



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 4**

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 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: Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 4 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-622-5 DOI 10.22533/at.ed.225191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 4º volume 37 capítulos com temáticas voltadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCOS DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PONTE NOVA – MG	
Anderson Nascimento Milagres Gian Fonseca dos Santos Danilo Segall César Yann Freire Marques Costa Klinger Senra Rezende Alixandre Sanquetta Laporti Luppi Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.2251911091	
CAPÍTULO 2	8
MUTAGÊNESE DA LEVEDURA <i>Candida viswanathii</i> PARA A PRODUÇÃO DE ENZIMAS LIPOLÍTICAS	
Luiz Renato Lima Silva Miranda Nayra Morgana Lima De Oliveira Erika Carolina Vieira Almeida Adriana Augusta Neto Alex Fernando De Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.2251911092	
CAPÍTULO 3	19
A RELAÇÃO ENTRE PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE LIDERANÇA E O CAPITAL SOCIAL NAS ORGANIZAÇÕES	
Bruno Henriques Watté Márcio Vieira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.2251911093	
CAPÍTULO 4	34
BRUNIMENTO FLEXÍVEL DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS: AVALIAÇÃO DO EFEITO DA GRANULOMETRIA E DO NÚMERO DE GOLPES DA FERRAMENTA NO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE R_p	
Guilherme Henrique Caetano Barros Rosenda Valdés Arencibia Luciano José Arantes	
DOI 10.22533/at.ed.2251911094	
CAPÍTULO 5	41
ANÁLISE DA ACELERAÇÃO POR EXTRAPOLAÇÃO DA FONTE DE FISSÃO CONSIDERANDO A TEORIA DE DIFUSÃO DE NEUTRONS EM REATORES NUCLEARES	
Andrey Silva Pontes Henrique Matheus Ferreira da Silva Lenilson Moreira Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.2251911095	

CAPÍTULO 6	51
ANÁLISE DE DESEMPENHO E AVALIAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE REDES DE SENSORES SEM FIO EM <i>SMART GRIDS</i>	
Álison De Oliveira Alves	
Felipe Denis Mendonça De Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2251911096	
CAPÍTULO 7	64
SÍNTESE DE COMPOSTOS HÍBRIDOS PERILIL-DIHIDROPIRIMIDINONAS ATRAVÉS DA REAÇÃO DE HUISGEN COM FORMAÇÃO DE ANÉIS 1,2,3-TRIAZÓLICOS	
Vinícius Vendrusculo	
Dennis Russowsky	
DOI 10.22533/at.ed.2251911097	
CAPÍTULO 8	74
ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DA CASTANHOLA	
Jonas Soares de Mesquita	
Davi Pereira Araújo	
Maria Carolina Martins da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2251911098	
CAPÍTULO 9	81
USO DE CATALISADORES DE NÍQUEL PARA A RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS PRIMÁRIAS	
Fernanda Amaral de Siqueira	
Natália Cavallaro Martins de Sousa	
Sania Maria de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.2251911099	
CAPÍTULO 10	92
AVALIANDO EM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO NO CENTRO-OESTE MINEIRO	
Patrícia Milagre de Freitas	
Leandro Teles Antunes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.22519110910	
CAPÍTULO 11	102
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO EM TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Andre Luis Martins De Souza	
Renata Evangelista	
Alexandre Bueno	
Ronaldo Marques	
Serigne Ababacar	
Felipe Rogério	
Hudson Luis	
DOI 10.22533/at.ed.22519110911	

CAPÍTULO 12 111

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE UM SOLO RESIDUAL DE GNAISSE MADURO ESTABILIZADO COM LAMA DE CAL

Danilo Segall César
Yann Freire Marques Costa
Anderson Nascimento Milagres
Gian Fonseca dos Santos
Eduardo Souza Candido
Klinger Senra Rezende
Adonai Gomes Fineza

DOI 10.22533/at.ed.22519110912

CAPÍTULO 13 122

AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS: ESTUDO DE CASO COM PILHAS ALCALINAS

Pedro Luiz Dias Barroso
Julia Santos Caetano
Jean Pierre Sayago
Joeci Ricardo Godoi
Rodrigo Souza Banegas
Letícia Flohr

DOI 10.22533/at.ed.22519110913

CAPÍTULO 14 132

CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE FILMES DE PAADDA/PSS E PDDA/PSS PREPARADOS POR LAYER-BY-LAYER

Samanta Costa Machado Silva
Jorge Amim Júnior
Ana Lucia Shiguihara

DOI 10.22533/at.ed.22519110914

CAPÍTULO 15 144

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, FENÓIS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS FOLHAS DE *Simaba ferruginea*

Jessica Sara de Sousa Macêdo Oliveira
Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Renato Pinto de Sousa
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.22519110915

CAPÍTULO 16 157

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS ALCALINAMENTE ATIVADOS PARA MITIGAÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS

Jocélio Jairo Vieira Filho
Kelly Cristiane Gomes
Williamns Tadeu de Oliveira Lins Belo

DOI 10.22533/at.ed.22519110916

CAPÍTULO 17 183

ESTRUTURA AXIOMÁTICA DO ORIGAMI: UMA ABORDAGEM DOS POLIEDROS REGULARES NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA

Anita Lima Pimenta
Eliane Scheid Gazire

DOI 10.22533/at.ed.22519110917

CAPÍTULO 18 193

ESTUDO DO EFEITO DOS PARÂMETROS DE PROJETO DE BICOS EXTRUSORES EM BIOIMPRESSÃO UTILIZANDO FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL

