COCO	
Lucas Rodrigo Custódio Silva Marina Barbosa Maluf Ribeiro Amanda Dornelas Oliveira Caroline Santos Silva Érica Victor de Faria Kássia Graciele dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7692030014	
CAPÍTULO 5	44
AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE CARVÃO ATIVADO	
Ana Cláudia Rodrigues De Barros Riann de Queiroz Nóbrega Lorena Lucena De Medeiros Flávio Luiz Honorato Da Silva Joelma Morais Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.7692030015	
CAPÍTULO 6	54
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE CERVEJA TIPO PILSEN ADICIONADA DE CHÁ VERDE NA ETAPA DE FERVURA DO MOSTO	
Natália Pinto Guedes de Moraes Thaís Cardozo Almeida	

João Vitor Cabral Gonçalves
Luana Tashima
Ligia Marcondes Rodrigues dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.7692030017

CAPÍTULO 7 63

PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADIÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO A PARTIR DE FRUTO AMAZÔNICO

Catherinne Édi Muniz Pimentel
Igor Lins Santiago
Syra Kelly Murabac Silva Oliveira
Ricardo Lima Serudo

DOI 10.22533/at.ed.7692030018

CAPÍTULO 8 71

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO DETERMINATIVO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DE NÍQUEL EM CACHAÇAS DE ALAMBIQUE DE COBRE EMPREGANDO ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

Alexandre Mendes Muchon
Karina Moraes Lima
Alex Magalhães de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.7692030019

CAPÍTULO 9 77

PRODUÇÃO DE LIPASES POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Enylson Xavier Ramalho
Pedro Henrique Barbosa Fernandes
Cristian Orlando Avila
Rodrigo Silva Dutra
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.76920300110

CAPÍTULO 10 85

SECAGEM DOS FRUTOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA* (RICH.) DC) EM DIFERENTES LEITOS

Letícia Bahia Vieira
Ingrid Layanne dos Santos Pereira
Juliana Ferreira Costa
Lidiane Diniz do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.76920300111

CAPÍTULO 11 97

COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE EXTRATOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA*)

Ingrid Layanne dos Santos Pereira
Leticia Bahia Vieira
Paulo César Souza de Moraes Júnior
Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro

Samara de Paula Pinheiro Menezes Marques
Hellen Carvalho Barros
Davi do Socorro Barros Brasil
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.76920300112

CAPÍTULO 12 108

HIDROCARBONIZAÇÃO DE EFLUENTES DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Larissa Yukie Pianho
Fernanda Carla Camilo Lima
Thiago Peixoto de Araújo
Maria Angélica Simões Dornellas de Barros

DOI 10.22533/at.ed.76920300113

CAPÍTULO 13 115

MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES TEXTURAS DA PENEIRA MOLECULAR DO TIPO MCM-41 POR DEPOSIÇÃO DE CARBONO

Diogo Pimentel de Sá da Silva
Raul César da Silva Nascimento
Ivo da Silva
Julyane da Rocha Santos
Antonio Osimar Sousa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76920300114

CAPÍTULO 14 123

ESTUDO COM TROCADORES DE ÍONS PARA A DETERMINAÇÃO DE FERRO DISPONÍVEL PARA PLANTAS EM SOLOS DA REGIÃO DE FORMIGA-MG

Luana Cristina Camargos Gomes
Alex Magalhães de Almeida
Anísio Cláudio Rios Fonseca
Alexandre Mendes Muchon

DOI 10.22533/at.ed.76920300115

CAPÍTULO 15 128

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA TROCA TÉRMICA EM UNIDADE PILOTO DE UM SISTEMA COILED TUBING

Lorena Rodrigues Justino
Caroline Eulino Gonçalves Pereira
Beatriz Rosas Oliveira
Eduardo Cunha Hora Paraíso
Luís Américo Calçada
Cláudia Míriam Scheid

DOI 10.22533/at.ed.76920300116

CAPÍTULO 16 136

SIMULAÇÃO FLUIDODINÂMICA DE LEITO JORRO RETANGULAR USANDO CFD - COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Ana Paula Silva Artur
Elaine Cristina Batista da Silva
Tuane Tayrine Mendes Cardozo
Welberth Santos Laizo

Aderjane Ferreira Lacerda
Reimar de Oliveira Lourenço

DOI 10.22533/at.ed.76920300117

CAPÍTULO 17 150

SIMULAÇÃO DO CARREGAMENTO DE FERTILIZANTE EM TAMBORES ROTATIVOS COM SUSPENSORES USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS (DEM)

Gabrielle Ferreira Gravena
José Luiz Vieira Neto
Kassia Graciele dos Santos
Beatriz Cristina Silvério

DOI 10.22533/at.ed.76920300118

CAPÍTULO 18 160

SEPARATION OF ACETONA-CHLOROPHORM MAXIMUM BOULATING AZEOTROPE USING METHYL SULPHOXIDE THROUGH PROSIMPLUS SIMULATOR

Guilherme Ferreira da silva
Kerilen Paola Teixeira de Castro

DOI 10.22533/at.ed.76920300119

CAPÍTULO 19 172

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SABONETES LÍQUIDOS E EM BARRA

