



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 3

---

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 3

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 3 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-432-0 DOI 10.22533/at.ed.320192506  1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.  CDD 658.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE	
Miguel Adriano Inácio	
Maria do Carmo de Andrade Nono	
José Vitor Cândido de Souza	
Sergio Luiz Mineiro	
Daniel Alessandro Nono	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MODELO ELASTOPLÁSTICO EM ROCHA CARBONÁTICA CARSTIFICADA	
Rayane Conceição Ribeiro da Silveira Mattos	
Daniel Araújo Farias de Melo	
Marinésio Pinheiro de Lima	
Tiago de Freitas Viana	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS	
Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira	
Pedro Eliézer de Araújo Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
MICROPOROUS ACTIVATED CARBON FIBER FELT FROM BRAZILIAN TEXTILE PAN FIBER: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE	
Jossano Saldanha Marcuzzo	
Aline Castilho Rodrigues	
Andres Cuña	
Nestor Tancredi	
Eduardo Mendez	
Heide Heloise Bernardi	
Mauricio Ribeiro Baldan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>55</b>
ANÁLISE COMPARADA DE UM AGREGADO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LASTRO DE VIAS FÉRREAS DO TIPO <i>HEAVY HAUL</i> POR MEIO DE ENSAIOS TRIAXIAIS	
Bruno Guimarães Delgado	
Antônio Viana da Fonseca	
Eduardo Fortunato	
Daniela Raquel Ferreira Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925065</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>71</b>
CARACTERIZAÇÃO EM FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA DE FIOS DE ARAME DE SOLDA	
Ingrid Ariani Belineli Barbosa	
Heide Heloise Bernardi	
William Marcos Muniz Menezes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925066</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>80</b>
ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM	
Luís Henrique Pires da Silva	
Alex Sander Chaves da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>92</b>
ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA	
Eduardo Pires Bonhin	
Sarah David Müzel	
Marcel Yuzo Kondo	
Lúcia de Almeida Ribeiro	
José Vitor Candido de Souza	
Marcos Valério Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>100</b>
CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 e ASTM B-117	
Leonardo de Souza Coutinho	
Alexandre Alvarenga Palmeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>111</b>
MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: COLHEITADEIRAS AXIAIS X RADIAIS	
Filipi José Arantes Lemos	
João Mario Mendes de Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>127</b>
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA PARA O PROJETO DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES	
Jamile Maria Araujo Tavares	
Rejane Martins Fernandes Canha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250611</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>142</b>
ESTUDO NUMÉRICO DE UM EQUIPAMENTO DE SECAGEM	
Eduardo Dal Piva Schuch	
Magaiver Gabriel Lamp	
Conrado Mendes Morais	
Ângela Beatrice Dewes Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250612</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>153</b>
SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A COMBUSTÃO DE GASOLINA	
Felipe Michael Grein	
Jean Lucas Pereira	
Luiz Felipe Weck	
Olaf Graupmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250613</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>156</b>
MODELAGEM DE PID PARA SISTEMA DE CONTROLE DE RAMPAS DE TEMPERATURA EM BRASSAGEM	
Gabriel Queiroz	
Marcelo Barros de Almeida	
Márcio Jose da Cunha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>168</b>
MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS DINÂMICOS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	
Lucas Divino Alves	
Neylor Makalister Ribeiro Vieira	
Emerson Paulino dos Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>183</b>
APLICAÇÃO E ANÁLISE VIA MEC EM PROBLEMAS DE TERMOELASTICIDADE 2D	
Luis Vinicius Pereira Silva	
Gilberto Gomes	
João Carlos Barleta Uchôa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>198</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO HETEROGÊNEO	
Raquel Oliveira Lima	
José Arthur Oliveira Santos	
Antônio Jorge Vasconcellos Garcia	
Felipe Barreiros Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>207</b>
TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO	
Erich Potrich	
Sérgio Correia da Silva	
Larissa Souza Amaral	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250618</b>	

