

The background is a dark blue gradient. It features several white line-art gears of various sizes. In the center, there is a faint, semi-transparent image of a person's head in profile, looking downwards. The overall theme is technology and industry.

# Gears of the future

Adriano Pereira da Silva  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

The background is dark grey with a complex pattern of white and light grey gears of various sizes. In the center, there is a faint, light grey silhouette of a person's head in profile, facing right. The overall aesthetic is technical and futuristic.

# Gears of the future

Adriano Pereira da Silva  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Adriano Pereira da Silva

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

G292 Gears of the future / Organizador Adriano Pereira da Silva. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-868-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.684220402>

1. Gears of the future. I. Silva, Adriano Pereira da  
(Organizador). II. Título.

CDD 303.49

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A coleção “Organização Gears of the future” versa a pluralidade científica e acadêmica, permeando as singularidades das várias obras que compõem os seus capítulos. O volume apresentará trabalhos, pesquisas, relatos que promovem as diversas formas da aplicação da engenharia de produção, de modo interdisciplinar e contextualizada, em sua gama de conteúdo iterativo.

O principal objetivo é expor, de forma categórica e clara, as pesquisas realizadas nas diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais, cujos trabalhos contemplam diretrizes relacionadas à automação, cromatografia, estilos de aprendizagem, identificação de sistemas, impressão 3d, melhoramento de solo, métodos numéricos, reconhecimento de padrões e áreas correlatas.

Portanto, os tópicos discutidos em sociedade, empresariado e academia, são trazidos para um âmbito crítico e estruturado, estabelecendo uma base de conhecimento para acadêmicos, professores e todos aqueles que estão interessados na engenharia de produção e/ou industrial. Assim, salienta-se a importância das temáticas abordadas nesta coleção, visto pela evolução das diferentes ferramentas, métodos e processos que a indústria 4.0 desenvolveu ao longo do tempo e sendo capaz de solucionar problemas atuais e vindouros.

Deste modo, esta obra propõe uma teoria a partir dos resultados práticos obtidos por diversos professores e estudiosos que trabalharam intensamente no desenvolvimento de seus trabalhos, que será apresentada de forma concisa e pedagógica. Sabemos da importância da divulgação científica, por isso também destacamos a estrutura da Atena Editora para fornecer a esses entusiastas da pesquisa científica uma plataforma integrada e confiável para a exibição e divulgação de seus resultados.

Adriano Pereira da Silva



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### RETROSPECTIVA DE LA FORMACIÓN DEL INGENIERO FORESTAL ANTE LA CRISIS AMBIENTAL DEL PLANETA


Zazil Ha Mucui Kac García Trujillo

Alicia Avitia Deras

Jorge Antonio Torres Pérez

Martha Alicia Cazares Moran


Víctor Manuel Interian Ku

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204021>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PROJETO DE TÚNEIS EM MACIÇOS FRATURADOS

Frederico Veiga Ribeiro Gonçalves


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204022>

### **CAPÍTULO 3..... 30**

#### CONTROLE ADAPTATIVO USADO EM DOIS ELOS DE UM ROBÔ ELETROMECAÂNICO DE CINCO GRAUS DE LIBERDADE

José Antonio Riul

Paulo Henrique de Miranda Montenegro


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204023>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### DESENVOLVIMENTO DE UM KIT DIDÁTICO COM SENSOR DE TEMPERATURA E BARRA DE LEDS UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR COM NÚCLEO 8051

Eduardo Batista dos Santos

Salvador Pinillos Gimenez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204024>

### **CAPÍTULO 5..... 59**

#### DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS EM BORRACHA NATURAL PARA DIFERENTES SISTEMAS DE VULCANIZAÇÃO

Arthur Pimentel de Carvalho

Harison França do Santos

Carlos Toshiyuki Hiranobe

Eduardo Roque Budemberg

Gabriel Deltrejo Ribeiro

Giovanni Barrera Torres


Jose Francisco Resende

Leonardo Lataro Paim

Leandra Oliveira Salmazo

Miguel Ángel Rodríguez Pérez

Renivaldo José dos Santos


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204025>

**CAPÍTULO 6..... 73**

**BIOMATERIALS FOR THE STUDY OF CANCER**

Nicolas Lara

Maria Inês Basso Bernardi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204026>