Vanessa Mendes Santos
Amanda Dias Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.76920300120

CAPÍTULO 20 183

MODELAGEM CINÉTICA DA CLORAÇÃO DO TA_2O_5 COM C_2CL_4

Rogério Navarro Correia de Siqueira
Taiane Zocatelli
Eduardo de Albuquerque Brocchi

DOI 10.22533/at.ed.76920300121

SOBRE A ORGANIZADORA 201

ÍNDICE REMISSIVO 202

SEPARATION OF ACETONA-CHLOROPHORM MAXIMUM BOULATING AZEOTROPE USING METHYL SULPHOXIDE THROUGH PROSIMPLUS SIMULATOR

Data de aceite: 21/01/2020

Guilherme Ferreira da silva

Discente em Engenharia Química pela
Universidade de Vassouras

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Rua Ricardo Geasant Nasser, nº 6,
Bairro Purys, Três Rios-RJ, Brasil

E-mail: guilherme.engquimica11@gmail.com

Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/4950657706491553>

Kerilen Paola Teixeira de Castro

Discente em Engenharia Química pela
Universidade de Vassouras

Instituição: Universidade de Vassouras

Endereço: Avenida da imprensa, nº 1053, Bairro
Caieira, Volta Redonda-RJ, Brasil

E-mail: kerylen@outlook.com

<http://lattes.cnpq.br/1970601062730446>

ABSTRACT: The industry has been undergoing major technological advances in the field of separation engineering, but still distillation continues to stand out, mainly because it can separate real mixtures on a large scale, but some of these combinations have the same composition as the liquid phase. at the boiling point, and is identical to that of equilibrium steam so they cannot be separated by conventional distillation, these combinations are called azeotropic mixtures. The objective

of this paper is to simulate the methyl sulfoxide solvent for separation of the maximum boiling point azeotropic mixture between acetone and chloroform, which is very difficult to separate, using the ProSim Plus simulator with the aid of the NRTL thermodynamic model. provide real data and graphs of component behavior in relation to separation. To achieve a good separation, it was necessary to use two distillation columns where the first iris breaks the azeotrope and the safe separates solvent with the component that has the most affinity. Through the simulation it was possible to realize that the solvent was very effective in separating the azeotrope, where found in the top stream of the first column more than 92% acetone. From the data obtained, it can be concluded that the solvent is very effective for this separation and very promising for future studies.

KEYWORDS: Azeotrope, Simulation, Extractive Distillation and Methyl Sulfoxide.

INTRODUCTION

The distillation process is based on the volatility difference of the components to be separated, where the distillation column separates into top product and bottom product. A distillation column consists of a series of plates or trays, commonly called stages. Structural arrangements of the column are made such that

the liquid flowing down the column has as much contact as possible with the rising steam (REIS, 2002).

In the chemical industry, it is rare to use ideal mixtures in processes, usually non-ideal mixtures are most commonly used in processes, but some of them cannot be separated by simple distillation because of the formation of the azeotrope, which is a mixture. which has the same composition in the liquid phase, the vaporization moment and the vapor phase (SMITH, NESS e ABBOT,2007). Therefore, the addition of a third component having a high boiling point greater than the boiling point of the components to be separated is required, and which alters the properties of the azeotrope to achieve separation.

The increase in relative volatility between the near boiling components caused by the introduction of a selective solvent, which has a stronger affinity for one component type in the mixture (LEE, 2000). In this study, the distillation of the acetone-chloroform system using dimethyl sulfoxide was controlled and optimized. Extractive distillation may be more energy efficient than azeotropic separation, where a liquid phase division is used to overcome distillation limits. (LEI, LI e CHEN 2003, 121-213). This is especially true when using thermally integrated sequences (KNAPP and DOHERTY 1990, 969-984). It has been reported that pressure swing distillation, although distillation on the basis of obtaining the highest purity product, as no solvent is added to the azeotrope, but is not attractive for acetone system separation -chloroform as, its composition is not sensitive to pressure changes.

The non-random two-liquid thermodynamic model (NRTL) is used for the simulation process, so ProSim Plus allows the engineer to advance and use sophisticated models to represent, with almost all complexity, the actual behavior of components and plant, eg chemical reactor design with wide range of complex reactions, multi-stage separators for liquid-liquid extraction, columns multi-stage liquid-liquid-vapor, solid treatment equipment, heat exchanger, etc.

MATERIALS AND METHODS

Simulation Description

Initially for the formation of the azeotrope, the two components acetone and chloroform were introduced into stream 2 at 100 Kmol / h with the molar fraction of 0.65 chloroform and 0.35 acetone, so that the formation of the azeotrope occurs, there are 327 K and with the pressure of 1.1 atm. After the formation of the azeotrope, where the product obtained went to the distillation column D1, where was also inserted the amount of 75 Kmol / h of methyl sulfoxide solvent with a temperature of 390K and with a pressure of 1.1 atm. Where the solvent has been inserted above the azeotrope into the distillation column, and below some top column dishes, so that a good deal of solvent concentration still continues in the column dishes.