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>215</b>
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEPOSIÇÃO ORGÂNICA EM OPERAÇÕES DE MISTURA DE PETRÓLEOS NO TANQUE DE ESTOCAGEM EM REFINARIAS DE PETRÓLEO	
Rosberguer de Almeida Camargo	
Mauren Costa da Silva	
Rafael Beltrame	
Darci Alberto Gatto	
Antônio Carlos da Silva Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>223</b>
AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAR A ILUMINÂNCIA EM UM AVIÁRIO EXPERIMENTAL	
Giovanni Polette Dalla Libera	
Victor Moreira Leão	
Vitor Augusto de Sousa	
Matheus Fernando Lima Zuccherelli de Souza	
Renata Lima Zuccherelli de Oliveira	
Marcelo Eduardo de Oliveira	
Adriano Rogério Bruno Tech	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>230</b>
CONTROLADOR FUZZY SINTONIZADO POR ALGORITMO GENÉTICO EM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	
Lenon Diniz Seixas	
Diego Solak Castanho	
Hugo Valadares Siqueira	
Fernanda Cristina Corrêa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250621</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>243</b>
CONTROLADORES ROBUSTO APLICADO A CONVERSORES CC-CC	
Luiz Otávio Limurci dos Santos	
Luiz Antonio Maccari Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250622</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>261</b>
PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA ESTUDO DE MOTOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 8/6	
Marcos José de Moraes Filho	
Luciano Coutinho Gomes	
Darizon Alves de Andrade	
Josemar Alves dos Santos Junior	
Wanberton Gabriel de Souza	
Cássio Alves de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250623</b>	

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>275</b>
ESTUDO COMPARATIVO DE MODELAGENS DE ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISES DE ESFORÇOS ELETROME CÂNICOS	
Pedro Henrique Aquino Barra Arnaldo José Pereira Rosentino Junior Antônio Carlos Delaiba	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>287</b>
PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA	
Vitor Hörbe Pereira Da Costa Antônio Flavio Licarião Nogueira Leonardo José Amador Salas Maldonado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>294</b>
SIMULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO E CORRENTE ELÉTRICA EM TECIDOS BIOLÓGICOS	
Guilherme Brasil Pintarelli Afrânio de Castro Antonio Jr. Raul Guedert Sandra Cossul Daniela Ota Hisayasu Suzuki	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>307</b>
SISTEMA DE PRESENÇA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA	
Giovani Formaggio Mateus Ricardo Barroso Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>322</b>
SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4	
Jobson De Araújo Nascimento José Moraes Gurgel Neto Alexsandro Aleixo Pereira da Silva Regina Maria de Lima Neta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>333</b>
ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO	
Rideci Farias Tiago Matias Lino Haroldo da Silva Paranhos Itamar de Souza Bezerra Ranieri Araújo Farias Dias Alexsandra Maiberg Hausser	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250629</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>346</b>

## CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 E ASTM B-117

**Leonardo de Souza Coutinho**

UniFOA – Mestrado em Materiais / MEMAT

Volta Redonda – Rio de Janeiro

**Alexandre Alvarenga Palmeira**

UERJ – Departamento de Mecânica e Energia /

FAT

Resende – Rio de Janeiro

**RESUMO:** A necessidade de se ampliar os conhecimentos sobre o grau de resistência a várias solicitações sejam elas mecânicas, químicas, térmicas e outras fez com que houvesse um vislumbamento de uma necessidade real de se ter um aparelho com características tão distintas quanto o de simular uma atmosfera corrosiva. Essa necessidade serviu de propulsor para desenvolver este projeto. O mesmo se deu baseado em tradução e interpretação de normas aliados a visitas técnicas com pesquisas em sites e catálogos. Foi elaborado um compêndio de idéias cujos objetivos são de aliar o mínimo que as normas solicitam com soluções implementadas e já sacramentadas comercialmente. Este trabalho se dá em duas partes distintas que são a engenharia aplicada para a construção da máquina e a elaboração de procedimentos para se alcançar o objetivo final ao qual ela se destina. A câmara construída foi feita em chapa de aço carbono, revestida com fibra, possui

um saturador para filtrar e fornecer um ar com temperatura controlada, painel de comando e coletor de solução, tudo em um ambiente estanque.

