

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 4

Atena Editora
2019

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

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. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
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. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. 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. 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.^a Dr.^a 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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 4 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-433-7 DOI 10.22533/at.ed.337192506 1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série. CDD 658.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
VARIAÇÃO ESTACIONAL DA OFERTA E DO PREÇO DE TOMATE LONGA VIDA EM MINAS GERAIS	
Luis Felipe Lima e Silva Douglas Correa de Souza Wilson Roberto Maluf	
DOI 10.22533/at.ed.3371925061	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO NABO JAPONES (<i>Raphanus Sativus Var. Acanthioformis</i>) E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA	
Thayná de Lima Costa Keyvlin dos Santos Pais Marcela Felix dos Santos Monique Mendes dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925062	
CAPÍTULO 3	22
CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS	
Luan Gustavo dos Santos Thais de Freitas Brauna Joice Cristina Catache Menezes Rosângela Cacho Ferreira Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925063	
CAPÍTULO 4	31
CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI (<i>Morinda citrifolia linn</i>): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA	
Thayná de Lima Costa Fernanda de Oliveira Coaresma Bruna Martinhago Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925064	
CAPÍTULO 5	40
AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE CARÁ (<i>Dioscorea alata</i>)	
Luan Gustavo dos Santos Cristian Rocha da Silva Marcela Felix dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925065	

CAPÍTULO 6 49

TRATAMENTO DE CASTANHA DE CAJU POR RADIAÇÃO UV-C DE LED PARA REDUÇÃO DE BOLORES

Leticia Cabrera Parra Bortoluzzi
Iasmim Pereira de Moraes
Ana Rita Zulim Leite
Brenda Dall Molin
Sidnei Macedo Pereira Filho
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini
Fabio Henrique Poliseli Scopel
Roberto Ribeiro Neli
Roberta de Souza Leone
Heron Oliveira dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.3371925066

CAPÍTULO 7 58

AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTIFÚNGICA DOS EXTRATOS BRUTOS DE MUTAMBA E CATUABA CONTRA O FUNGO *Botrytis cinerea*

Amanda Correia Gardenal
Ana Rita Zulim Leite
Iasmim Pereira de Moraes
João Carlos Palazzo de Mello
Daniela Cristina de Medeiros
Danielly Chierrito de Oliveira Tolentino
Mariane Roberta Ritter
Naiara Cássia Gancedo
Sharize Betoni Galende
André Oliveira Fernandes da Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

DOI 10.22533/at.ed.3371925067

CAPÍTULO 8 67

COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS CERVEJEIRAS SECA E ÚMIDA

Camila A. Carazzato
Mário L. Lopes
Sandra H. da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.3371925068

CAPÍTULO 9 76

INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Marianny Silva Canedo
Lucas Portilho da Cunha
João Paulo Henrique
João Cláudio Thoméo

DOI 10.22533/at.ed.3371925069

CAPÍTULO 10 85

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE CUPCAKES COM FARINHA DE TARO (*Colocasia esculenta*) COMO ALTERNATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

Pedro Garcia Pereira da Silva
Aline Rodrigues Pontes
Gisele Fernanda Alves da Silva
Marcello Lima Bertuci
Tuany Yuri Kuboyama Nogueira

DOI 10.22533/at.ed.33719250610

CAPÍTULO 11 91

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE BISCOITO TIPO COOKIE ISENTO DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA DE ARROZ, TEFF E SORGO

Geovana Teixeira de Castro
Luiza Pelinson Tridapalli
Angélica Maria Delovo Fernandes
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Adriana Aparecida Droval
Hellen Fernanda da Silva Paulino
Lucas de Souza Nespeca
Beatriz Musi Sarris Gomes Lourenço
Leonardo Vasconcelos Jacovassi
Pamela da Silva Souza

DOI 10.22533/at.ed.33719250611

CAPÍTULO 12 100

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS MARCAS DE BACON COMERCIAL

Bruna Grassetti Fonseca
Bianca Guimarães
Maria Julia Neves Martins
Ana Carolina Conti e Silva

DOI 10.22533/at.ed.33719250612

CAPÍTULO 13 108

DESENVOLVIMENTO DE LOMBO DEFUMADO PRODUZIDO COM CARNE DE JAVALI

Lucas de Souza Nespeca
Camila da Silva Venancio
Ana Claudia Montuan de Sousa
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Natália da Silva Leitão Peres
Angélica Maria Delovo Fernandes
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa

DOI 10.22533/at.ed.33719250613

CAPÍTULO 14 118

OTIMIZAÇÃO DE MORTADELA COM APLICAÇÃO DE MACA PERUANA

Natália da Silva Leitão Peres
Letícia Cabrera Parra Bortoluzzi
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Renata Hernandez BarrosFuchs
Camila da Silva Venancio
Lucas de Souza Nespeca
Luiza Pelinson Tridapalli
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa
Angélica Maria Delovo Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.33719250614

CAPÍTULO 15 127

CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Bárbara de Sena Nunes Menezes
Beatriz Helena Paschoalinotto
Camila da Silva Venancio
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Adriana Aparecida Droval
Renata Hernandez Barros Fuchs
Pâmela da Silva Souza
Natália da Silva Leitão Peres
Maria Gabriella Felipe Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Larissa Correa
Lucas Shinti Iwamura

DOI 10.22533/at.ed.33719250615

CAPÍTULO 16 137

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCAPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS

Renata França Palhano
Rogério Gomes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.33719250616

CAPÍTULO 17 152

REMOÇÃO DE Cu(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO

José Eduardo da Silva
Francisco Idelbrando Lima Rodrigues
Sara Nóbrega Pacífico
Aline Sales Ferreira
Leonardo Félix Santiago
Luisa Celia Melo Pacheco
Francisco André Andrade Aguiar
Vicente Oliveira de Sousa Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250617