In column D1 where acetone (lowest boiling component) goes to the pickling section while chloroform goes along with the scraper to the grinding section. (LANGSTON et al. 2005). The gravity-falling solvent will soon come in contact with the steam rising from the bottom of the column on each plate. Steam that is generated from the bottom of the distillation column, on account of the referrer where the highest boiling vapor, which provides more heat to the liquid and exits from the bottom of the column D1, while the lowest boiling steam exits at the top of the column. The lower stream feeds the distillation column D2, as there is no azeotrope formation, as the chloroform has lower boiling temperature will come out at the top of the column while the solvent comes out at the bottom and goes to the mixer to be reused as well as the figure 1.

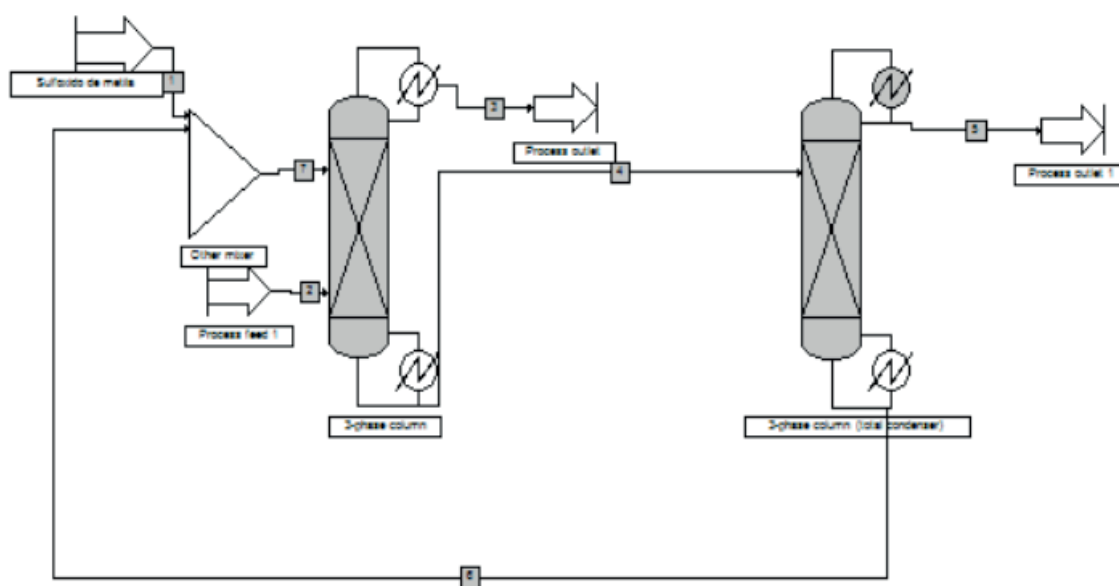


Figure1. Flowchart of the separation of the acetone-chloroform azeotrope with methyl sulfoxide using the ProSim Plus simulator.

Source: Author.

Process Optimization

For process projection, some parameter adjustments were necessary for the process to occur efficiently. Multistage uses were required on both distillation columns. Column D1 required 26 stages to separate the azeotrope, while column D2 separated chloroform and methyl sulfoxide by 10 stages. The minimum reflux rate and minimum solvent flow rate were determined to achieve the minimum thermal heating of the new boiler. The effect of solvent flow on constant reflux rate and the combined effect of solvent flow and reflux rate on the amount of chloroform in the distillate stream for the acetone-chloroform-methyl sulfoxide system and the number of trays used in each feed. as illustrated in table 1.

Parameters	D1	D2
Condenser Heat (Kcal/h)	12	4
Heat Exchanger Heat (Kcal/h)	72	18
Tray location food	10	6
feed tray solvent	4	-
Reflux Rate	0,90	0,72

Table 1. Parameters used for process optimization.

RESULTS

According to the results obtained in Table 2 by ProSim Plus, it is possible to verify the azeotrope break when a 0.92 molar fraction of acetone was obtained at the top of column D1 and with a molar fraction of 0.028 chloroform at the top. and the remainder of the solvent showing that the solvent was very effective by dragging the chloroform in large quantities to the bottom with a small fraction of acetone. In the distillation column D2 a good solvent separation with chloroform was obtained without the use of many dishes.

Components	Current 1	Current 2	Current 3	Current 4	Current 5	Current 6	Current 7
Acetone	0	0,35	0,92005	0,0020	0,0862	0,0012	0,00001
Chloroform	0	0,65	0,02805	0,4735	0,9033	0,0047	0,00001
Methyl sulfoxide	1	0	0,0519	0,5245	0,0105	0,9941	0,99998

Table 2 – Fraction of components in chains

The objective of specifying the results was to show the molar fractions of the components in the streams, as presented in Table 2, and to ensure the obtaining of products with high purity and the minimization of pollutants.

According to the results obtained, both components have very similar characteristics in relation to vaporization enthalpy, which is the amount of energy needed to find the thermodynamic equilibrium, with its own vapor, when the complete passage to the gaseous state will occur, as well. As both will be undergoing this change at close temperatures, it is even more difficult to separate, especially when the formation of the azeotrope, as illustrated in figure 2.