**PALAVRAS-CHAVE:** normas, névoa salina, corrosão, câmara, procedimentos

**ABSTRACT:** The need to increase the knowledge about the degree of resistance to various mechanical, chemical, thermal and other requests made it possible to have a glimpse of a real need to have an apparatus with characteristics as different as that of simulating a corrosive atmosphere. This need served as a driving force to develop this project. The same was based on translation and interpretation of standards allied to technical visits with searches on websites and catalogs. A compendium of ideas was elaborated whose objectives are to ally the minimum that the norms request with solutions implemented and already sacramentadas commercially. This work takes place in two distinct parts that are the applied engineering for the construction of the machine and the elaboration of procedures to reach the final objective for which it is intended. The chamber was made of carbon steel plate, coated with fiber, has a saturator to humidifying and provide a temperature controlled air, control panel and solution collector, all in a leakproof environment.

**KEYWORDS:** standards, salt spray (fog), corrosion, chamber, procedures.

## 1 | INTRODUÇÃO

Devido a sua importância, inclusive no desenvolvimento da humanidade, o aço e as ligas ferrosas se tornaram objetos de estudos onde os investimentos alcançam a casa dos milhões de dólares.

O uso massificado do aço como material para construção em engenharia forçou a elevar o conhecimento sobre as ações que a corrosão desenvolve sobre ele, tendo em vista que o aço possui baixa resistência a este fenômeno.

Não existe no Brasil estudos conclusivos ou pesquisas que envolvam os prejuízos causados pela corrosão, entretanto é importante destacar recentes resultados extraídos do estudo intitulado “Corrosion Cost and Preventive Strategies in the United State” que se deu no período compreendido entre 1999 e 2001 por CC Technologies Highway Administration. Dele chegou-se na cifra de 276 bilhões de dólares que equivale a 3,1% do PIB dos EUA e em 552 bilhões de dólares de custo indireto<sup>[Gentil, 2011]</sup>. O gráfico abaixo mostra os gastos com corrosão no período considerado nos cinco maiores setores da economia norte americana que ajudam a compor a cifra citada acima.

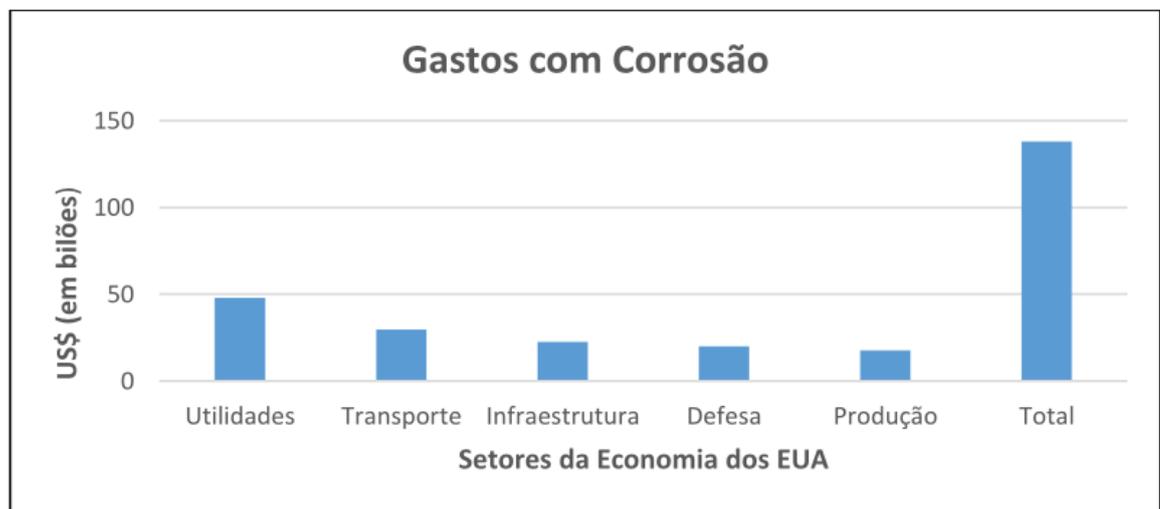


FIGURA 1: Gastos com corrosão nos EUA entre 1999 e 2001

É importante salientar que proteger contra a corrosão é mais que uma questão puramente econômica. É imperativo para a proteção do meio ambiente, garantia da integridade dos ativos, saúde e segurança das pessoas. No Brasil a mola propulsora para o estudo da corrosão se deve principalmente a PETROBRAS, devido a suas plataformas de estruturas metálicas se encontrarem no mar e os estudos e procedimentos lá elaborados servem de parâmetro de utilização para as outras empresas em todo o país.