CAPÍTULO 18 163

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior
Mona Mellissa Oliveira Cruz
Augusto Pumacahua Ramos
Diana Maria Cano Higuaita
Romildo Martins Sampaio
Harvey Alexander Villa Vélez

DOI 10.22533/at.ed.33719250618

CAPÍTULO 19 178

NANOTECNOLOGIA E MEDICINA: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Gustavo Marquezi Borges
Douglas Daniel Dalle Corte
Iago Bissani Pesavento
Odirlei Antônio Magnagnagno

DOI 10.22533/at.ed.33719250619

CAPÍTULO 20 186

RISCO E DOLO EVENTUAL NA INTERFACE ENTRE ENGENHARIA E DIREITO

Antonio Maria Claret-Gouveia
Alberto Frederico Vieira de Sousa-Gouveia
Miguel Paganin Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250620

CAPÍTULO 21 199

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA EM POSTOS DE TRABALHO DE MARCENARIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN

Bruno Ítalo Franco de Oliveira
Fabrícia Nascimento de Oliveira
Carolina Mendes Lemos
João Márcio Rebouças Araújo
Thaynon Brendon Pinto Noronha
Wandick Nascimento Dantas
Pedro Renato Moraes Salgado
Anderson Nunes Silva
Ana Victoria Carlos Almeida
Luara Karolinny Machado de Oliveira
Jerfson Moura Lima

DOI 10.22533/at.ed.33719250621

CAPÍTULO 22 216

COMO A DISSEMINAÇÃO EFICIENTE DAS POLÍTICAS DE TI PODE INFLUENCIAR NA MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À CIDADE

Luiz Fernando Rocha Pombo
Ana Paula Guzela Bertolin

DOI 10.22533/at.ed.33719250622

CAPÍTULO 23 228

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE EXECUÇÃO DE ALGORITMOS NO CUDA E NO OPENCL

Antonio Raian de Lima Mendes

Angelo Amâncio Duarte

DOI 10.22533/at.ed.33719250623

SOBRE O ORGANIZADOR..... 234

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS

Renata França Palhano

Centro Universitário Sociesc, Departamento de Engenharia Química
Joinville, Santa Catarina

Rogério Gomes de Araújo

Centro Universitário Sociesc, Departamento de Engenharia Química
Joinville, Santa Catarina

RESUMO: As microcápsulas poliméricas que contêm agentes inibidores de corrosão, têm sido exploradas por vários grupos de pesquisa visando a incorporação em tintas protetivas para torná-las auto-regenerativas. O uso de microcápsulas em tintas proporciona aumento da vida útil de máquinas e utensílios metálicos, além de contribuir para diminuir o número de manutenções em processos industriais, o que reflete em uma redução de gastos não planejados. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de microcápsulas de poli(ureia-formaldeído), PUF, contendo dimetilsiloxano (óleo de silicone) como agente inibidor de corrosão para aplicação como aditivo auto-reparador em tintas protetivas à base de solvente, por meio do método de polimerização in situ. Diversas bateladas do processo foram realizadas utilizando diferentes parâmetros de processo incluindo a velocidade de agitação, o teor de agente emulsificante e

do óleo de silicone, como também a realização de uma lavagem das microcápsulas, para retirar o óleo da parte externa da mesma. A integridade das microcápsulas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e o teor de óleo encapsulado foi determinado por análise termogravimétrica (TG). Os resultados mostraram que foi possível encapsular o dimetilsiloxano, óleo de silicone, já que a análise térmica apresentou uma perda de massa de 55% de silicone, assim como foi possível observar que os parâmetros do processo afetam diretamente na quantidade de microcápsulas produzidas.

PALAVRA-CHAVE: Microencapsulas. Óleo de Silicone. Auto-reparação.

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF MICROCAPSULES POLY (UREIA-FORMALDEHYDE) FILLED WITH SILICONE OIL AS CORROSION INHIBITOR FOR APPLICATION IN PAINTINGS

ABSTRACT: Polymeric microcapsules contains corrosion inhibitors agents have been exploited by various research groups and incorporated into prototypes to render them self-regenerating. The use of microcapsules in paints increases the useful life of metallic machines and utensils,

and contributes to reduce the number of maintenance in industrial processes, which reflects in a reduction of unplanned expenses. This work aims at the development of microcapsules of poly (urea-formaldehyde), PUF, containing dimethylsiloxane (silicone oil) as a corrosion inhibiting agent for application as a self-repairing additive in solvent-based protective paints by means of the method of in situ polymerization. Various process batches were carried out using different process parameters including the stirring speed, the emulsifying agent content and the silicone oil, as well as performing a washing of the microcapsules, to remove the oil from the outside of the same. The integrity of the microcapsules was evaluated by scanning electron microscopy (SEM) and the encapsulated oil content was determined by thermogravimetric (TG) analysis. The results showed that it was possible to encapsulate dimethylsiloxane, silicone oil, since the thermal analysis presented a mass loss of 55% of silicon, as well as it was possible to observe that the process parameters affect directly the amount of microcapsules produced.

1 | INTRODUÇÃO

A corrosão é um processo espontâneo, que provoca a deterioração de um material, geralmente metálico, o que representa alterações prejudiciais indesejáveis sofridas pelo objeto, tornando-o inadequado para o uso ⁽⁰⁹⁾.

Diante disso, os prejuízos decorrentes da corrosão atingem o mundo, nota-se que os custos da corrosão podem atingir de 3 a 4% do PIB (Produto Interno Bruto) do nosso país, e que mais de 20% destes custos possam ser evitados através da inserção de medidas e tecnologias de prevenção anticorrosiva ⁽¹³⁾.

Os problemas que existem na aplicação da tinta em materiais metálicos e a forma com que através de um esforço mecânico a mesma, pode acabar expondo o material ao oxigênio vêm sendo uma preocupação recorrente, dessa forma, o desenvolvimento de um material polimérico que apresenta um grande potencial para prolongar o efeito de proteção contra a corrosão, pode ser incorporado em tintas ⁽⁴⁾.