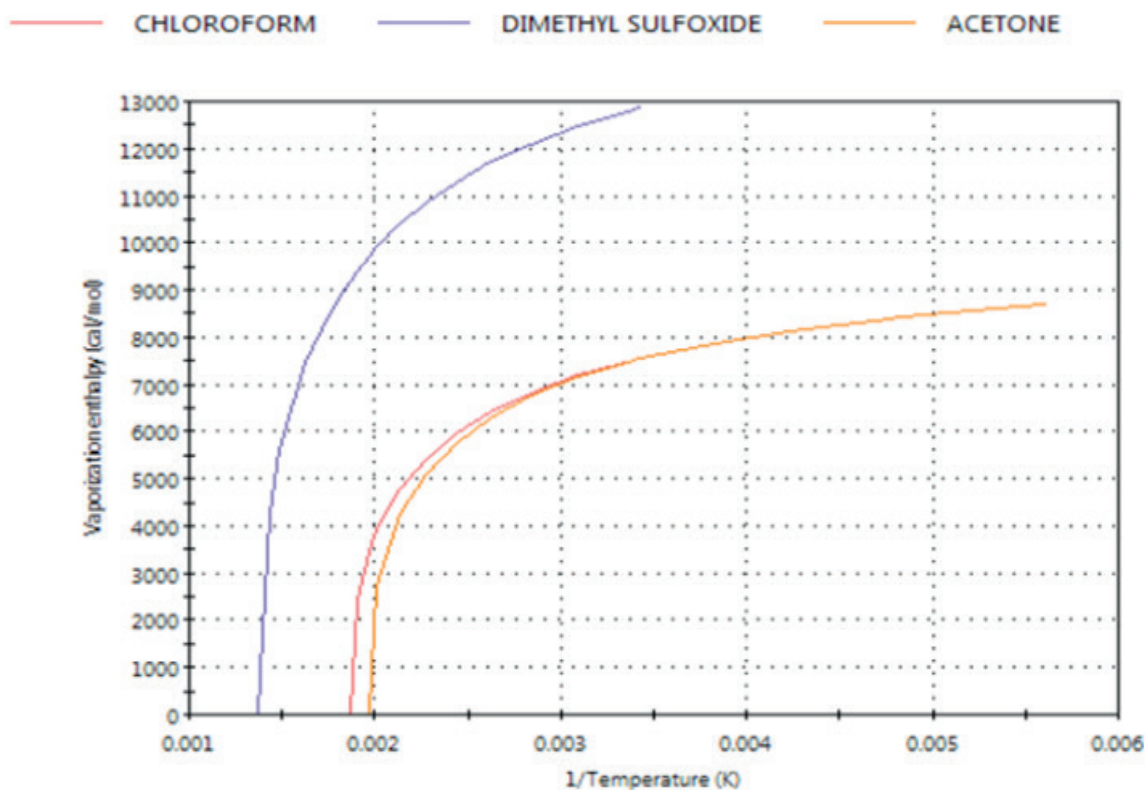


Figure 2. Graph of acetone and chloroform mixture according to vaporization enthalpy and temperature.

Source: Author.

Acetone evaporates faster than chloroform, so acetone is more volatile than chloroform. Figure 3 represents the vapor pressure curve of the components as a function of temperature. Thus it can be said that any point on the PT curve represents an equilibrium mixture of liquid and vapor of the acetone-chloroform components. It is common to call this equilibrium between saturated vapor and saturated liquid. Saturated liquid means liquid at the boiling point and saturated vapor at the dew point, which turned out to be another obstacle in separating this azeotrope.

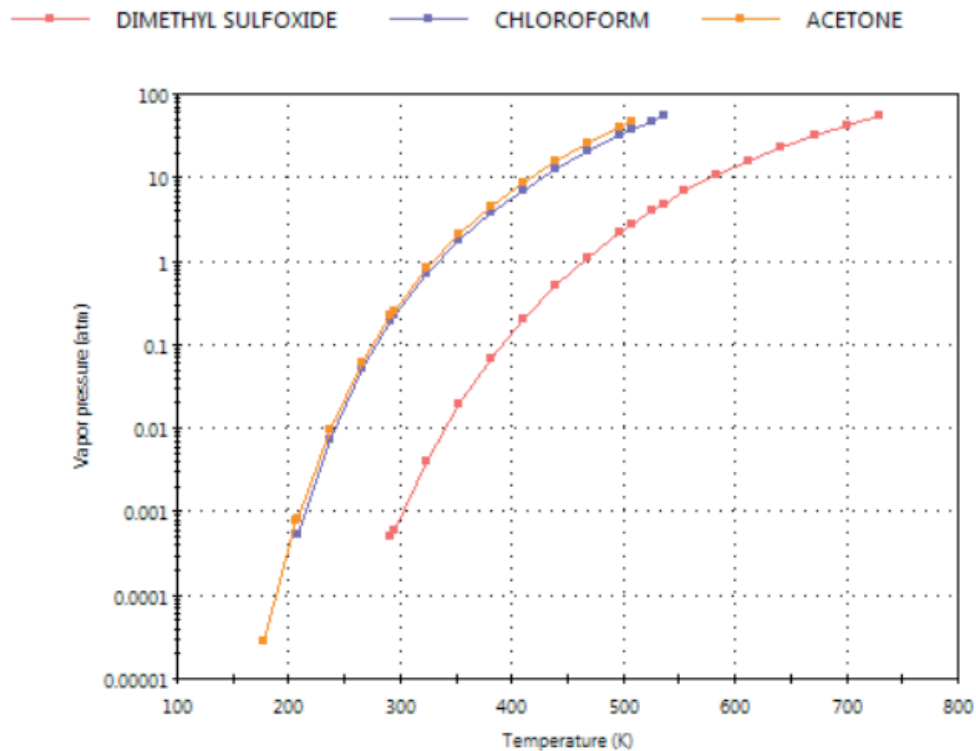


Figure 3. Graph of the mixture of acetone and chloroform according to vapor pressure to temperature.