Patrícia Muniz de Oliveira
Isabela Poley
Estevam Barbosa Las Casas
Marina Spyer Las Casas
Janaina Dernowsek

DOI 10.22533/at.ed.22519110918

CAPÍTULO 19 205

IMPACTO DA RESOLUÇÃO HORIZONTAL NA SIMULAÇÃO DOS JATOS DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL USANDO O MODELO GLOBAL DO CPTEC

Dayana Castilho de Souza
Paulo Yoshio Kubota
Silvio Nilo Figueroa
Enver Manuel Amador Ramirez Gutierrez
Caio Augusto dos Santos Coelho

DOI 10.22533/at.ed.22519110919

CAPÍTULO 20 218

LESSON STUDY: UMA ADAPTAÇÃO PARA O BRASIL

Renata Camacho Bezerra
Maria Raquel Miotto Morelatti

DOI 10.22533/at.ed.22519110920

CAPÍTULO 21 226

MICROSCOPIA DE DESFOCALIZAÇÃO COMO UMA FERRAMENTA DE ESTUDO DE PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS E MECÂNICAS DE ERITRÓCITOS

Paula M. S. Roma
Luiza C. Mourão
Marcelo P. Bemquerer
Erika M. Braga
Ubirajara Agero

DOI 10.22533/at.ed.22519110921

CAPÍTULO 22 232

PENSAMENTO ALGÉBRICO E SUA APLICAÇÃO EM EQUAÇÕES LINEARES

Fábio Mendes Ramos
Fabricia Gracielle Santos
Daniel Martins Nunes

DOI 10.22533/at.ed.22519110922

CAPÍTULO 23	243
ENSINO DE QUÍMICA VERSUS TICs: RETRATO DE PUBLICAÇÕES BRASILEIRAS	
Eleonora Celli Carioca Arenare	
DOI 10.22533/at.ed.22519110923	
CAPÍTULO 24	253
PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BLENDS DE PHB/PC	
Francielle Schmitz	
Carolina de Andrade	
Ivonete Oliveira Barcellos	
DOI 10.22533/at.ed.22519110924	
CAPÍTULO 25	267
RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EMBARCAÇÕES EM FIBERGLASS	
Patricia Reis Pinto	
Sérgio da Silva Feitosa	
Alaíde de Sá Barreto	
DOI 10.22533/at.ed.22519110925	
CAPÍTULO 26	277
APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PENALIZAÇÃO ROBUSTA PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO MULTI-OBJETIVO	
Gustavo Barbosa Libotte	
Fran Sérgio Lobato	
Francisco Duarte Moura Neto	
Gustavo Mendes Platt	
DOI 10.22533/at.ed.22519110926	
CAPÍTULO 27	289
SÍNTESE DE FASE SÓLIDA HÍBRIDA MOLECULARMENTE IMPRESSA PARA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA EM AMOSTRAS ÁGUA SUPERFICIAL	
Fabiana Casarin	
Camila Santos Dourado	
Ana Cristi Basile Dias	
DOI 10.22533/at.ed.22519110927	
CAPÍTULO 28	302
SOLUÇÃO ANALÍTICA DE PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE CONDUÇÃO DE CALOR UTILIZANDO FUNÇÕES DE GREEN	
José Aguiar dos Santos Junior	
José Ricardo Ferreira Oliveira	
Eduardo Peixoto de Oliveira	
Guilherme Ramalho Costa	
Jefferson Gomes Do Nascimento	
Alisson Augusto Azevedo Figueiredo	
Gilmar Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.22519110928	

CAPÍTULO 29 310

TAXAS DE FREQUÊNCIA E GRAVIDADE DOS ACIDENTES OCORRIDOS EM UM GRUPO DE PROPRIEDADES CAFEEIRAS CERTIFICADAS

Rafael Augusto Silva Souza
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior
Armando Mendes Nogueira
Raphael Nogueira Rezende
Agda Silva Prado Oliveira
Adriano Bortolotti da Silva
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho

DOI 10.22533/at.ed.22519110929

CAPÍTULO 30 315

UM SISTEMA COLABORATIVO DE INCENTIVO A DOAÇÃO DE SANGUE

Alúcio José Pereira
Fábio Abrantes Diniz
Elder Gonçalves Pereira
Francisco Paulo de Freitas Neto
Elissandra Cheu Pereira do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.22519110930

CAPÍTULO 31 329

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE NÚMEROS DECIMAIS NO 5º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Cristiana Monique Feltes Sivert
Cassiano Scott Puhl

DOI 10.22533/at.ed.22519110931

CAPÍTULO 32 339

ESTUDO DA VIABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CULTIVOS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS: APLICAÇÃO INICIAL EM VIVEIROS ESCAVADOS

Wilmar Borges Leal Junior
Fabiano Medeiros Tavares
Ítalo Cordeiro Silva Lima
Delfim Dias Bonfim
Lucyano Campos Martins
Nailson Martins Dantas Landim
Haryson Huan Arruda da Silva Santos
Douglas Ferreira Chaves