O método de polimerização in situ de uma emulsão água em óleo de poli(ureia-formaldeído), PUF, apresenta elevados rendimentos, como também facilidade de preparação ⁽³⁾. A seleção apropriada de parâmetros no processo de síntese de microcápsulas como o pH, temperatura, tipo e concentração de surfactante e velocidade de agitação, podem influenciar nas características e propriedades da autorreparação da matriz epoxídica ⁽¹⁶⁾.

Embora os trabalhos expostos por diferentes autores abordarem separadamente algumas variáveis no processo de preparação das microcápsulas, não há um estudo sistemático dos efeitos da alteração de parâmetros na preparação de microcápsulas preenchidas com dimetilsiloxano, óleo de silicone, bem como a lavagem das microcápsulas depois de produzidas, com o intuito de retirar o óleo que fica na parte externa das microcápsulas.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo analisar a combinação dos seguintes parâmetros de síntese de microcápsulas de PUF: Determinação da temperatura, tempo reacional, teor de agentes emulsificantes e teor do óleo de silicone. Assim como, a verificação da distribuição granulométrica das microcápsulas, quantidade de óleo encapsulado e a avaliação da integridade das mesmas, através da sua caracterização após o processo de lavagem.

2 | REVISÃO TEÓRICA

2.1 Corrosão

Segundo Gentil (2001) a corrosão pode ser definida como a degradação de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos.

Existem diversos métodos para combater a corrosão, o método considerado um dos melhores é a utilização de inibidores, os quais podem reduzir ou até eliminar a corrosão ⁽¹⁰⁾.

Inibidores podem ser classificados em anódicos, catódicos e de adsorção. Desse modo, os inibidores de adsorção que foram utilizados neste trabalho, funcionam como películas protetoras, as quais, são afetadas por diversos fatores como a velocidade, volume e concentração, temperatura do sistema, tipo do inibidor, superfície e a composição do fluido do sistema ⁽⁰⁹⁾.

No entanto, esses inibidores podem ser encapsulados em micropartículas poliméricas e serem empregados de diversas formas, dentre elas em tintas protetivas sem afetar composição da mesma ⁽⁰⁹⁾.

Os inibidores de corrosão aplicados em tintas funcionam como uma barreira física entre o metal e o meio corrosivo em que ajuda a prevenir e/ou evitar a corrosão das peças. Assim os revestimentos vêm se tornando indispensáveis à proteção dos metais, que devem passar a ser considerada parte da composição da superfície do metal, e não um detalhe final do acabamento ^{(10) (06)}.

2.1.1 Óleo de Silicone como inibidor de corrosão

O Silicone foi identificado como um polímero de alto desempenho o qual atualmente correspondem aos polidialquilsiloxanos, de acordo com a fórmula representada na Figura 1 ⁽⁰⁸⁾.

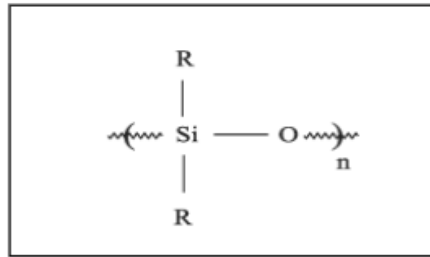


Figura 1: Apresenta a estrutura do polidialquilsiloxanos

Fonte: (GARCIA, 2004).

A estrutura mostra que, o R é o radical metila, em que é conhecido como polidimetilsiloxano. Diante disso, os radicais metilas da cadeia podem ser substituídos por vários outros grupos (por exemplo, fenil ou vinil) ⁽⁰⁸⁾.

A presença simultânea de grupos “orgânicos” ligados a uma coluna “inorgânica” proporciona aos silicões uma combinação única de propriedades e permite a sua utilização em campos tão diferentes como aeroespacial (desempenho sob-baixas e altas temperaturas) ⁽⁰⁸⁾.

Entretanto, com os grupos metilas mostrados para fora, a película de silicone é bastante hidrofóbica e proporciona uma superfície com boas propriedades de libertação, em particular, se a película for curada após a aplicação ⁽¹¹⁾.

Os silicões são utilizados na indústria da construção para acabamentos que proporcionam uma película protetora. Seu sucesso está conectado à sua excelente resistência ao intemperismo: baixa reatividade dos grupos funcionais frente ao ar poluído ou água e a natureza hidrofóbica ⁽⁰⁷⁾.

2.2 Microcápsulas poliméricas

A tecnologia da microencapsulação é utilizada em diversas indústrias. Na indústria química sua maior aplicação é no desenvolvimento de materiais autorregeneráveis que oferecem um enorme potencial para reparação de danos, por proporcionar a capacidade de cura autônoma ⁽¹⁴⁾.

Segundo Silva et al (2003) as micropartículas são pequenas partículas sólidas e esféricas com tamanho que varia entre 1 e 1000 μm . Subdividem-se em microcápsulas e em microesferas.

Esses materiais segundo Nesterova et al (2012), agem da seguinte forma, quando se rompem, devido a tensão interna ou danos físicos, propagados através do revestimento, liberam agentes inibidores ou de cura, que seguem o plano de fratura devido as forças capilares. Os agentes quando em contato com superfície metálica reagem (no caso dos agentes de cura) criam uma camada na espécie de filme, que protege a área danificada contra corrosão.

O esquema de rompimento das cápsulas e vazamento de agentes inibidores ou de cura pode ser visualizado na Figura 2 demonstrada a seguir.