O conhecimento da composição do aço e suas ligas associados aos fenômenos

da corrosão se faz necessário para elaborar o melhor procedimento, que atenda a maior quantidade possível de requisitos no combate a sua deterioração. Conhecer e saber identificar os conceitos de composição do aço a ser trabalhado, a corrosão, a oxidação e outros contrapontos são de suma importância para a elaboração de tais procedimentos de proteção que visam mitigar a ação externa sobre as estruturas.

Desenvolver uma máquina para execução de corrosão acelerada por névoa salina com pulverização de uma solução salina sobre as amostras a serem testadas se faz importante em um cenário onde as empresas necessitam um alto grau do produto seja ele vendido ou comprado. Os resultados obtidos por ensaio de névoa salina são utilizados sobretudo em especificações preestabelecida por clientes e literatura técnica servindo para avaliar, por exemplo, os benefícios de novos sistemas de pintura.

## 2 | OBJETIVOS

Construir uma máquina que obedeça os requisitos mínimos necessários para a execução e verificação de ensaios acelerados de corrosão em materiais metálicos já estabelecidos e avaliar a corrosividade de uma câmara de salt spray mediante a normas internacionais.

## 3 | MÁQUINA DE TESTE (SALT SPRAY)

O aparato para teste deve, obrigatoriamente, possuir itens que permitam sua execução. Estes itens são: câmara, reservatório de solução, fornecimento adequado de ar comprimido, no mínimo um bico atomizador, suporte para os corpos de provas, sistema de aquecimento da câmara e um controle eficaz das variáveis físicas tais como: pressão, temperatura, vazão e perda de massa <sup>[ASTM B117, 2003]</sup>.

## 4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho em questão, serão consideradas duas divisões para materiais e métodos. A primeira é sobre o projeto de construção da máquina e a segunda é sobre sua operacionalização que não será abordada neste artigo.

Foi usado névoa salina neutra (NSS) a base de cloreto de sódio (NaCl), embora a máquina também esteja preparada para receber névoa salina por ácido acético (AASS) ou névoa salina por ácido acético acelerado por cobre (CASS), desde que a mesma seja lavada adequadamente e usado reservatório de solução distintos.

A máquina construída necessita atender aos pré requisitos descritos abaixo segundo ao que a Norma ISO 9227 solicita. São elas:

- O volume interno do gabinete não deve ser inferior a  $0,4 \text{ m}^3$ ;
- A pressão de atomização deve ter uma sobrepressão garantida de 0,7 BAR;

- De acordo com a pressão de trabalho, há um guia de valores de temperatura de água quente dentro da torre de saturação que deve ser respeitado [ISO 9227, 2006].
- A máquina deve possuir dispositivo de coleta de névoa adequado constituídos por funis que deverão ser inseridos em coletores graduados ou recipiente semelhante;
- Deve-se usar de 4 a 6 corpos de provas de tiras laminadas a frio cujas dimensões são: 1 milímetro de espessura com  $150 \pm 70$  milímetros de comprimento e largura;
- A operação do equipamento de teste somente será considerada satisfatória se a perda de massa de cada amostra devidamente posicionada dentro do aparato for de  $70 \pm 10 \text{ g/m}^2$  durante 48 horas de operação;