DOI 10.22533/at.ed.22519110932

CAPÍTULO 33 349

REGRESSÃO POLINOMIAL E REDES NEURAS ARTIFICIAIS NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

Carlos Augusto Zilli
Luiz Fernando Palin Droubi
Norberto Hochheim

DOI 10.22533/at.ed.22519110933

CAPÍTULO 34 363

ANALISE DE RECALQUES NO CONTORNO RODOVIÁRIO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS

Wagner de Sousa Santos
Amanda Morlos

DOI 10.22533/at.ed.22519110934

CAPÍTULO 35	376
SIMULAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM TÚNEL EM MACIÇO ROCHOSO	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.22519110935	
SOBRE O ORGANIZADOR	387
ÍNDICE REMISSIVO	388

RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EMBARCAÇÕES EM FIBERGLASS

Patricia Reis Pinto

Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO), Unidade de Engenharias, Tecnologia em Polímeros
Rio de Janeiro – RJ

Sérgio da Silva Feitosa

Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO), Unidade de Tecnologia em Construção Naval
Rio de Janeiro-RJ

Alaíde de Sá Barreto

Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO), Unidade de Farmácia, Química Biológica
Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: O compósito em fibra de vidro conjugado à resina de poliéster insaturado, quando comparado ao aço utilizado na construção naval, apresenta vantagens tanto na resistência química, diminuindo os efeitos corrosivos da atmosfera salina, quanto na resistência mecânica em relação ao peso específico. As resinas comerciais empregadas no processo de laminação em fiberglass são poliésteres insaturados de baixo peso molecular dissolvidos em monômeros vinílicos. O monômero vinílico mais empregado é o estireno. O monômero vinílico tanto é usado para dissolver o polímero de poliéster e controlar a viscosidade da resina, como para participar

da reação de cura, promovendo as ligações cruzadas entre as cadeias de poliésteres e a consequente solidificação da peça em *fiberglass*. A reação de cura ocorre a temperatura ambiente, permitindo moldagem de grandes peças a frio, a pressão atmosférica, com boa estabilidade dimensional pós cura. Os tipos de poliésteres insaturados mais empregados na indústria naval são derivações dos poliésteres ortoftálicos, isoftálicos, das resinas bisfenólicas e das resinas ester-vinílicas. Cada uma delas com suas particularidades e especificidades.

PALAVRAS-CHAVE: Resinas de poliéster insaturado, Reação de cura, Embarcações em fiberglass

INSATURATED POLYESTER RESINS AND ITS APPLICATION IN BUILDING VESSELS IN FIBERGLASS

ABSTRACT: The composite in fiberglass conjugated to unsaturated polyester resin when compared to the steel used in shipbuilding, presents advantages both in chemical resistance, reducing the corrosive effects of the saline atmosphere, and in the mechanical resistance in relation to the specific weight. The commercial resins employed in the fiberglass lamination process are low molecular weight unsaturated polyesters dissolved in vinyl monomers. The

most commonly used vinyl monomer is styrene. The vinyl monomer is both used to dissolve the polyester polymer and to control the viscosity of the resin, as well as to participate in the curing reaction, promoting the crosslinks between the polyester chains and the consequent solidification of the fiberglass. The curing reaction occurs at room temperature, allowing molding of large parts at cold, atmospheric pressure, with good post-cure dimensional stability. The types of unsaturated polyesters most used in the shipbuilding industry are derivations of orthophthalic, isophthalic polyesters, bisphenolic resins and styrene-vinyl resins. Each one of them with its peculiarities and specificities.

KEYWORDS: Unsaturated polyester resin, Curing reaction, Fiberglass vessels

1 | INTRODUÇÃO

A primeira embarcação que se têm registro, construído com material polimérico reforçado com fibra de vidro foi o veleiro *Tod Dinghy 12'*, na década 1940, na Europa. Isto foi possível graças à expansão tecnológica que permitiu a polimerização do compósito a temperatura ambiente. As construções das embarcações em compósitos foram impulsionadas durante a Segunda Guerra Mundial para evitar que minas magnéticas flutuantes aderissem aos cascos metálicos dos navios, e também pela escassez do aço. Com o fim da guerra, essa tecnologia foi utilizada para aplicações civis. (ROBERT, 1996)

No Brasil, somente em meados da década de 1960 o uso deste material passou a ser difundido no mercado naval. Na década de 1970, surgiram as primeiras empresas especializadas na produção de equipamentos e acessórios náuticos como Carbrasmair, DM Náutica, Mar azul, Cobra Náutica, entre outras. A indústria náutica de esporte e lazer despontou na década de 1980. Simultaneamente houve um crescimento no número de estaleiros e surgiram novas operações industriais também nas regiões sul e nordeste. Em meados dos anos 90, o mercado começou a confirmar seu potencial. Aliás, as regiões sudeste e sul absorvem cerca de 85% dos estaleiros. São Paulo detém a maior parte (35%), sendo seguido por Santa Catarina e Rio de Janeiro.