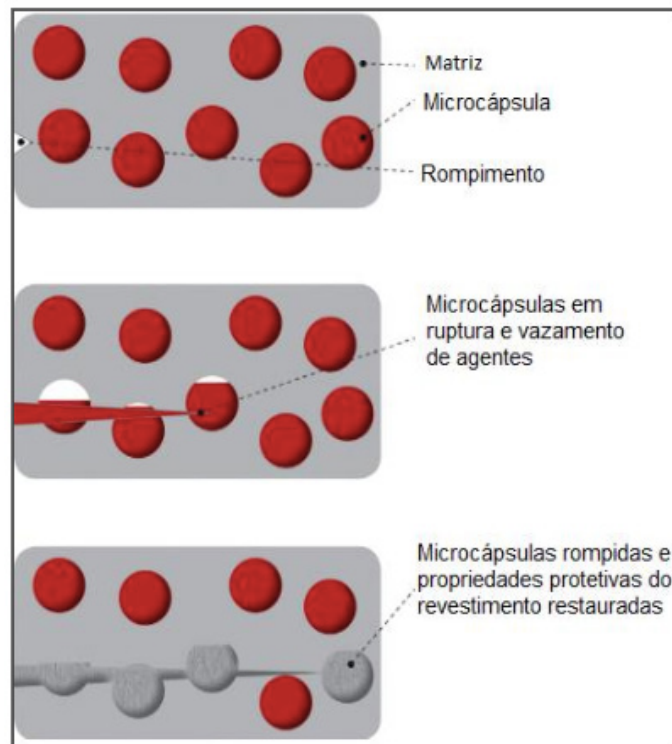
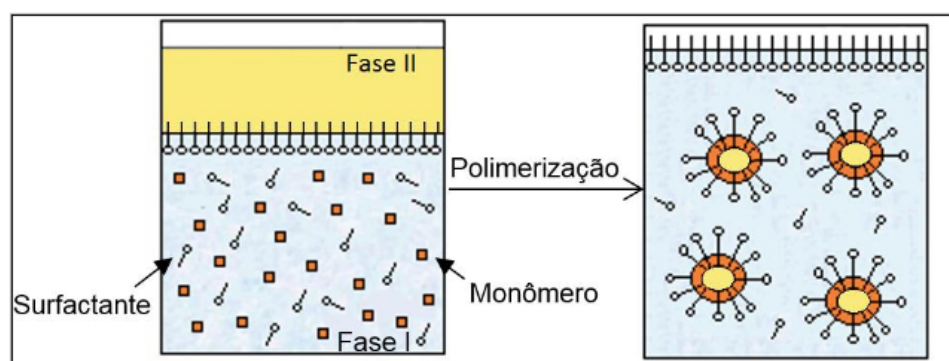


Figura 2: Demonstração da ação das microcápsulas poliméricas quando rompidas

Fonte: Adaptado de Di Credico et al, 2013.

O processo de microencapsulação pode ocorrer por duas maneiras. A primeira trata do processo onde reações químicas ocorrem entre os constituintes da emulsão para dar origem a microesfera, e a segunda em que apenas fenômenos físicos são os responsáveis pela formação das microcápsulas, sem existir reação química.

Os líquidos podem ser encapsulados através de polimerização por separação de fase, onde os monômeros e o líquido a ser encapsulado formam uma mesma mistura e são emulsionados em água. Conforme demonstrado pela Figura 3, em que a fase II é agente inibidor de corrosão e a fase I é onde se localiza o monômero disperso na água, onde posterior a polimerização, o polímero obtido, que é imiscível com a fase dispersa, separa-se da fase aquosa depositando-se na superfície da gotícula de óleo, encapsulando-a ⁽¹⁵⁾.



Brown et al., 2003, abordaram a obtenção de microcápsulas a partir do método químico de polimerização de ureia-formaldeído para construir as paredes das cápsulas.

O diâmetro médio da microcápsula é controlado pela velocidade de agitação. À medida que a velocidade de agitação é aumentada, uma emulsão mais fina é obtida e o diâmetro médio da microcápsula diminui. Microcápsulas com diâmetro médio por volta de 10-1000 nm são obtidos ajustando velocidade de agitação entre 200-2000 rpm. O desvio padrão é menos do que 35% do valor médio do diâmetro das microcápsulas produzidas ⁽¹⁾.

2.3 Poli (Ureia-formaldeído)

As resinas de Ureia-formaldeído são polímeros termofixos, insolúveis, infusíveis obtidos a partir da reação de apenas dois monômeros (ureia e formaldeído). As características básicas da PUF podem ser explicadas no nível molecular por sua alta reatividade, solubilidade em água, susceptibilidade à hidrólise das ligações aminometileno, especialmente em altas temperaturas ⁽⁵⁾.

As resinas de ureia-formaldeído são comumente preparadas por duas etapas reacionais. Sendo a primeira etapa envolvendo a reação da ureia com o formaldeído sob condições neutras ou levemente alcalinas, levando a produção de mono e dimetilol ureias. A razão entre o composto mono e dimetilol dependerá da proporção de ureia para formaldeído ⁽¹⁵⁾.

Sendo assim, se o produto do primeiro estágio contém ureia e formaldeído não reagidos, é submetido a condições ácidas em temperaturas elevadas seguindo a sequência de eventos durante o segundo estágio:

- a. A solução é produzida a partir da qual, foi resfriada, e um precipitado branco seria obtido.
- b. Como processo de aquecimento, a temperatura em que ocorre a precipitação decresce progressivamente até que a estabilização é alcançada e os produtos da condensação permanecem em solução a temperatura ambiente.
- c. Com um aquecimento adicional, há um aumento na viscosidade da calda, para um gel insolúvel e irreversível, que, eventualmente, se converte a uma massa dura, incolor, transparente e infusível ⁽²⁾.

Depois de reticulada, a resina de ureia-formaldeído resulta em uma rede tridimensional que não pode ser mais solubilizada em água ⁽⁵⁾. A reação de formação de poli (ureia-formaldeído) é demonstrada na Figura 8.