Source: Author.

Another important factor in this azeotrope is its surface tension, which occurs at interfaces between a liquid and a vapor, such as acetone and chloroform, as illustrated in figure 4. Unlike the acetone molecules within the solution, there is an imbalance of forces with the molecules at the interface, leading to surface tension. The surface tension of a liquid will be higher the higher the intermolecular forces. The adhesion between acetone and chloroform, ie its tendency to adhere or spread on the contacting liquid surfaces, is also intrinsically related to surface tension. Thus, the higher the surface tension, the greater the angle of contact of the liquid with the surface, and consequently the lower its adhesion, so it can be said that the lower its boiling point, the lower its surface tension will be according to the surface temperature.

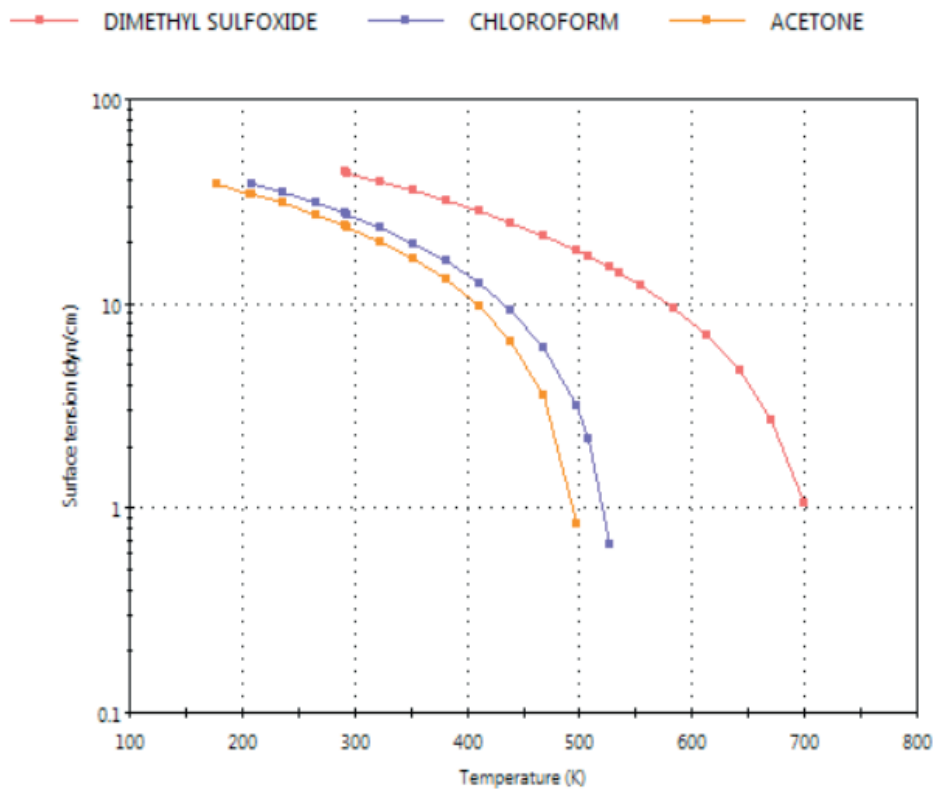


Figure 4. Surface tension according to acetone-chloroform mixture temperature.
Source: Author.

The results show that the second coefficient of the virial is highly linked to the separation of this maximum boiling azeotrope because, as the temperature increases, acetone ends up having a greater deviation from the ideality of a perfect gas in relation to chloroform and methyl sulfoxide, as expressed. For this reason and due to the molecular interactions between chloroform and methyl sulfoxide, acetone is not dragged to the bottom of the column with the solvent.