O compósito de matriz polimérica reforçado com fibra de vidro, além de possibilitar a construção de peças de grandes dimensões, também tornou possível a construção de estruturas monobloco. Paralelamente ao desenvolvimento de novos materiais, surgiu uma nova concepção de projeto, possibilitando a construção de diversas conformações geométricas sem a necessidade da observância ao projeto hidrocônico. No processo construtivo, possibilitou-se a redução, ou até mesmo a eliminação completa de soldas, parafusos e rebites, entre outras vinculações. (LOPES, 1989; ROBERT, 1996)

A fibra de vidro conjugada com uma matriz polimérica quando comparada ao aço utilizado na construção naval, apresenta vantagens tanto na resistência química,

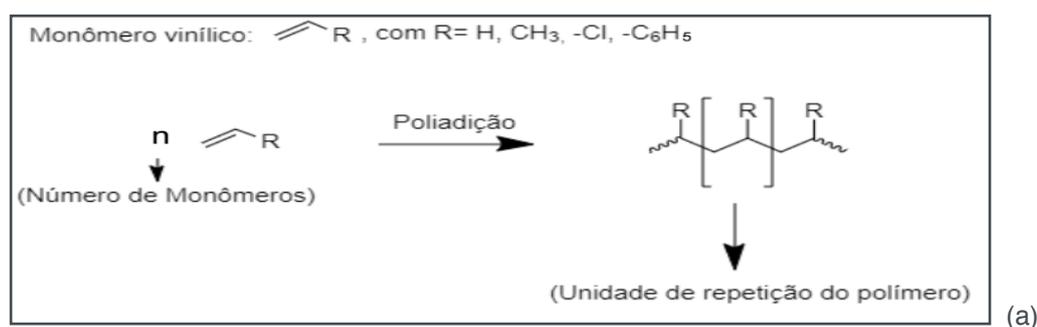
diminuindo os efeitos corrosivos da atmosfera salina, quanto na resistência mecânica em relação ao peso específico, uma vez que pode-se alcançar resistência estrutural comparável ao aço com menor peso específico. Além de fornecer um material com maior resistência a intempérie. (CARVALHO, 2010)

O presente trabalho propõe apresentar às principais resinas poliméricas empregadas no compósito de fibra de vidro e resina de poliéster insaturado para a fabricação em casco e convés de embarcações.

2 | NOÇÕES GERAIS SOBRE POLÍMEROS E REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO

Polímeros são materiais de alto peso molecular constituídos de longas cadeias carbônicas. Cada cadeia polimérica é formada pela repetição de pequenas unidades estruturais ligadas por covalência. As muitas unidades de repetição (meros) de cada macromolécula são geradas a partir de pequenas moléculas (monômeros) que são as matérias-primas do polímero. As cadeias poliméricas são obtidas por meio das reações de polimerização, essas reações são classificadas por meio do mecanismo de reação levando em consideração a natureza do monômero. (MANO, 2004)

Os monômeros insaturados, tais como os monômeros vinílicos, apresentam obrigatoriamente pelo menos uma dupla ligação entre carbonos e durante a reação de polimerização ocorre a ruptura da ligação dupla e a formação de duas ligações simples. O polímero é formado por sucessivas adições de monômeros. Esse tipo de polimerização é designado poliadição ou polimerização em cadeia. Já os polímeros obtidos por reação de policondensação são formados, geralmente, pela reação de dois tipos de monômeros diferentes (Figura1). Ocorre a reação de condensação entre os grupamentos funcionais diferentes e reativos entre si, com a eliminação de moléculas pequenas, como por exemplo a reação do grupamento ácido carboxílico e álcool com a formação do grupo éster e a eliminação de molécula de H_2O . Essa reação é reversível, ou seja, ocorre simultaneamente nos dois sentidos da reação química, o que afeta as propriedades de degradação hidrolítica das resinas de poliéster. (ODIAN, 1991)



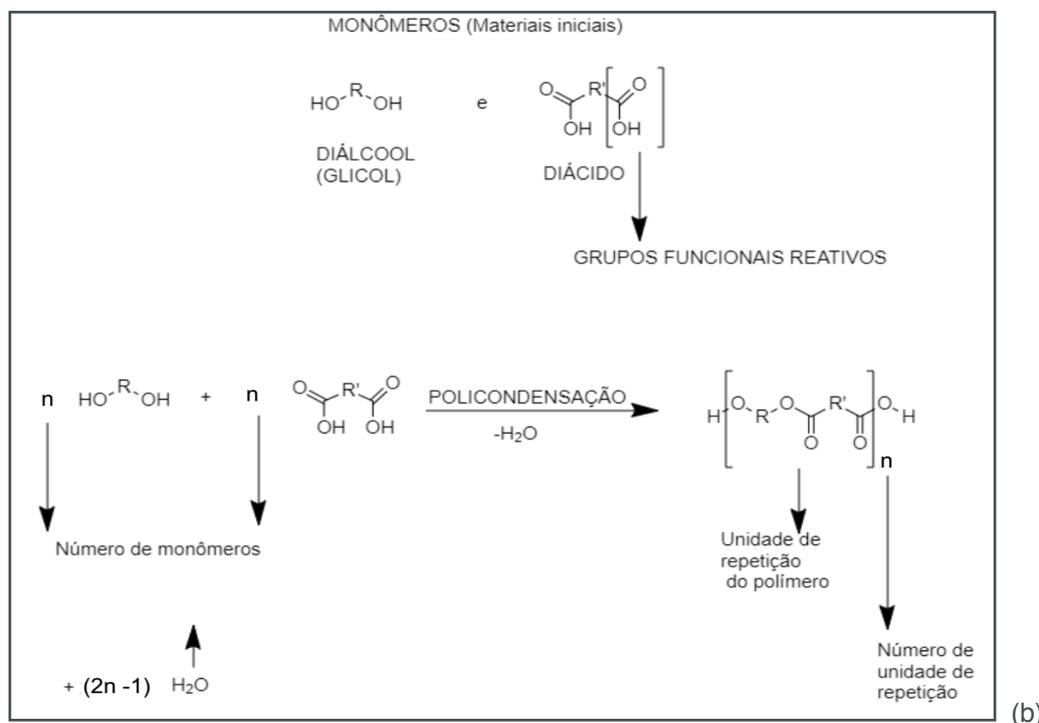


Figura1: Esquema de formação da cadeia polimérica: (a) poliadição de monômeros vinílicos, (b) policondensação para obtenção de poliéster