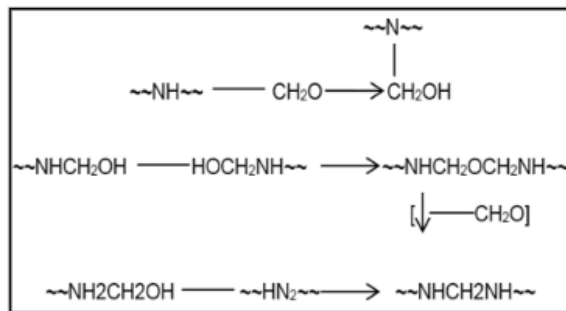


Figura 8 - Demonstração da reação de Poli (ureia-formaldeído)

Fonte: BRYDSON, (2000).

Contudo, a ureia é uma substância que possui um baixo custo, assim como o formaldeído. Dessa forma, oferecem uma resina relativamente barata e de alto desempenho ⁽⁵⁾.

3 | EXPERIMENTAL

3.1 Materiais

Para a realização dos experimentos foram utilizados como reagentes: Uréia (Dinâmica), formalina - 37% de formaldeído em água (Dinâmica), cloreto de amônio (Dinâmica), Resorcinol (Dinâmica) e Surfactante Tween 80 (Vetec).

O óleo de silicone utilizado foi fornecido pela Bluestar Silicones de nome comercial Mirasil® DM 350 Silicone, o qual apresenta uma viscosidade cinemática de 350 mm²/s a 25°C.

3.2 Método

A técnica utilizada para preparação de microcápsulas por polimerização in situ de uma emulsão de água e óleo foi baseada nos trabalhos de BROWN e colaboradores ⁽¹⁾.

3.2.1 Processo de polimerização

As reações foram realizadas em um balão de três bocas com fundo redondo de 500 mL, no qual foi adicionado 250 mL de água deionizada e misturado um volume que varia entre 1,5 e 2,0 mL de agente emulsificante, Tween 80.

O balão de fundo redondo foi suspenso em um banho-maria com temperatura entre 20-24 °C. Logo após isso, a solução foi submetida à agitação com o auxílio de um agitador mecânico, modelo MA039 com velocidade de agitação de aproximadamente 550 rpm, e nessa solução foram adicionados 5,00 g de ureia, 0,50 g de cloreto de amônio (catalisador) e 0,50 g de resorcinol. Sendo que, ambos foram dissolvidos

na solução. O pH foi corrigido para 2,5 adicionando uma gota de ácido clorídrico concentrado, este foi controlado por um pHmetro.

Após a estabilização do meio reacional, foi acrescentado lentamente o inibidor de corrosão, sendo ele o óleo de silicone (dimetilsiloxano), variando o volume entre 10 e 25 mL, este foi acrescido para formar uma emulsão e após 10 minutos de agitação para estabilização, 11,5 mL de solução aquosa a 37% de formaldeído foram adicionadas para obter uma relação molar de uréia:formaldeído de 1:1,9. Diante disso, a emulsão foi aquecida a uma taxa de aquecimento de 1°C.min⁻¹ até atingir uma temperatura próxima de 55 °C.

Após 4 horas de agitação contínua, o misturador e o aquecimento foram desligados. A solução contendo as microcápsulas foi resfriada até atingir a temperatura ambiente e filtrada a vácuo com papel filtro faixa azul, para separação das microcápsulas do meio líquido. As microcápsulas foram lavadas com água deionizada e secas em estufa durante 48 h a 40 °C.

O rendimento do processo foi calculado, levando em consideração a razão entre a massa (g) das microcápsulas e massa total (g) de todos os reagentes envolvidos no processo exceto a água deionizada.

Foram preparadas três bateladas de microcápsulas sem a incorporação do óleo de silicone e dezesseis reações com o agente, em que oito dessas são duplicatas (quatro bateladas com 1,5 mL de Tween 80 e as outras quatro com 2,0 mL de Tween 80).

Durante a síntese das microcápsulas variou-se alguns parâmetros, sendo estes o teor de Tween 80 e o teor de dimetilsiloxano (óleo de silicone), porém conservou-se a velocidade de agitação, como apresenta a Tabela 2 a seguir.

Volume do óleo de silicone (mL)	Volume de Tween 80 (mL)	Velocidade de agitação (rpm)
10	1,5	550
15	1,5	550
20	1,5	550
25	1,5	550
10	2,0	550
15	2,0	550
20	2,0	550
25	2,0	550

Tabela 2: Variação de parâmetros durante a síntese das microcápsulas poliméricas

Fonte: Dos autores (2017)

3.2.2 *Proceso de lavagem das microcápsulas*

Após a preparação das microcápsulas poliméricas, oito das amostras foram lavadas com o uma solução 2% de Tween 80. As oito bateladas foram identificadas

e colocadas em béqueres separadamente para serem submetidas a uma agitação constante com o auxílio de um agitador magnético, durante 1 hora, em seguida as mesmas foram filtradas com papel filtro de faixa azul e lavadas com água deionizada, após isso foram secas em estufa a vácuo durante 48h a 50 °C.

3.2.3 Caracterização das microcápsulas

A análise térmica de Termogravimetria (TG) foi realizada para determinar o teor de agentes inibidores contidos nas microcápsulas e a temperatura de degradação do polímero. A análise foi realizada em um equipamento da TA Instruments (modelo Q50), em que as amostras foram aquecidas da temperatura ambiente até 700°C com uma taxa de aquecimento de 10°C/min sob atmosfera de nitrogênio (40mL/min).

Por outro lado, foi realizada a análise de Microscopia eletrônica de varredura (MEV) para avaliar o aspecto, o diâmetro e a integridade das microcápsulas obtidas. Para realização das análises, amostras de microcápsulas foram previamente metalizadas com ouro e observadas em um microscópio eletrônico MEV-FEG modelo JSM-6701F, fabricado pela Jeol, pertencente ao laboratório de Microscopia Eletrônica da UDESC-Joinville.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise termogravimétrica

Inicialmente realizou-se análise termogravimétrica de amostras de óleo de silicone de PUF de forma isolada. A Figura 9 apresenta o resultado da análise termogravimétrica do óleo de silicone, em que se observa que o silicone tem uma perda de massa entre 288 e 603 °C, resultante da degradação térmica do material. Observa-se também que a degradação foi completa, não restando nenhum resíduo ao final da análise.