**CAPÍTULO 7..... 90**

**INFLUENCIA DEL CLIMA EN EL CRECIMIENTO RADIAL EN UNA PLANTACIÓN DE *Pinus greggii* EN SANTIAGO DE ANAYA HIDALGO, MÉXICO**

Pedro Antonio Domínguez-Calleros


Rodrigo Rodríguez-Laguna

José Rodolfo Goché Télles

Norberto Domínguez-Amaya

Héctor Manuel Loera-Gallegos

Jesús Alejandro Soto-Cervantes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204027>

**CAPÍTULO 8..... 102**


**INVESTIGAÇÃO HIDROLÓGICA DA MICRO BACIA DO CÓRREGO DO AFLUENTE DO VEADO, NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP**

Karen Caroline Rodrigues Ferreira

Alexandre Teixeira De Souza

Gabriel Itada Tamagno

Elson Mendonça Felici

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204028>


**CAPÍTULO 9..... 112**

**MELHORAMENTO DE SOLO UTILIZANDO MARTELO VIBRATÓRIO: UM ESTUDO DE CASO**

Fábio Lopes Soares

Guilherme Ogliari Oliveria

Rhuan Francisco Antunes de Vasconcelos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6842204029>

**CAPÍTULO 10..... 124**

**RENDIMENTO E ÁCIDOS GRAXOS DOS FRUTOS DE *Calophyllum brasiliensis* CAMBESS NO SUL DO TOCANTINS**

Maria Cristina Bueno Coelho

Bonfim Alves Souza

Max Vinícios Reis de Sousa

Wádilla Morais Rodrigues

Yandro Santa Brigida Ataide

Mathaus Messias Coimbra Limeira


Mauro Luiz Erpen

Maurilio Antonio Varavallo

Juliana Barilli

Marcos Giongo


Damiana Beatriz da Silva  
André Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040210>

**CAPÍTULO 11..... 137**

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE OPERAÇÃO DA EXTRAÇÃO LÍQUIDO –  
LÍQUIDO EM REGIME CONTÍNUO DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS SAMÁRIO E  
EURÓPIO


Ysrael Marrero Vera  
Gabriel Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040211>

**CAPÍTULO 12..... 141**

EVOLUTION METHODOLOGY OF BIOABSORBABLE POLYMERIC STRUCTURES IN  
THE APPLICATION OF STENTING AORTIC COARCTATION IN NEONATES


Rosana Nunes Santos  
Aron José Pazin Andrade  
Tiago Senra Garcia Santos  
Gustavo Caravita Andrade  
Carlos Augusto Cardoso Pedra  
Flávio José dos Santos  
Bruno Agostinho Hernandez  
Edson Antonio Capello Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040212>

**CAPÍTULO 13..... 155**

LA WEBQUEST COMO PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE  
PARA ALUMNOS DE INGENIERÍAS

Carlos David Zapata y Sánchez  
Guadalupe López Molina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040213>

**CAPÍTULO 14..... 168**

O USO DE GEOTÊXTIL PARA O CONTROLE DE DRENAGEM DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE  
- A SOLUÇÃO UTILIZADA PARA FECHAMENTO ADEQUADO DE UMA PILHA ESTÉRIL


Christ Jesus Barriga Paria  
Hernani Mota de Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040214>

**CAPÍTULO 15..... 180**

OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA CURTIDORA DE  
PELES EM PRESIDENTE PRUDENTE – SP


Karen Caroline Rodrigues Ferreira  
Alexandre Teixeira De Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040215>

**CAPÍTULO 16..... 189**

**TÓPICOS DE ENERGIA LIMPA E MAPAS COGNITIVOS FUZZY APLICADOS EM ANÁLISE DE SATISFAÇÃO NA INSTALAÇÃO DE SOLAR FOTOVOLTAICO**


Márcio Mendonça  
Marta Rúbia Pereira dos Santos  
Célia Cristina Faria  
Fábio Rodrigo Milanez  
Francisco de Assis Scannavino Junior  
Wagner Fontes Godoy  
Rodrigo Henrique Cunha Palácios  
Marco Antônio Ferreira Finocchio  
Carlos Alberto Paschoalino  
Gustavo Henrique Bazan  
Ricardo Breganon  
Uiliam Nelson Lenzion Tomaz Alves  
Marcos Antônio de Matos Laia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040216>