Considerando o mecanismo envolvido no processo, a poliadição é uma reação em cadeia que apresenta três diferentes etapas reacionais: a iniciação, a propagação e a terminação; todas as etapas com velocidade e mecanismos diferentes. Já na policondensação, a reação é em etapas e não há distinção reacional entre o início da formação do polímero e o crescimento macromolecular. Na policondensação, o crescimento da cadeia é vagaroso, aleatório, e a cadeia somente alcança peso molecular elevado após o tempo suficiente para a inter-condensação dos segmentos menores (dímeros, trímeros, oligômeros) formados. O peso molecular resultante é comumente da ordem de 10^4 g/mol, isto é, uma ordem de grandeza bem abaixo do peso molecular obtido nas poliadições. Muitas vezes os polímeros de baixo peso molecular obtidos por policondensação são empregados como pré-polímeros, com subsequente reação de cura para obtenção de artefatos. (MANO, 2004)

Embora efeitos térmicos possam causar a ruptura de uma ligação dupla em monômeros insaturados, as reações de poliadição, em geral, não são auto-iniciadas. A iniciação da polimerização pode ser provocada por agentes físicos ou químicos. Dentre os agentes físicos, destacam-se as radiações eletromagnéticas de baixa energia, as radiações eletromagnéticas de alta energia e os elétrons. Dentre os agentes químicos incluem-se compostos denominados iniciadores. Os principais iniciadores utilizados nas polimerizações são os peróxidos orgânicos (R-O-O-R) ou compostos nitrogenados contendo grupamentos azo (-N=N-). A quantidade de iniciador empregada é calculada em relação ao monômero e situa-se na faixa de 0,5-4% m/m. A velocidade da reação de polimerização depende tanto da temperatura como da concentração do iniciador. Os iniciadores, por serem bastante reativos,

possuem limitado tempo de vida útil, perdem a eficiência com o tempo. Eles devem ser guardados em lugares frescos, longe de calor ou qualquer fonte de faísca e luz, bem como devem ser estocados separadamente. (COUTINHO, 2006)

Quanto ao comportamento mecânico, os polímeros podem ser classificados como termoplásticos e termorrígidos. Os termoplásticos são polímeros constituídos de cadeias lineares ou ramificadas que sob ação de um solvente adequado se solubilizam e sob ação do calor fundem e fluem. Aplicando-se temperatura e pressão podem ser moldados, solidificando-se ao resfriar. Novas aplicações de temperatura e pressão reiniciam o processo; portanto, são recicláveis. Os termorrígidos, também conhecidos por termofixos, termo-endurecidos, polímeros reticulados, são materiais que possuem as suas cadeias poliméricas principais unidas covalentemente por ligações cruzadas. Essas ligações cruzadas são formadas por pontes de átomos, por reações posteriores as reações de obtenção do polímero. O processo de reticulação é também conhecido por reação de cura. Quando as ligações cruzadas são obtidas por compostos a base de enxofre, o nome da reação de cura é designado por vulcanização. No entanto, muitas substâncias podem ser empregadas como agente de reticulação ou agente de cura, no caso do resina de poliéster insaturado, o agente de cura é o monômero estireno. Após a reação de reticulação, o material termorrígido torna-se insolúvel e infusível. (CALLISTER, 2002; CANEVAROLO, 2010; ANDRADE, 2001)

3 | RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO

Os compostos de poliésteres insaturados diferem dos poliésteres saturados por possuírem ligações duplas na cadeia principal. Serão essas ligações duplas que serão empregadas no processo de reticulação em reações subsequentes para obtenção do artefato sólido. Os poliésteres insaturados são polímeros obtidos por policondensação da reação de misturas estequiométricas de diácidos ou anidridos saturados e insaturados com dióis. As resinas comerciais empregadas no processo de laminação em fiberglass são poliésteres insaturados de baixo peso molecular (de 65% a 75%) dissolvidos em monômeros vinílicos (de 25% a 35%). A função do monômero vinílico, em geral estireno, é a de dissolver e controlar a viscosidade dos oligômeros de poliésteres insaturados (pré-polímero), de maneira que seja adequada ao manuseio e de participar da reação de cura promovendo as ligações cruzadas entre as cadeias de poliésteres. O grau de insaturação (duplas ligações) tanto do poliéster, quanto do monômero, é que irá definir a complexidade e as características físicas da estrutura reticulada. (JADHAV, 1969)

A reação de reticulação é iniciada por ação de peróxidos, em geral o peróxido de metil etil cetona (MEK), para polimerização do monômero vinílico (estireno) por meio de reações de poliadicação via radicalar. As ligações peroxídicas possuem uma

energia de ligação em torno de 40Kcal/mol. A ruptura da ligação peroxídica ocorre geralmente com o auxílio de aquecimento. Para que o processo seja realizado a temperatura ambiente, compostos a base de cobalto (aceleradores) são adicionados à resina para auxiliar a ruptura das ligações peroxídicas do iniciador MEK e gerar os radicais livres necessários para o início da reação de reticulação. (COUTINHO, 2006; ODIAN 1991)