#### 4.1 Projeto da Máquina

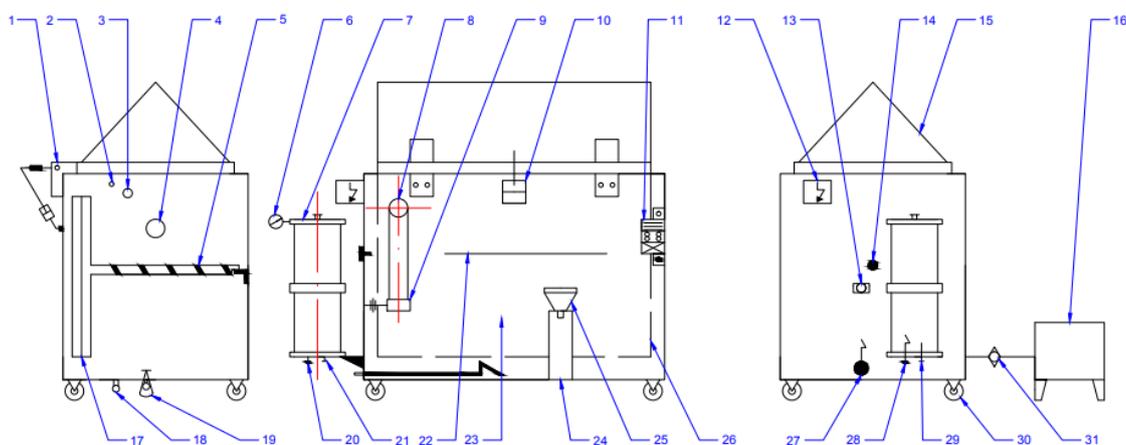


FIGURA 2. Esquemático Salt Spray Modelo Coutispray Fogtest

Os itens da numeração contida na figura 2 serão detalhados abaixo seguindo a ordem, quando aplicável e possível, do desenho.

##### 1. Mancal da Articulação

Foi projetado um modelo de mancal articulável por com auxílio de pino que possibilita a abertura e fechamento da tampa do gabinete (item 1 da figura 2). Os mesmos foram confeccionados de PVC por se tratar de um elemento inerte a qualquer tipo de solução que possa vir a ser utilizada. Os pinos foram confeccionados de aço inox por possuir maior resistência mecânica que os mancais.

##### 2. Bocal de Enchimento

Foi concebido único e exclusivamente no preenchimento de óleo do reservatório da jaqueta (item 2 da figura 2). O preenchimento deve ser executado com o auxílio de um funil plástico que acompanha a máquina, cuja finalidade é mitigar possíveis ocorrências de contaminação do solo pelo óleo utilizado em possíveis vazamentos durante o preenchimento.

##### 3. Respiro de Ar da Jaqueta

Com o intuito de manter a pressão atmosférica dentro deste reservatório, foi introduzido um sistema conhecido como respiro de ar (item 3 da figura 2) [Drexler, 2008].

É prática comum a instalação de respiros na parte superior de todo e qualquer reservatório para garantir que a pressão atmosférica no tanque [Fialho, 2003].

#### 4. Exaustão da câmara

Todo excedente de névoa produzido deve ser devidamente descartado fora do recinto onde se encontra a máquina de salt spray (item 4 da figura 2) sob o risco de proporcionar contaminações indesejadas nas outras instalações do laboratório.

#### 5. Suportes dos Corpos de prova

Foram confeccionados suportes em madeira (item 5 da figura 2) e com a menor área de contato possível com os corpos de prova conforme ilustração contida na figura 3.

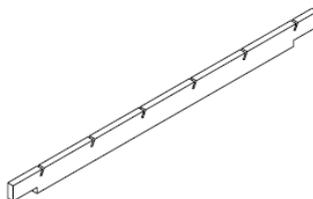


FIGURA 3 . Suporte dos corpos de provas

#### 6. Regulador de pressão

Regula (ajusta) a pressão de ar fornecido pelo compressor (item 6 da figura 2). Possui um elemento filtrante incorporado no seu corpo cuja função é o de reter particulado sólido contidos no trecho de tubulação contido entre o compressor e o consumidor final que neste caso é a própria máquina de ensaio.

#### 7. Saturador

Equipamento responsável por saturar o ar comprimido a ser pulverizado dentro da câmara de ensaio acelerado de corrosão com aumento de sua umidade garantindo um nevoeiro úmido (item 7 da figura 2) [ASTM B 117, 2003; ISO 9227, 2006].

Equipamento adquirido por fabricante homologado. Este saturador não deve interferir na temperatura interna do gabinete. A pressão e temperatura do ar saturado podem ser controladas por instrumentos tais como termômetro e manômetro montados logo após o saturador.