Por sua vez, microcápsulas de PUF sem a presença de óleo de silicone encapsulado apresentaram duas perdas de massa na análise termogravimétrica, conforme mostrado na Figura 10.

A primeira perda de massa, entre a temperatura ambiente e 100°C é relativa à evaporação de substâncias voláteis como monômeros não reagidos e umidade. Já a segunda perda de massa, entre 198 e 405°C, é resultante da degradação térmica do polímero. Observa-se ainda a presença de um resíduo ao final da análise que pode ser atribuído a um material carbonáceo oriundo da degradação e a substâncias inorgânicas utilizadas na polimerização.

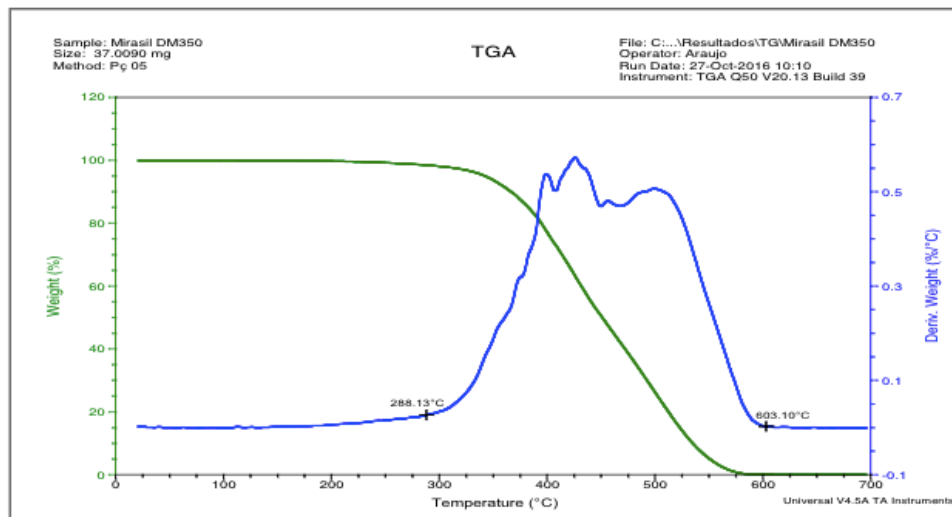


Figura 9- Análise de Termogravimetria (TG) do óleo de silicone

Fonte: Dos autores (2017)

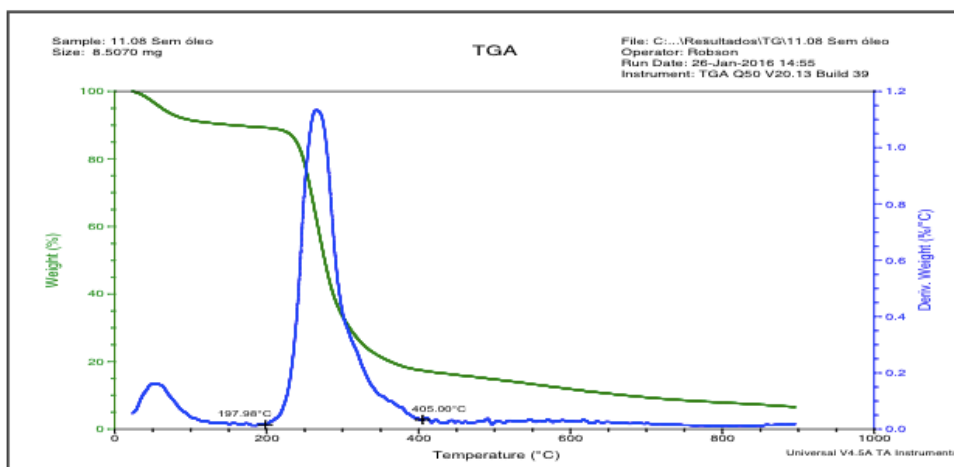


Figura 10- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF sem o agente encapsulado

Fonte: Dos autores (2017)

A Figura 11 apresenta o resultado à análise de TG de microcápsulas obtidas na presença de 10 mL de óleo de silicone e com 2,0 mL de emulsificante. Observam-se três intervalos de perda de massa durante a análise: a primeira abaixo de 100°C atribuída aos voláteis, à segunda entre 200 e 330°C atribuída à degradação do PUF e a terceira entre 330 e 650°C atribuída ao óleo de silicone, no qual refletiu em uma perda massa de aproximadamente 55%.

A perda de massa dos componentes em intervalos distintos de temperatura possibilitou a determinação do teor de óleo presente nas amostras de microcápsulas.

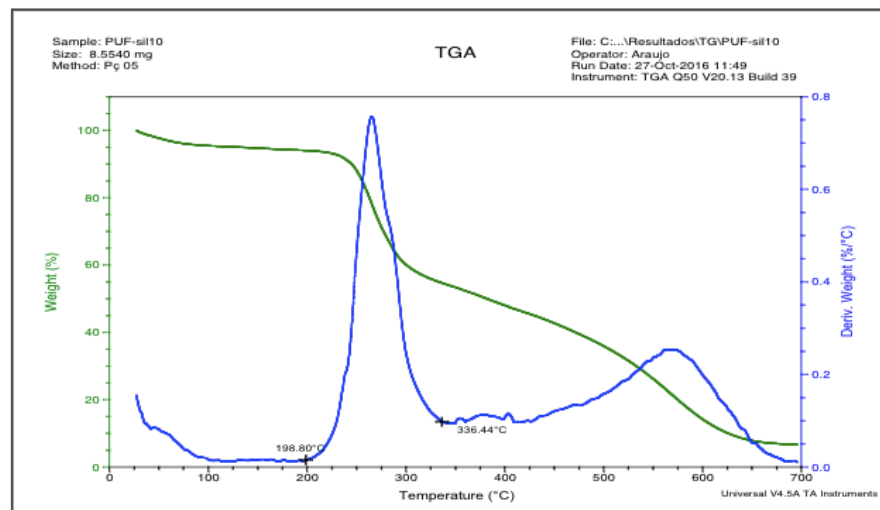


Figura 11- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF com 10 mL de óleo de silicone e 2,0 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

Foram realizadas bateladas utilizando óleo de silicone, Mirasil® DM 350, com uma densidade de 969 kg/m³ a 25°C, nos volumes de 10 mL, 15 mL, 20 mL e 25 mL variando o volume de Tween 80 entre 1,5 mL e 2,0 mL e três batelada sem agente inibidor.