O grau de reticulação influenciará bastante nas propriedades de dureza, flexibilidade, resistência ao calor, resistência a abrasão, entre outras. Embora essas propriedades também possam ser modificadas por substituição de glicóis e ácidos saturados na estrutura química do poliéster. (RISSON, 1998; MANO, 2004; ODIAN,1991)

As resinas comerciais de poliéster insaturados são portanto, sistemas bicomponentes (componente A e B) onde tem-se o sistema catalítico constituído pelo iniciador (peróxido) e o pré-polímero adicionado ao monômero vinílico (poliéster + estireno + compostos a base de cobalto). A mistura do poliéster de baixo peso molecular com os monômeros vinílicos fornece um líquido de aspecto xaroposo e de fácil manipulação. A adição do catalizador/iniciador promove a reação de cura (processo de solidificação) a temperatura ambiente, permitindo moldagem de grandes peças a frio, a pressão atmosférica, com boa estabilidade dimensional pós cura. (JADHAV, 1969)

4 | TIPOS DE POLIÉSTERES INSATURADOS MAIS EMPREGADOS NA INDÚSTRIA NAVAL

As propriedades requeridas da peça em *fiberglass* dependem, entre outras coisas, da resina escolhida para o processamento do artefato. As resinas comerciais são categorizadas em função dos reagentes empregados para a obtenção delas. Os principais tipos de resinas são poliésteres ortoftálicos, poliésteres isoftálicos, resinas de poliéster bisfenólicas e resinas éster-vinílicas. (JADHAV, 1969; AUGUSTO, 1968)

4.1 Poliésteres ortoftálicos

A resina polimérica do tipo poliéster ortoftálica é usualmente obtida da reação do ácido ou anidrido ortoftálico, anidrido maleico e o propileno glicol.

No poliéster ortoftálico, os dois grupamentos provenientes do ácido ortoftálico (ou do seu anidrido), em função do seu pequeno espaçamento, fornecem um poliéster de cadeia relativamente curta. O anel aromático oriundo do anidrido ortoftálico constituinte da cadeia deste poliéster, gera um volume entre as cadeias poliméricas que minimizam as forças intermoleculares cadeia-cadeia, favorecendo a solubilização dessa resina no diluente (estireno). O poliéster formado por meio desta reação possui quatro grupamentos éster por unidade repetitiva. As ligações éster

são suscetíveis a hidrólise e isso diminui a resistência dessa resina à degradação hidrolítica. A Figura 2 apresenta a reação para obtenção da resina tipo ortoftálica.

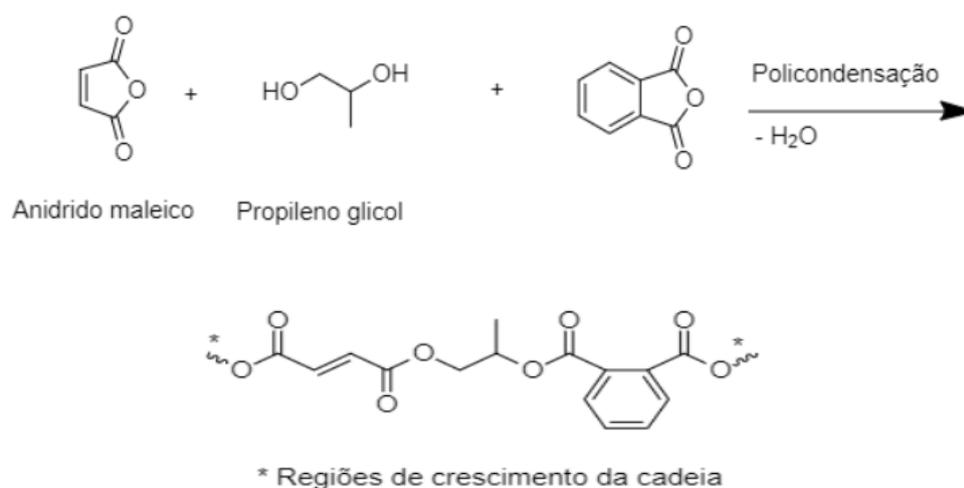
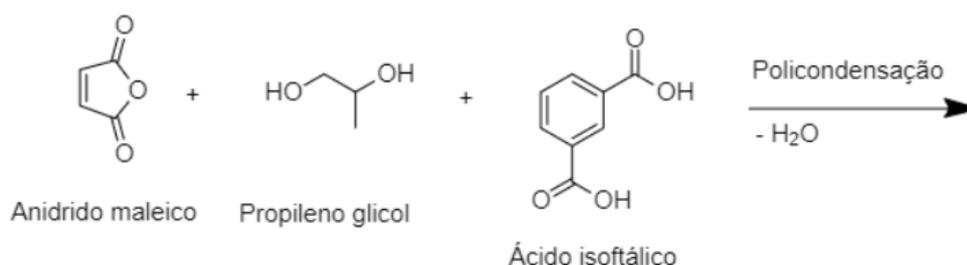
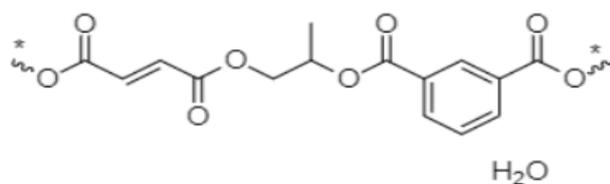