#### 8. Torre nebulizadora

Projeto baseado (idealizado) em um sistema de nebulização da indústria fabricante de pneu. Esta torre (item 8 da figura 2) é responsável por conduzir a névoa produzida até a parte superior do gabinete antes do início da tampa e vedação da máquina.

#### 9. Suporte e Bico Pulverizador

Também adquirido por fabricante homologado, este particionado da máquina é

responsável por efetuar a mistura da solução de NaCl com o ar comprimido fornecido sob a pressão de 0,7 BAR (item 9 da figura 2). Esta mistura é expulsa do pulverizador sob a forma de névoa salina saturada.

A figura abaixo ilustra a forma construtiva do bico segundo a ASTM B-117

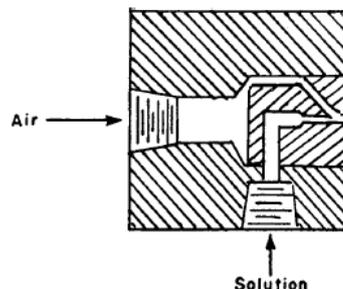


FIGURA 4 . Bico pulverizador típico, sugerido por norma

## 10. Acionamentos Pneumáticos

Foram introduzidos um sistema que inclui uma válvula direcional e um cilindro pneumático (itens 10 e 11 da figura 2) que possibilitam o controle de fechamento e abertura da tampa do gabinete.

## 11. Painel Elétrico de Comando

Painel desenvolvido com dois controladores cuja função é o de sincronizar a entrada e a saída do acionamento das resistências fazendo uma interface de comunicação entre as mesmas e os termômetros instalados (item 12 da figura 2). Este painel também possui um contador de tempo que trabalha exclusivamente na modalidade automática de parametrização com display dedicado conforme figura 5.

Neste mesmo painel é possível controlar a abertura e fechamento da tampa devido a sua ligação direta aos solenóides da válvula direcional. Os valores de comando ajustados são referenciados em normas.



FIGURA 5 . Painel elétrico de comando

## 12. Manômetros e Termômetros (PT100)

Instrumentos instalado que pertecem ao quadro de comando das variáveis de

controle da máquina contruída (itens 13, 14 e 29 da figura 2). Os manômetros são instrumento que auxiliam no ajuste das pressões conforme solicitações das normas e os termômetros PT100 para para coletar informações de temperatura do saturador e da jaqueta de óleo. Esse range a ser respeitado de temperaturas máximas e mínimas podem ser acompanhados pelo display digital dos controladores instalados no painel elétrico de comando.

### 13. Tampa do Gabinete

Concebida em material acrílico (item 15 da figura 2) respeitando a geometria baseado em solicitação normativa e seu ângulo de cunha foi dado por 125 graus conforme indicado na figura 7 [ASTM B 117, 2003]. Projetada de maneira tal que, as gotículas de solução pulverizada que se formam em sua superfície não caia nos corpos de prova que estão sendo testados [ASTM B 117, 2003; ISO 9227, 2006] conforme figura 6.

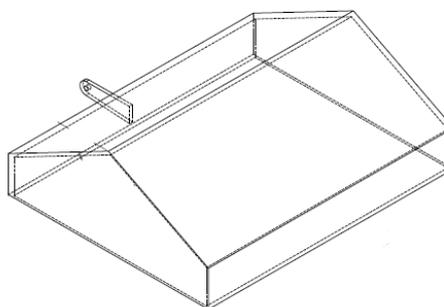


FIGURA 6 . Tampa do gabinete

### 14. Reservatório de Solução

Componente do projeto responsável por armazenar a solução preparada (item 16 da figura 2). Deve possuir capacidade suficiente de armazenamento de solução que seja capaz de atender todo o ensaio em sua execução.



FIGURA 7 . Reservatório de solução

### 15. Visor de Nível da Jaqueta de Óleo

Responsável por indicar o nível de óleo contido na jaqueta (item 17 da figura 2).

Este nível deve ser constantemente inspecionado, onde em caso de nível baixo pode ocasionar um superaquecimento da resistência e sua possível queima, além de não proporcionar um aquecimento uniforme na atmosfera interna do gabinete.