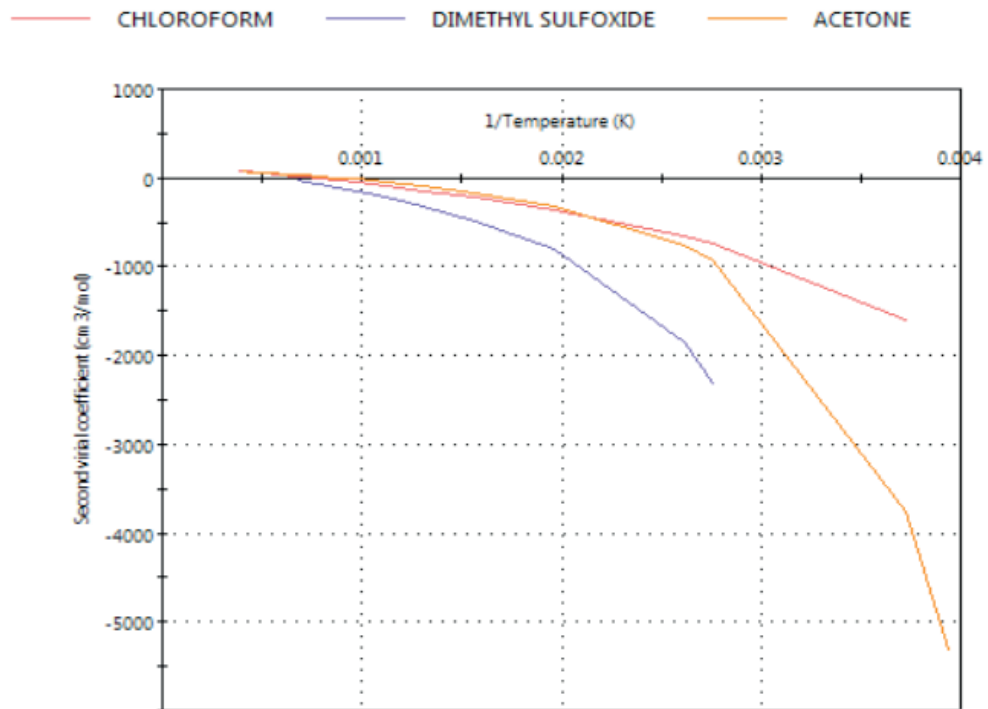


Figure 5. Graph of acetone and chloroform mixture according to the second virial coefficient in relation to temperature.

Source: Author.

Another result obtained by the ProSimPlus simulator was the residual curve map. This diagram represents the variation of liquid phase composition over time in the distillation process. The residual curve map is a very useful tool as it serves as an initial parameter to estimate possible products of the distillation process. Residual diagrams can be employed to select the best carrier solvent for a given distillation column arrangement, as can be seen from the diagram how methyl sulfoxide is effective for breaking this azeotrope. These diagrams are generally presented for ternary mixtures, as each component is located at the vertex of the triangle and the residual curves can be viewed in the two-dimensional field in figure 6. The arrangement of the components in the diagram should be favorable for rapid interpretation where allowed. the analysis of the component fraction at that particular point. This residual curve is usually calculated by applying the phase equilibrium assumption, ie the currents that leave any dish in a distillation process are in equilibrium. However, it is known that the equilibrium model is a hypothetical assumption that can hardly be reached in a real distillation process. Figure 6 shows the residual curve of the ternary acetone-chloroform-methyl sulfoxide mixture where it is possible to perceive the net paths of formation of the residual curves of the mixture.

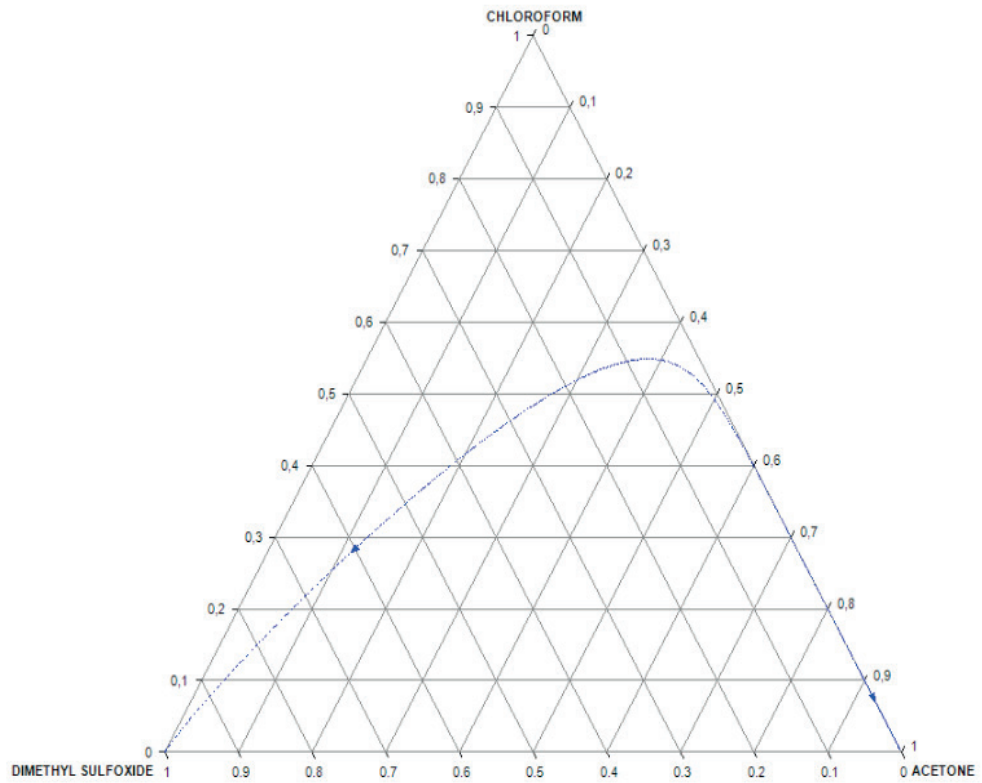


Figure 6 - Residual curve map of the acetone-chloroform-methyl sulfoxide mixture.