**CAPÍTULO 17..... 203**

**RECONHECIMENTO DE PADRÕES EM SINAIS EMG COM REDE NEURAL PARA IMPLEMENTAÇÃO EM BRAÇO ROBÓTICO**


Evelyne Lopes Ferreira  
Maury Meirelles Gouvêa Jr.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040217>

**CAPÍTULO 18..... 212**

**SEPARAÇÃO DE TÉRPIO E DISPRÓSIO A PARTIR DA TÉCNICA DE EXTRAÇÃO POR SOLVENTES**


Ysrael Marrero Vera  
Izabel Nunes Ivancko  
João Marcos Batista do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040218>

**CAPÍTULO 19..... 221**

**VIVER A CIDADE: UMA ANÁLISE A PARTIR DA APROPRIAÇÃO DO ESPAÇO PÚBLICO URBANO**

Anicoli Romanini



 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040219>

**CAPÍTULO 20..... 233**

**SimP - BANCADA VIRTUAL PARA LABORATÓRIOS DE AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA, HIDRÁULICA, ACIONAMENTO DE MOTORES E CONTROLADORES DE PROCESSO – UM CASO EM EVOLUÇÃO**

Sergio Adalberto Pavani  
Cesar Tadeu Pozzer  
Paulo Roberto Colusso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040220>

<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>243</b>
AVALIAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO UM SIMULADOR EM TEMPO REAL	
William Pinheiro Silva	
Damásio Fernandes Júnior	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040221">https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040221</a>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>257</b>
von MISES TAPERING: A NEW CIRCULAR WINDOWING	
Hélio Magalhães de Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040222">https://doi.org/10.22533/at.ed.68422040222</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>272</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>273</b>

# CAPÍTULO 12

## EVOLUTION METHODOLOGY OF BIOABSORBABLE POLYMERIC STRUCTURES IN THE APPLICATION OF STENTING AORTIC COARCTATION IN NEONATES

Data de aceite: 01/01/2022

### **Rosana Nunes Santos**

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (SP), Brasil. Estudante do Programa de Pós-Doutorado do Setor de Bioengenharia do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5977772958529831>

### **Aron José Pazin Andrade**

<sup>3</sup> Setor de Bioengenharia do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4688924910184370>

### **Tiago Senra Garcia Santos**

<sup>4</sup> Setor de Hemodinâmica do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5128758811238272>

### **Gustavo Caravita Andrade**

<sup>3</sup> Setor de Bioengenharia do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3786606578051617>

### **Carlos Augusto Cardoso Pedra**

<sup>4</sup> Setor de Hemodinâmica do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia São Paulo (SP), Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0633198874257667>

### **Flávio José dos Santos**

Departamento de Engenharia Mecânica – Campus Bauru – UNESP São Paulo (SP), Brasil.  
<http://lattes.cnpq.br/2831572168106536>

### **Bruno Agostinho Hernandez**

Departamento de Engenharia Mecânica – Campus Bauru – UNESP São Paulo (SP), Brasil.  
<http://lattes.cnpq.br/1965227663782424>

### **Edson Antonio Capello Sousa**

Departamento de Engenharia Mecânica – Campus Bauru – UNESP São Paulo (SP), Brasil.  
<http://lattes.cnpq.br/8934648262859482>

**RESUMO:** A coarctação da aorta (CoA) é uma doença congênita que tem como principal sintoma um estreitamento da aorta em sua porção torácica descendente. Esse estreitamento dificulta a passagem do sangue, causando aumento na pressão das artérias do cérebro e braços e diminuição na pressão das artérias dos órgãos abdominais e membros inferiores. A CoA pode ser reparada cirurgicamente, removendo-se a área de obstrução. Um procedimento menos invasivo pode ser realizado com a implantação de um stent, tornando possível manter o vaso aberto num determinado diâmetro, tornando este o procedimento mais utilizado. A aplicação da Impressão 3D gera biomodelos o mais próximo possível da anatomia do paciente com cardiopatias congênitas, através de imagens provenientes de tomografia computadorizada. De posse desses biomodelos com características semelhantes à patologia encontrada na CoA destes pacientes, serão realizados testes de implantação de protótipos de stents poliméricos bioabsorvíveis também confeccionados por