Figura 2: Representação da síntese do polímero de poliéster ortoftálico

4.2 Poliésteres isoftálicos

Poliésteres isoftálicos são obtidos substituindo o ácido ortoftálico pelo ácido isoftálico. Este, por apresentar maior distância entre os grupamentos ácidos, permite a obtenção de polímeros com cadeias carbônicas mais lineares e extensas. As forças intermoleculares serão maiores quando comparada ao poliéster ortoftálico, isto implica em maior viscosidade da resina líquida, que necessita de maiores teores de diluição em estireno. No entanto, maiores teores de diluentes podem afetar a reação de cura e prejudicar o artefato final. Uma maneira de contornar esse problema é a substituição do propileno glicol pelo neo-pentil glicol durante a reação de obtenção do poliéster. A estrutura mais ramificada do neo-pentil glicol favorecerá a solubilidade do poliéster no diluente. (NERCOLINI, 2017; ODIAN, 1991; JADHAV, 1969; AUGUSTO, 1978). A Figura 3 mostra a representação da cadeia polimérica de um poliéster insaturado tipo isoftálico.





* Regiões de crescimento da cadeia

Figura 3: Representação da reação de obtenção do poliéster isoftálico

4.3 Poliésteres Bisfenólicos

As resinas bisfenólicas são obtidas pela condensação do óxido de propileno (derivado epóxi) com o composto aromático bisfenol A, gerando uma estrutura química com grupamentos hidroxilados nas extremidades que reage por condensação em etapa subsequente com o diácido insaturado. A Figura 4 apresenta a estrutura de uma resina do tipo bisfenólica. Os poliésteres bisfenólicos apresentam poucas ligações ésteres por unidade repetitiva, o que confere ao polímero boa resistência à degradação hidrolítica. A presença de grupos aromáticos na cadeia principal, ligados na posição (1,4), confere a estrutura linearidade que favorece o aumento das forças intermoleculares cadeia-cadeia, isso pode ter efeito na diminuição da solubilidade no diluente. As reações de reticulação se darão nas extremidades do poliéster bisfenólico, melhorando propriedades térmicas e mecânicas. (NERCOLINI, 2017; ODIAN, 1991; JADHAV, 1969; AUGUSTO, 1978)

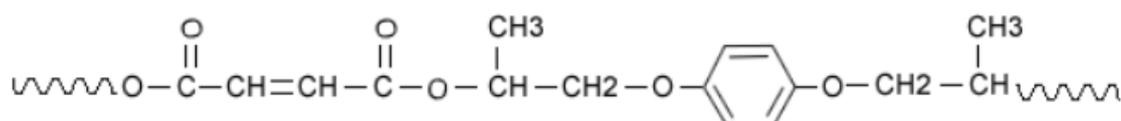
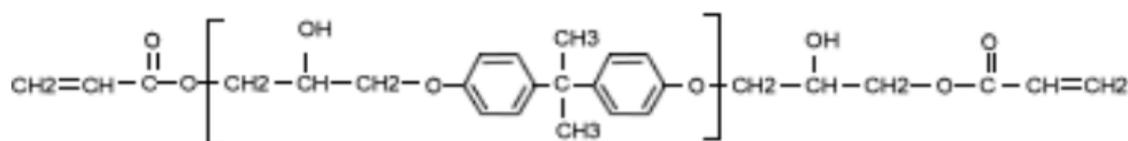


Figura 4: Representação simplificada das cadeias das resinas de poliéster Bisfenólicas

4.4 Poliésteres éster-vinílicas

Este tipo de poliéster é obtido pela condensação da epocloridrina (derivado epóxi) com o bisfenol A, seguida de modificação com derivados acrilados. A estrutura molecular do polímero apresenta grupos ésteres próximo a ligações vinílicas. A Figura 5 mostra a representação simplificada de uma cadeia da resina éster-vinilica.



As ligações vinílicas, duplas ligações carbono-carbono, que são os pontos ativos para a formação das ligações cruzadas, se localizam nas extremidades das cadeias poliméricas. A ausência das ligações cruzadas nas regiões internas das cadeias, permite que o polímero absorva energia tendo boa resistência ao impacto. Mesmo apresentando baixo peso molecular as resinas éster-vinílicas têm alta resistência química devido à pequena relação de grupos ésteres por instaurações da cadeia. Outro fator importante é a presença dos grupos hidroxilados que conferem maior polaridade a molécula. As características anfifílica da resina favorecem o processo de adesão a diversos substratos. (NERCOLINI, 2017; ODIAN, 1991; JADHAV, 1969; AUGUSTO, 1978)

5 | AS RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO E SUAS APLICAÇÕES

As resinas de poliéster insaturado são materiais extremamente versáteis. Suas propriedades de flexibilidade e rigidez podem ser alteradas substituindo um dos componentes no processo de síntese da resina. Em geral, as estruturas com maiores teores de segmentos alifáticos fornecem polímeros mais flexíveis e, em contrapartida, maiores teores de segmentos aromáticos na cadeia principal fornecem estruturas mais rígidas. A viscosidade da resina é um fator importante, pois deve ser adequada para promover a molhabilidade do material estruturante (da fibra de vidro) antes da reação de cura, para quando a reação de reticulação ocorrer durante o processo de laminação, todo o material estruturante esteja envolto pela matriz polimérica minimizando possíveis falhas de adesão entre as fases do compósito. (ROBERTS, 1984; DANIEL, 1994; HULL, 1996; NASSEH, 2011)