Source: Author.

Top (condenser) and bottom (referror) temperatures are the boiling temperatures of the most volatile component and the heaviest component. The temperatures of the other stages are determined from a linear interpolation, calculated by the saturation pressure of each component at the temperature of each plate. The ratio between these values and the column pressure represents the equilibrium constant value for each component on each plate so that the number of stages of the fractionation column corresponds to the number of effective vaporization and condensation steps required to obtain a top product with favorable composition. This parameter can be expressed in terms of the number of dishes. The results for the dishes, obtained through the simulation, are recorded in Figure7.

STAGE	TEMPERATURE (K)	(DT)	PRESSURE (ATM)	LIQUID FLOW (KMOL/HR)		VAPOR FLOW (KMOL/HR)
				HEAVY PHASE	LIGHT PHASE	
CONDENSER :						
1	407.20	--	1.1000	0.16865E-02		1.5204
TOP OF COLUMN :						
2	407.35	0.00	1.1000	0.16867E-02		1.5221
3	407.35	0.00	1.1000	0.16867E-02		1.5221
4	407.35	0.05	1.1000	86.778		1.5221
5	407.40	0.06	1.1000	86.797		13.298
6	407.46	0.06	1.1000	86.817		13.317
7	407.52	0.06	1.1000	86.838		13.337
8	407.58	0.07	1.1000	86.860		13.358
9	407.65	0.07	1.1000	86.882		13.380
10	407.72	0.07	1.1000	86.906		13.403
11	407.79	0.07	1.1000	86.929		13.426
12	407.86	0.07	1.1000	86.954		13.450
13	407.93	0.07	1.1000	86.978		13.474
14	408.00	0.07	1.1000	87.003		13.499
15	408.07	0.07	1.1000	87.028		13.524
16	408.13	0.05	1.1000	87.052		13.548
17	408.19	0.00	1.1000	87.076		13.573
18	408.19	-0.21	1.1000	87.096		13.596
19	407.98	-1.13	1.1000	87.103		13.616
20	406.85	-5.57	1.1000	87.071		13.623
21	401.29	-49.61	1.1000	87.487		13.591
22	351.67	-0.00	1.1000	173.49		14.007
23	351.67	-0.00	1.1000	173.49		0.63649E-02
24	351.67	0.00	1.1000	173.49		0.63649E-02
25	351.67	0.00	1.1000	173.49		0.63649E-02
REBOILER :						
26	351.67	--	1.1000	173.48		0.63649E-02

Figure7. Data obtained in column D1 by the ProSimPlus simulator.

Source: Author.

Another economically important aspect is the recovery of methyl sulfoxide in column D2, and it is much easier to separate because it does not form an azeotrope so you need a much smaller number of dishes, as you can see in figure 8, besides It is possible to realize that even the amount of reflux is minimal compared to Column D1, reducing well the energy expenditure with the temperature used in the solvent purification.

STAGE	TEMPERATURE (K)	(DT)	PRESSURE (ATM)	LIQUID FLOW (KMOL/HR)		VAPOR FLOW (KMOL/HR)
				HEAVY PHASE	LIGHT PHASE	
CONDENSER :						
1	334.16	--	1.1000	0.0000		0.0000
TOP OF COLUMN :						
2	359.24	0.00	1.1000	0.10815E-02		99.000
3	359.24	0.00	1.1000	0.21912E-02		99.000
4	359.24	-0.00	1.1000	0.27119E-02		99.000
5	359.24	-0.00	1.1000	0.63693E-08		99.000
6	359.24	-0.00	1.1000	0.52123E-07		99.000
7	359.24	0.00	1.1000	0.40642E-03		99.000
8	359.24	48.54	1.1000	158.84		99.000
9	407.78	50.20	1.1000	149.69		84.357
REBOILER :						
10	457.98	--	1.1000	74.480		75.207

Figure 8. Data obtained in column D1 by the ProSimPlus simulator.

Source: Author.

DISCUSSION

According to the results it was found that extractive distillation cannot obtain 100% solvent purity because methyl sulfoxide coming from the base of the solvent recovery column contains a small amount of impurity which influences the separation effect, when a recycle stream is used for solvent reuse.

CONCLUSION

The computed data were implemented in PROSIM Plus and showed that the NRTL model, used for the calculation of the coefficients of activity of the liquid and vapor phase, was very effective in predicting with good precision the equilibrium behavior of the systems.

The simulation of the extractive distillation column model used to process the separation of the acetone-chloroform mixture was successfully obtained, obtaining a good fraction of the product at the top, besides the present work demonstrates that the methyl sulfoxide solvent was very effective and very promising for separation of this type of system.

REFERENCES

- 1-ABRAMS, D. S.; PRAUSNITZ, J. M. **Statistical Thermodynamics of Liquid Mixtures: A New Expression for the Excess Gibbs Energy of Partly or Completely Miscible Systems**. AIChE Journal, v.21, n.1, p.116-128, 1975
- 2-BARROS, A.A. C.; WOLF, M.R. **Validations of the non-equilibrium stage model and of a new efficiency correlation for non-ideal distillation process through simulated and experimental**

data. **European Symposium on Computer Aided Process Engineering**, 1997.