impressão 3D. O stent bioabsorvível é um dispositivo que desobstrui o vaso, mantém uma estrutura sustentando os vasos por vários meses após a angioplastia, impedindo o recuo elástico do vaso, corrigindo as dissecções, liberando drogas antiproliferativas e depois desaparece não provocando os efeitos destrutivos tardios da presença do corpo estranho. Os atuais stents bioabsorvíveis são compostos tanto por polímeros como por materiais bioabsorvíveis. Estão disponíveis diversos polímeros, cada um com a sua composição química, diferentes propriedades mecânicas e conseqüentemente tempos de absorção distintos. Estes fatores são de grande relevância principalmente para paciente muito jovem que, ao crescer, terá novamente sua aorta estreitada. Diferentes desenhos das estruturas de stents bem como diferentes materiais poliméricos foram definidos e os testes serão realizados de forma comparativa quanto à resistência radial ao reestreitamento do biomodelo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coarctação da aorta, Tomografia computadorizada, Impressão 3D, Stents bioabsorvíveis.

### METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS POLIMÉRICAS BIOABSORVÍVEIS NA APLICAÇÃO DE STENTS PARA COARCTAÇÃO DA AORTA EM NEONATOS

**ABSTRACT:** Coarctation of the aorta (CoA) is a congenital disease that has as main indicator a narrowing of the aorta in its descending thoracic portion. This narrowing disturbs the passage of blood, causing increased pressure on the arteries of the brain and arms, and decreased pressure on the arteries of the abdominal organs and lower members. The CoA can be surgically repaired by removing the obstruction area. A less invasive procedure can be performed with the implantation of a stent, making it possible to keep the vessel open in a certain diameter, making this the most used procedure. The application of 3D printing generates biomodels as close as possible to the anatomy of the patient with congenital heart diseases, through images from computed tomography with characteristics like the pathology found in the CoA of these patients, implantation tests will be carried out on prototypes of bioabsorbable polymeric stents also made by 3D printing. The bioabsorbable stent is a device that unblocks the vessel, maintains a structure supporting the vessels for several months after angioplasty, preventing the elastic recoil of the vessel, correcting dissections, releasing antiproliferative drugs and then disappears without causing the late destructive effects of the presence of strange body. Recent bioabsorbable stents are composed of both polymers and bioabsorbable materials and various polymers are available, each with its chemical composition, different mechanical properties and consequently different absorption times. These factors are of great relevance especially for a very young patient who, when growing, will again have a narrowed aorta. Different designs of the stent structures as well as different polymeric materials have been defined and the tests will be carried out in a comparative way regarding the radial resistance to the rewetting of the biomodel.

**KEYWORDS:** Coarctation of the aorta, Computed tomography, 3D printing, Stents bioabsorbable.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 Coarctação da Aorta – CoA

A coarctação da aorta (CoA) é uma estenose congênita produzindo obstrução ao fluxo sanguíneo através da aorta no nível do istmo aórtico, localizado entre a artéria subclávia esquerda (LSA) e o ligamento arterial (Fig. 1). CoA é responsável por 5-8% das crianças nascidas com doença cardíaca congênita que pode variar de leve a grave e talvez não seja detectado até idade adulta.

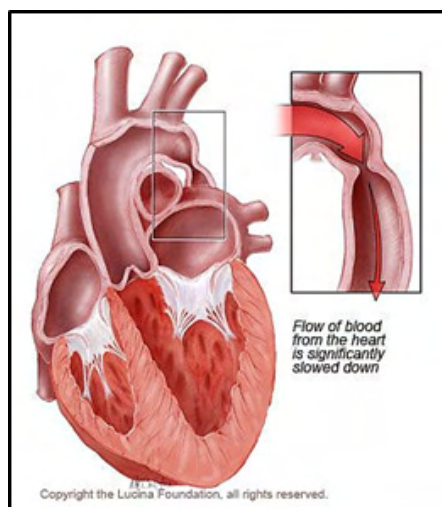


Figure 1: Representation of coarctation of the aorta. Detail: the figure shows the narrowing of the aorta after the origin of the left subclavian artery (evidenced by the black arrow).