### 16. Drenos Incorporados

A máquina possui dois drenos embarcados (itens 18 e 19 da figura 2), um para o óleo da jaqueta e outro a ser utilizado após utilização da máquina que deve estar livre de resquício de qualquer tipo de contaminação proveniente do ensaio antecessor.

### 17. Anteparo para Suportes dos Corpos de Prova

Idealizado para comportar os suportes de madeira dos corpos de prova (item 22 da figura 2).

### 18. Gabinete

O gabinete (item 23 da figura 2) não deve possuir uma capacidade atmosférica interior inferior a  $0,4 \text{ m}^3$  uma vez que, em volumes menores, houve dificuldades em garantir uma distribuição uniforme do spray <sup>[iso 9227, 2006]</sup>. Para tanto, foram calculados as dimensões mínimas que devem ser atendidas, considerando a área do cubo do gabinete mais a área geométrica fornecida pela tampa. Na tabela abaixo será explanado as dimensões consideradas.

Região do Gabinete	Frente (em m)	Altura (em m)	Profundidade (em m)	Volume (em $\text{m}^3$ )
Cubo Interior	0,77	0,73	0,61	0,343
Cubo Retangular da Tampa	0,825	0,13	0,645	0,0692
Cubo Triangular da Tampa	0,645	0,16788	0,825	0,0447
<b>Volume Total</b>	<b>0,457 <math>\text{m}^3</math></b>			

TABELA 1 . Volume Interno do Gabinete (em  $\text{m}^3$ )

### 19. Sistema de Coleta de Solução para Análise

A coleta de solução deve ser feita por dispositivo feito de material quimicamente inerte, em recipiente graduado (item 24 da figura 2). Este recipiente deve ser acoplado a um funil de diâmetro de 100 milímetros, o que corresponde a uma área de recolha de aproximadamente  $80 \text{ cm}^2$ . Os dispositivos coletores devem ser colocados na zona do gabinete interno onde os corpos de prova são colocados. Estes valores de coleta são tabelados por norma.

### 20. Jaqueta de Óleo

Item 25 da figura 2, a jaqueta é um recipiente localizado entre os gabinetes interno e externos da máquina cuja principal finalidade é proporcionar um aquecimento indireto e homogêneo da temperatura interna do gabinete. Para este projeto foi deixado uma distância lateral de 25 milímetros nas laterais e na parte frontal e 45 milímetros no fundo onde será inserido uma resistência de imersão como particionado importante

no controle desta temperatura.

### **21. Resistências Elétricas**

A máquina possui duas resistências elétricas instaladas, uma na jaqueta de óleo e outra no saturador (itens 26 e 27 da figura 2 respectivamente). A função da resistência é a de reaquecer e manter a temperatura dos fluidos dos dois reservatórios que, em conjunto com um termostato liga e desliga de acordo com o range de temperatura previamente ajustado sugerido em norma.



FIGURA 8 . Resistência elétrica

### **22. Rodízios**

Elementos de máquina instalados cuja finalidade é de facilitar a movimentação da máquina dentro do laboratório (item 29 da figura 2).

### **23. Filtro de Solução**

Elemento introduzido ao projeto conforme figura 9 para que fique em um posição intermediária ao reservatório de solução e o sistema de atomização (item 30 da figura 2). Os orifícios do bico pulverizador são de diâmetros muito pequenos e pensando como um possível contra medida para o não entupimento deste bico foi introduzido um elemento filtrante cuja finalidade primordial é impedir que eventuais cristais de cloreto de sódio possa vir a entupir este bico [ABNT NBR 8094, 1983].



FIGURA 9 . Filtro de solução

## **5 | MÁQUINA CONSTRUÍDA**

A máquina contruída apresentou os aspecto físico mostrado na figura 10 abaixo.



FIGURA 10 .Aspecto físico da máquina após sua utilização

## 6 | CONCLUSÃO

A máquina foi confeccionada dentro do que foi planejado respeitando todos os detalhes construtivos e obedecendo o que a norma ISO 9227 solicita, associada as valiosas informações contidas na norma ASTM B 117. Foi inserido uma automação robusta para controle dos parâmetros determinados.