Na Tabela 3 e 4 é possível verificar o rendimento das microcápsulas obtidas, assim como que conforme o volume de óleo de silicone aumenta conseqüentemente aumenta a quantidade em gramas das microcápsulas e de acordo com os rendimentos as microcápsulas apresentaram um rendimento mais significativo com o volume de Tween 80 de 2,0 mL.

Volume do óleo de silicone (mL)	Massa de microcápsulas obtidas(g)	Volume de Tween 80 (mL)	% Rendimento
10	10,2529	1,5	50,9
15	11,4447	1,5	56,9
20	11,6565	1,5	57,9
25	12,3314	1,5	61,3

Tabela 3 – Variação de dados de quatro bateladas das microcápsulas com 1,5 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

Volume do óleo de silicone (mL)	Massa de microcápsulas obtidas(g)	Volume de Tween 80 (mL)	% Rendimento
10	9,6331	2,0	46,7%
15	11,6581	2,0	56,5%
20	14,1683	2,0	68,6%
25	15,1236	2,0	73,3%

Tabela 4 – Variação de dados das quatro bateladas das microcápsulas com 2,0 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

As oito bateladas produzidas passaram pelo processo de lavagem com uma solução de Tween 80 a 2%, com intuito de retirar o óleo da parte externa das microcápsulas.

Primeiramente foi realizada a análise Termogravimétrica (TG) em duas amostras, sendo essas as de 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 sem passarem pelo processo de lavagem e 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 com o processo de lavagem, como mostra na Figura 12 e 13, respectivamente.

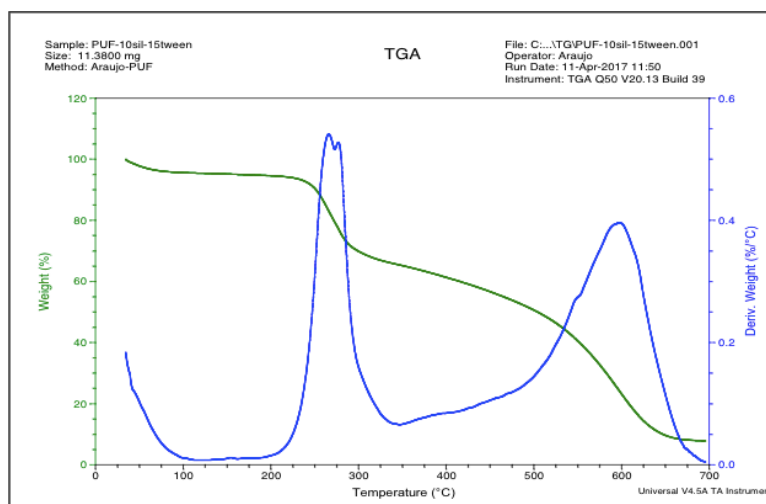


Figura 12- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF com 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 sem a lavagem

Fonte: Dos autores (2017).

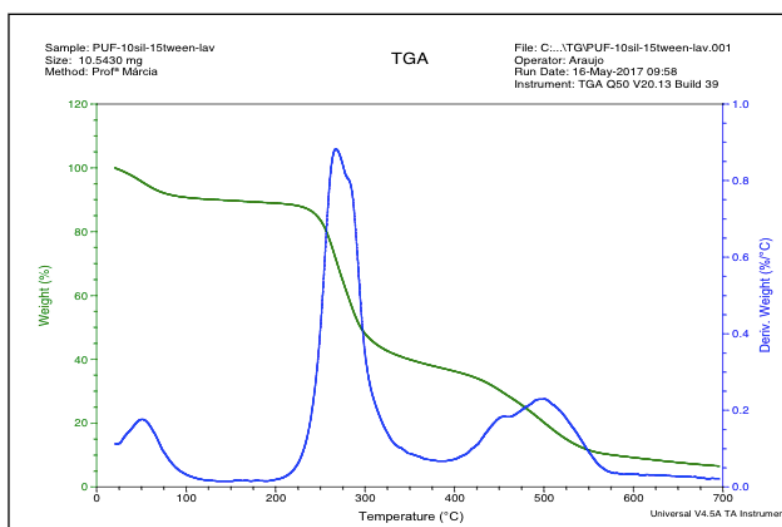


Figura 13- Análise de Termogravimetria (TG) do PUF com 10 mL de óleo de silicone e 1,5 mL de Tween 80 sem a lavagem

Fonte: Dos autores (2017).

Diante dos gráficos da Termogravimetria das bateladas que passaram pelo processo de lavagem e sem lavagem, foi possível calcular a porcentagem de perda de massa, apresentadas na Tabela 5.

Componentes	Composição %	
	Sem o processo de lavagem	Com processo de lavagem
Voláteis	05	10
PUF	25	58
Óleo de silicone	60	34,5
Resíduo	10	7,5

Tabela 5 – Variação de dados das quatro bateladas das microcápsulas com 2,0 mL de Tween 80

Fonte: Dos autores (2017).

Diante dos cálculos o óleo de silicone teve uma perda de massa maior na batelada sem o processo de lavagem, em comparação com a batelada que sofreu a lavagem, indicando que o processo de lavagem foi eficiente para remover o óleo aderido externamente nas microcápsulas.