3-CASTILLO, F.J.L., TOWLER, G.P. (1998). **Influence of Multicomponent Mass Transfer on Homogeneous Azeotropic Distillation**. *Chem. Eng. Sci.*, 53, 963.

4-DOHERTY, M. F.; PERKINS, J. D. On the dynamics of distillation process: I. **The simple distillation of multicomponent non-reacting, homogeneous liquid mixtures**. *Chem. Eng. Sci.*, v.33, n.3, p.281-301, 1978.

5- SILVA, G, F; CHAVES, A, S; ANDRADE, C, L; MADUREIRA, M, T. **Comparasion of diferente solventes, for the separation acetone-chloroform through the simulator PROSIMPLUS**. 1º Congresso Brasileiro em Engenharia de Processos. 2019.

6-GUTIERREZ, C.A.; IGLESAS, S.; JIMENEZ, A. G. **Effect of different thermodynamic models on the design of homogeneous azeotropic distillation columns**. *Chem. Eng. Comm.*, 195:1059–1075, 2008.

7- KNAPP, J. P; DOHERTY, M. F.; **Thermal Integration of Homogeneous Azeotropic Distillation Sequences**. *AIChE jornal* 36(7),969–84 (1990)

8- LANGSTON, P.; NIDAL, H.; SHINGFIELD, S.; WEBB, S.; **Simulation and Optimisation of Extractive Distillation with Water as Solvent, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification.**, 44(3), 345–51 (2007).

9- LEE, F. M. **Extraction Distillation**. *GTC Technology Corporation*, (2000)

10- LEI, Z.; LI, C.; CHEN, B. **Extractive Distillation: A Review, Separation and Purification Reviews**, 32 (2), 121-213 (2003)

11-PERRY, H. R.; GREEN, D. W. **Perry's Chemical Engineers Handbook**. 8a ed. McGraw Hill, 2007.

12- REIS, M. H. M; **Desenvolvimento de um programa para geração de mapas de curvas residuais e aplicação a processos de destilação azeotrópica e extrativa**, 2002.

13-RENON, H.; PRAUNITZ, J. M. **Local Compositions in Thermodynamic Excess Functions for Liquid Mixtures**. *AIChE Journal*, v.14, p.135, 1968.

14- SMITH, J. M.; NESS, V. C. H.; ABBOTT, M. M.- **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química-LTC** 7ª Edição (14)434–45 (2007).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açairana 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 116

Ácido ascórbico 74, 76, 78, 79, 80

Análise estatística 5, 97, 111, 162, 167, 168

B

Bioetanol 44, 45, 46, 52

C

Camu-camu 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) 16, 17

Cerveja 54, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Cerveja artesanal 64, 73, 74, 76, 77, 78, 81

Chá verde 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Cimentação 140

Cinética 7, 18, 23, 27, 44, 48, 49, 50, 51, 97, 98, 103, 104, 105, 106, 153, 154, 160, 194, 196, 204, 209, 210

Cinética de adsorção 44, 48, 50, 51

Colorimetria 109

Corante natural 109

Custos de produção 75, 88, 89, 90, 91, 93

D

Deposição de carbono 126, 127, 203

Destilação Solar 30, 31, 32, 43

E

Efluente 119, 120, 121, 123, 124, 125

Energia Solar 30, 31, 32, 42, 43

Enzimas lipolíticas 89, 92, 94, 95

Espectrofotometria UV-VIS 134

Estatística 1, 5, 72, 97, 111, 115, 162, 167, 168

Etanol 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 30, 31, 32, 43, 45, 46, 52, 53, 70, 91, 92, 109, 110, 114, 115, 116, 128

F

Farelo de Arroz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Fermentação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 45, 46, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 79, 88, 89, 90, 92, 94, 95, 163

Fermentação em Estado Sólido 88, 89, 90, 94

Flexitubos 140

Furfural 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52

H

Hidrocarbonização 119, 120, 123, 124, 125

I

Inibidor 44, 47, 49, 51, 52

L

Lavanderia 119, 121, 124, 125

Leveduras 6, 7, 45, 46, 54, 58, 61, 63

Lúpulo 55, 57, 65, 67, 68, 71, 72, 75, 76

M

MCM-41 18, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Métodos não isotérmicos 16, 19, 27

Miconia ciliata 96, 97, 98, 100, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 117

Modelagem 10, 11, 12, 27, 49, 94, 97, 145, 152, 153, 159, 194, 204

Modificação 42, 126

O

Ortofenantrolina 134, 136

P

Parâmetros cinéticos 16, 19, 20, 27, 28, 48, 51

R

Resíduos agroindustriais 89, 90, 95

Resina de troca iônica 134, 136, 138

S

Saccharomyces cerevisiae 1, 2, 3, 6, 61, 63, 64, 68

Sustentabilidade 30

T

Troca térmica 139, 140, 142, 144, 146

Trub 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

 **Atena**
Editora

2 0 2 0