Da parte operacional, foram feitos os testes com 4 corpos de prova, quantidade esta solicitada em normas, em uma operação de 48 horas de exposição, sendo atingidos os resultados esperados. O gráfico abaixo melhor ilustra os resultados obtidos.

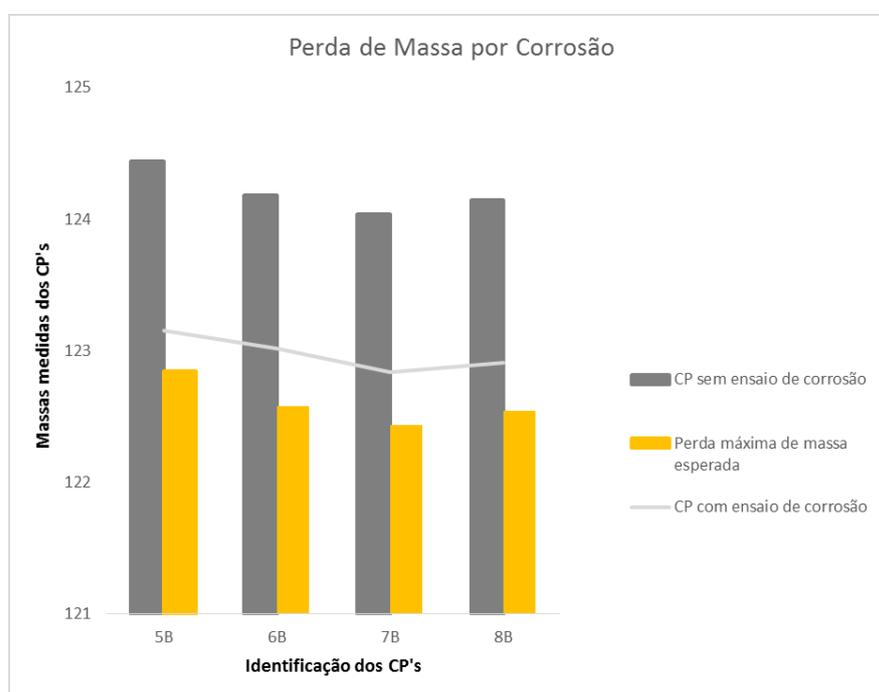


FIGURA 11 . Resultado dos testes alcançados

Este gráfico nos informa que foram verificadas as massas dos corpos antes e logo após o ensaio. O valor esperado teria que necessariamente estar compreendido entre o valor máximo de massa do corpo de prova medido antes da execução do ensaio e a

massa máxima perdida devido a execução do ensaio. O gráfico aponta que a máquina alcançou este objetivo, podendo portanto, ser utilizada como uma ferramenta de caracterização de resistência do metal submetida em atmosferas corrosivas altamente concentradas.

A mesma se mostrou robusta para ensaios com alta repetitividade com pouco ou nenhum desgaste aparente da máquina e seus instrumentos embarcados. O único problema encontrada e já alterado no projeto original concebido foi aumentar a espessura das paredes da tampa e inserir o olhal na mesma fazendo-a como sendo peça única para receber o encaixe do cilindro pneumático.

Para manusear a máquina de forma que a mesma possua repetitividade nos ensaios futuros, um treinamento específico deverá ser dado junto aos técnicos executantes do laboratório da instituição.

A máquina se mostrou eficaz e confiável ao processo a que se destina aparentando, visualmente, que consegue manter uma repetitividade de ensaios de forma confiável.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 8094 Jul 1983 - **Material metálico revestido e não revestido - Corrosão por exposição à névoa salina** - Jul 1983

ASTM B-117; **Methods of Salt Spray (Fog) Testing, Annual Book of ASTM Standards, vol. 03.02**, (Philadelphia, PA: ASTM) – 2003

DREXLER. P., et al – **Planejamento e Projeto de Sistemas de força hidráulica** – volume 3 - 2008

FIALHO, A. B., **Automação Hidráulica (Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos)**. 2ª ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2003

GENTIL, V. **Corrosão**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2011

ISO 9227 International Standard; **Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests** - jul 2006

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-432-0