Fonte: Copyright the Lucina Foundation, 2018.

A maioria das coarctações é diagnosticada recentemente na infância e menos de 25% são reconhecidos além dos 10 anos de idade. Apesar da experiência e conhecimento sobre a CoA, existem controvérsias quando se trata de sua gestão em crianças (Usman *et al.*, 2014).

Em um estudo de família sobre a CoA, tem sido revelado que a herdabilidade dessa doença é de 58%, e a recorrência no risco para irmãos é de aproximadamente 1 em 200 para a CoA e 1% para qualquer forma de defeito cardíaco congênito (Darabian *et al.*, 2013).

A CoA é classificada como “simples” quando isolada, em 82% dos casos (Aboulhosn & Child, 2006), e “complexa” quando associada a um número adicional de anomalias cardíacas vasculares e congênitas, particularmente lesões obstrutivas do lado esquerdo de complexidade e gravidade variáveis. Em cerca de 40% dos pacientes, constata-se defeito do septo ventricular, estenose subaórtica, má-formação da válvula mitral, *ductus arteriosus*, defeito do septo atrial, veia cava superior esquerda, *truncus arteriosus*, ventrículo esquerdo



de entrada dupla são outras anomalias associadas (Darabian *et al.*, 2013; Nance *et al.*, 2016).

Os diagnósticos diferenciais incluem arco aórtico interrompido, pseudo-COA e arterite de Takayasu. Hipertensão prematura é uma das mais importantes complicações do COA, pois aumenta a pressão na região da cabeça e pescoço. Outras complicações que não se limitam a morte prematura incluem insuficiência cardíaca congestiva, acidente vascular cerebral, formação de aneurisma da aorta intercostal e artérias cerebrais, aneurismas micóticos, dissecação aórtica e ruptura, doença arterial coronariana prematura, hipertrofia ventricular, endocardite, endarterite intracraniana, hemorragia e envolvimento renal (Darabian *et al.*, 2013).

No caso de pacientes recém-nascidos e com idades inferiores a 18 meses com coarctação da aorta, tem-se um grande problema a ser discutido, pois o coração e todos os seus vasos são pequenos e extremamente delicados para serem manipulados. Eles se apresentam com aspectos particulares no diagnóstico e tratamento e que muitas vezes podem ser de natureza urgente. Em adultos com coarctação pode ocorrer insuficiência cardíaca congestiva devido a hipertensão de longa data. Se a coarctação da aorta não for tratada, 90% dos pacientes morrem com a idade de até 50 anos por causas cardíacas ou Acidente Vascular Cerebral (AVC) (Nance *et al.*, 2016).

## 1.2 Métodos de Tratamento

Os métodos de tratamento incluem cirurgia, implantação de *stents* e angioplastia por balão, sendo os dois últimos capazes de aliviar o gradiente de pressão arterial através da CoA. Acreditava-se que a CoA era uma doença simples e estava associada com a baixa morbidade e mortalidade, porém, ao longo do tempo isto não se confirmou (LaDisa Jr. *et al.*, 2010). Se não for tratada de forma eficaz e com rapidez, a CoA tem mau prognóstico, com a maioria dos pacientes com baixa expectativa de vida, cerca de décadas, a menos do que a média da população (Neves *et al.*, 2005) e uma morbidade substancial existente na forma de hipertensão, insuficiência cardíaca, doença arterial coronariana precoce, acidente vascular cerebral e formação de aneurisma (Johnston *et al.*, 2004; Pedra, 2004; Neves *et al.*, 2005; LaDisa Jr. *et al.*, 2010). A escolha do tratamento que será empregado faz a diferença na recuperação e nos possíveis problemas que podem ocorrer ao longo do tempo de seguimento do paciente (Pedra, 2004; Neves *et al.*, 2005; Fontes *et al.*, 2014).