Entretanto, foi realizada a análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em quatro amostras que passaram pelo processo de lavagem, sendo as amostras com a concentração de 10 mL, 15 mL, 20 mL e 25 mL e o volume de 2,0 mL de Tween 80. A Figura 14 mostra imagens das bateladas do processo de lavagem.

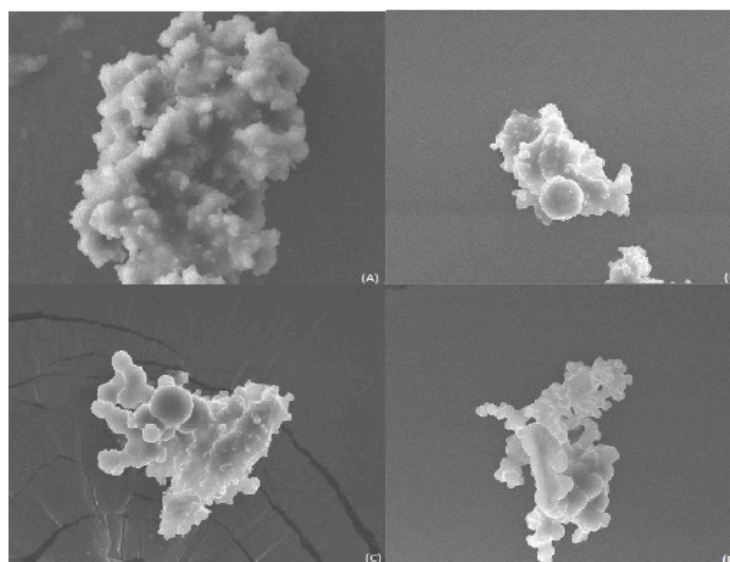


Figura 14- MEV; (a) 10 mL OS e 1,5 mL TW; (b) 15 mL OS e 1,5 mL TW; (c) 20 mL OS e 1,5 mL TW; (d) 25 mL OS e 1,5 mL TW

Fonte: Dos autores (2017).

Foi possível visualizar aglomerados das microcápsulas, PUF, com o tamanho de 10 μm aumentadas em 2000 vezes, de acordo com as imagens o óleo continua

aparecendo nas partes externas das microcápsulas.

5 | CONCLUSÃO

O método de obtenção de microcápsulas contendo óleo de silicone (dimetilsiloxano) como agente inibidor de corrosão mostrou-se eficaz nas bateladas realizadas. As microcápsulas contendo 10 mL de óleo de silicone e 2,0 mL apresentaram uma perda de massa de 55% de silicone, indicando que o encapsulamento foi alcançado, o que foi confirmado na análise termogravimétrica.

Foi possível concluir que os parâmetros do processo afetam diretamente na quantidade de microcápsulas produzidas, o volume de óleo de silicone aumentou e conseqüentemente aumentou a quantidade em gramas das microcápsulas obtidas, como também que as microcápsulas apresentaram um rendimento mais significativo com o volume de Tween 80 de 2,0 mL.

O processo de lavagem após a produção de microcápsulas PUF mostrou-se pouco eficaz, já que através da análise de microscopia eletrônica de varredura, as imagens apresentaram a parte externa oleosa.

REFERÊNCIAS

- [1] BROWN, E. N. et al., "In situ poly(urea-formaldehyde) microencapsulation of dicyclopentadiene", **J. Microencapsulation**, v. 20, n. 20, pp. 719-730, 2003.
- [2] BRYDSON, J. **Plastics Materials**. Oxford: Butterworth Heinemann, 2000. CANEVAROLO, S. V. J. **Ciência dos polímeros**. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2002.
- [3] CHUANJIE, F., XIAODONG, Z., "Preparation and barrier properties of the microcapsules added nanoclays in the wall", **Polymers for Advanced Technologies**, v. 20, n. 12, pp. 934-939, 2009.
- [4] DI CREDICO, B.; LEVI, M.; TURRI, S. An efficient method for the output of new self-repairing materials through a reactive isocyanate encapsulation. **European Polymer Journal**, v. 49, n. 9, p. 2467-2476, 2013.
- [5] DUNKY, M. Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 18, n. 2, p. 95-107, 1998.
- [6] FURTADO, P. **Pintura anticorrosiva dos metais**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- [7] F.O. Stark et al., **Silicones, Comprehensive Organometallic Chemistry**, vol. 2, p. 305, Pergamon Press 1982.
- [8] GARCIA, Marcelo H. F.; FARIAS, Simone B.; FERREIRA, Bianca G.. Determinação quantitativa da concentração de silicone em antiespumantes por espectroscopia FT-IR / ATR e calibração multivariada. **Polímeros**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 5, p.1-6, jul. 2004.
- [9] GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- [10] GENTIL, V. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

[11] M.J. Owen, Chemtech, 11 (1981) 288; esse artigo foi revisado e reeditado em Chimie Nouvelle, 85 (2004) 27.14)

[12] NESTEVORA et al, Microcápsulas poliméricas. **Formação de microcápsulas poliméricas**, 2012.

[13] **REVISTA DA ORDEM DOS engenheiros**. Lisboa, *Dia mundial da sensibilização para a corrosão*. 2010. Mensal. Disponível em: <<http://www.ordemengenheiros.pt/pt/centro-de-informacao/dossiers/apresentacoes/dia-mundial-da-sensibilizacao-para-a-corrosao/>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

[14] SILVA, C. *et al*. Administração oral de peptídeos e proteínas: II. Aplicação de métodos de microencapsulação. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 1–20, 2003.

[15] SAUL, A. C. **Obtenção de microcápsulas aplicadas a “tintas inteligentes” de proteção anticorrosiva**. 2014. 108f. Dissertação (Mestrado em Química) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

[16] YUAN, L., GU, A., LIANG, G. “Preparation and properties of poly(urea–formaldehyde) microcapsules filled with epoxy resins”, **Materials Chemistry and Physics**, v. 110, pp. 417–425, 2008.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-433-7