As resinas ortoftálica e isoftálica comerciais apresentam viscosidades comparáveis. A resina ortoftálica é a mais comum e que apresenta melhor relação custo/benefício. Em alguns casos, para a construção de cascos de embarcações, emprega-se a resina isoftálica para a área que ficará abaixo da linha d'água e a ortoftálica para a área que ficará acima da linha d'água. A resina bisfenólica é mais empregada em reparos de estruturas e a resina éster-vinílica, considerada uma resina de alto desempenho, é utilizada quando maiores propriedades químicas e mecânicas são requeridas da embarcação.

Além das resinas de poliéster insaturadas comerciais utilizadas para obtenção do compósito propriamente dito, também são empregadas resinas a base de poliéster, epóxi, ou éster-vinílica, acrescidas de cargas, pigmentos e aditivos para melhorar o acabamento de superfícies de cascos e demais peças. Essas resinas são denominadas *gelcoat* e produzem um filme de revestimento externo utilizado para proteção. O *gelcoat* é muito utilizado no setor náutico por apresentar elevada resistência à degradação, além de excelente acabamento. Sua utilização ocorre por

aplicação diretamente no molde, é normalmente empregado na cor branca, contudo, o *gelcoat* é fabricado em cores diversas, permitindo que o mesmo seja usado não só como camada protetora, mas também como acabamento cosmético. (NERCOLINI, 2017)

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Cristina Tristão de (Org.). **Polímeros – dicionário**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001
- AUGUSTO, José Marcondes Aguinelli. **Efeito do emprego de fibras de vidro curtas como reforço de resinas termo fixas**. 1978. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Estadual de Campinas. Campinas
- CALLISTER JÚNIOR, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- CANEVAROLO, Sebastião J.R. **Ciência dos Polímeros**. 3 Ed. Rio de Janeiro: Artriber, 2010
- CARVALHO, Augusto. **Fiberglass versos aço Especificações, instalações e manutenção de equipamentos de fibreglas para ambientes agressivos**. Ed 2. Rio de Janeiro: Editora do Brasil, 1996.
- DANIEL, I.M.; ISHAI, O, **Engineering Mechanics Of Composite Materials**, Oxford University Press, 1994
- HULL, D and CLYNE, TW, **An Introduction to Composite Materials**, 2nd ed, Cambridge University Press, 1996
- JADHAV J Y, KANTOR S W – **Polyester**. In: Mark H F, Gaylord N G & Bikales N M. Encyclopedia of Polymer Science and Technology; John Wiley, Nova York, 1969
- LOPEZ, Setti. M. **Tecnologia do Fiberglass**. 1 ed. Rio de Janeiro: Isiz, 1989
- MANO, Eloisa Bisotto. MENDES, Claudio. **Introdução a polímeros**. 2. Ed. São Paulo:Edgard Blüchen, 2004
- NASSEH, Jorge. **Manual de construção de barcos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Barracuda Advanced Composites, 2011.
- NERCOLINI, Eduardo. **Investigação das Propriedades Físicas e Mecânicas de Peças em Compositos Utilizando Gelcoat e Tinta Poliéster**. 2017. 98 p. Defesa de Tese (Bacharelado em Engenharia Naval). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Engenharias da 28 Mobilidade, Joinville, 2017
- ODIAN, G. **Principles of Polymerization**. 3rd Ed. Local: Wiley-Interscience Publication, 1991
- RISSON, P. et al; **Reaproveitamento de Resíduos de Laminados de Fibra de Vidro na Confecção de Placas Reforçadas de Resina Poliéster**; Polímeros: Ciência e Tecnologia Ano 1998, universidade de Caxias do sul. 98.
- ROBERTS, J. **Fiber Glass Boats: Construction, Repair and Maintenance**. 1 ed. Estados Unidos da America: W. W. Norton & Company, 1984

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes 109, 310, 311, 312, 313, 314

Aminas primárias 81, 84, 85

Atividade antioxidante 144, 146, 151, 152, 153, 155, 156

B

Bioimpressão 193, 194, 195, 196, 199

C

Castanhola 74, 75, 79

Compostos multifuncionais 64, 67

Compressores Herméticos 34, 35, 36, 39, 40

Construção Civil 102, 105, 112, 113, 157, 179, 363

CPTEC 205, 206, 207, 208, 217

E

Equações lineares 45, 233, 236, 237, 238, 239, 240, 353

Estrutura axiomática 183, 186, 189

F

Fonte de fissão 41, 42, 44, 45, 47, 48, 49

G

Geoprocessamento 1, 2

H

Hemocentro 317, 322, 323, 324, 326

Hibridização 64, 65, 67, 68, 69, 71

L

Lesson Study 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225

Leveduras 8

M

Mapeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 181, 280

Mecânicas de eritrócitos 226

Multi-objetivo 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 287

Mutagênese 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18

P

PHB/PC 253, 254, 257, 261, 262, 264

Protocolos de redes 52

R

Redes neurais 349, 350, 351, 354, 356, 358, 359, 360, 361, 362

Risco de inundação 1, 3, 4, 5, 6, 7

S

Smart Grids 51, 52, 53, 61

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-622-5