O tratamento cirúrgico da CoA emprega diversas técnicas com melhora progressiva dos resultados (Oliveira *et al.*, 2007, Forbes *et al.*, 2011). Os problemas que envolvem o tratamento da CoA estão centrados em três pontos: idade na realização do procedimento, tipo de técnica cirúrgica empregada e anomalias associadas. O aparecimento de recoarctação esteve associado com a baixa idade (menos de 13 dias de vida no procedimento). A sobrevida dos pacientes esteve correlacionada à ausência de defeitos associados, estado clínico pré-operatório e gradiente residual no local da CoA (Santos & Azevedo, 2003).

Os primeiros estudos realizados por Singer *et al.* (1982) e Lababidi *et al.* (1983; 1984) demonstraram ser possível realizar a dilatação da CoA por cateter-balão. A melhoria do fluxo local promove remodelamento e desenvolvimento do arco e istmo aórticos. Por outro lado, a ruptura pode se estender por toda a túnica média, poupando apenas a adventícia. Essa extensão provavelmente ocorre mais frequentemente em áreas com aspecto de necrose cística, favorecendo o aparecimento de aneurismas. A incidência dessa complicação varia de 2% a 20%, variando conforme o diâmetro do balão empregado e a faixa etária (Pedra, 2004; 2005a; Fontes *et al.* 2014). A angioplastia para a CoA apresenta melhores resultados quando aplicada a pacientes entre 1 e 7 anos de idade (Pedra, 2004; 2005a).

Cabe salientar que as taxas de recoarctação de até 80% são observadas nos neonatos, caindo progressivamente para 30% a 60% nos lactentes entre 1 e 6 meses de idade e 15% para crianças maiores. Em adultos e adolescentes os resultados também são satisfatórios quando comparados aos das crianças maiores (Pedra, 2004; 2005a).

De modo geral, a angioplastia apresenta bons resultados em 80% dos casos definidos evolutivamente por gradientes entre membros superiores e inferiores menores que 20 mmHg e a ausência de aneurismas. Estudos envolvendo as técnicas de abordagem cirúrgica e a de angioplastia, ambas na faixa etária pediátrica, mostraram resultados semelhantes nos dois estudos, com menor incidência e menor gravidade de complicações associadas à angioplastia e menor incidência de aneurismas e obstruções residuais associadas ao tratamento cirúrgico (Pedra, 2005b; Fontes *et al.*, 2014).

Após grande experiência acumulada pela comunidade científica no tratamento de diversas cardiopatias congênitas na população pediátrica, a implantação de *stent* foi estendida aos pacientes portadores de CoA (Pedra, 2004; Pedra *et al.*, 2005a; Pedra *et al.*, 2005b; Neves *et al.*, 2005; Cate *et al.*, 2013; Chamíé *et al.*, 2015).

A partir de meados dos anos 90, diversos estudos demonstraram a segurança e eficácia em médio prazo dessa técnica, que praticamente elimina a possibilidade de recoarctação (Neves *et al.*, 2005; Stines & Holzer, 2012; Cate *et al.*, 2013). Uma vez que o *stent* atua como suporte para a parede do vaso, acredita-se também que possa reduzir a formação de aneurismas. Por outro lado, esse dispositivo metálico rígido determina, em longo prazo, o aparecimento de estenose fixa nas crianças em fase de crescimento. Entretanto, em um estudo experimental foi observada a ruptura da aorta no local da linha de sutura, o que gerou cautela na aplicação disseminada dessa técnica, principalmente, na recoarctação pós-cirúrgica (Neves *et al.*, 2005).

Forbes *et al.* (2011) compararam a segurança e a eficácia da cirurgia, implantação de *stent* e angioplastia por balão (BA) no tratamento da coarctação da aorta congênita com um seguimento a curto (crianças de 3 a 18 meses) e médio prazo (crianças > 18 meses). Este estudo avalia os resultados na fase aguda e de seguimento destas três opções de tratamento em crianças com peso de 10 kg, aproximadamente. Concluiu-se que

os pacientes com *stent* apresentaram complicações agudas significativamente menores quando comparados com pacientes cirúrgicos ou pacientes com BA, embora fossem mais prováveis recorrer a uma intervenção planejada. Em seguimentos em curto e médio prazo, os pacientes cirúrgicos e aqueles com implantação do *stent* obtiveram resultados hemodinâmicos e integrados de imagem do arco aórtico melhores aos comparados com pacientes com BA (Forbes *et al.*, 2011).

Apesar dos desfechos clínicos terem sido satisfatórios e similares com ambas às técnicas (implantação de *stent* e BA), o uso de *stents* propiciou resultados mais previsíveis e uniformes para o alívio da estenose, minimizando também o risco de desenvolvimento de alterações na parede da aorta (Pedra, 2004; 2005a).

### 1.3 Tipos de *Stens*

Existem diferentes modelos de *stents* no mercado mundial, variando de acordo com a região na qual serão implantados: *stents* aórticos, coronarianos, abdominais, intracranianos, vasculares, etc. (Henrique & Pereira, 2008). Outros fatores que distinguem os modelos existentes de *stents* são: o mecanismo de implante (auto expansivo ou por balão expansivo); a geometria (formato dos anéis – “células abertas ou fechadas”); o tipo de malha formada pelas hastes de metal; o seu desenho estrutural (tubular ou mola) e sua composição metálica (Henrique & Pereira, 2008).

As principais propriedades que são objetivadas pelos fabricantes de *stents* são: alta radiopacidade para melhorar a visualização no momento do implante; facilidade para liberar e remodelar o *stent*; flexibilidade longitudinal para cruzar vasos tortuosos e bifurcação aórtica; mínimo encurtamento após ser implantado; fácil resgate para o caso de falha na implantação; resistência à trombose e à corrosão; durabilidade e baixo preço (Henrique & Pereira, 2008).

A fixação do *stent* ao vaso se estabelece basicamente a partir do equilíbrio entre a resistência da parede e a força radial do *stent*. O contato íntimo desses metais com a parede vascular estabelece um caráter reacional local, que, ao longo do tempo, irá interferir na sua permeabilidade. Para diminuir tal tipo de alteração, foram desenvolvidas coberturas com soluções e películas (*stents* revestidos por carbono ou carbetto de silício, um material inerte de baixa trombogenicidade, que reduz a agregação plaquetária por inibir a migração dos elétrons para os metais). Esses *stents* possuem a vantagem de não inibir o crescimento do endotélio e de diminuir a reação inflamatória. As vantagens e as limitações do material polimérico devem ser avaliadas por meio de suas propriedades biomecânicas e biológicas para a aplicação vascular. Um material ideal para implante deve ser resistente à trombose, estável mecanicamente e facilmente incorporado pelo tecido, mas não incitar a resposta proliferativa, inflamatória ou degenerativa. Por exemplo, a resistência à trombose e a reação tecidual são mais importantes em vasos de menor calibre, e a durabilidade é importante nos vasos de maior calibre (Henrique & Pereira, 2008).

Os *stents* auto expansivos geralmente são formados por ligas com memórias de formas, possuindo propriedades termoelásticas. O nitinol é uma liga austenítica constituída de níquel e titânio, possuindo a propriedade de memória de forma. Ele é encapsulado em uma fina membrana polimérica denominada bainha, que servirá de base para que a endoprótese seja comprimida e guiada até a lesão. Esses *stents* possuem alta flexibilidade ao mesmo passo que são relativamente fáceis de implantar, porém apresentam pequena resistência à compressão radial. Deve-se evidenciar que essa classe de endoprótese apresenta uma alta ocorrência de encurtamento dos *stents*, que não são liberados com muita precisão em comparação aos expansíveis por balão.

O *stent* expansível por balão é um tipo de tratamento para a CoA em adolescentes e adultos. A ampla variedade morfológica da CoA e algumas complicações derivadas do implante de *stents* convencionais tornaram desejável o uso de *stents* recobertos (Butera et al., 2010). Segundo Butera et al. (2010), o uso de *stents* recobertos foi seguro e eficaz numa série de casos estudados. Eles são formados por ligas metálicas inoxidáveis que possuem alto grau de biocompatibilidade, ao mesmo passo que apresentam boa resistência à corrosão, que é um parâmetro necessário tendo em vista os elementos que constituem o fluido sanguíneo. Este modelo de endoprótese é montado em um cateter balão, permitindo que o *stent* seja posicionado na lesão após o balão ser insuflado possuindo maior precisão ao ser posicionado na lesão, apresentando uma alta resistência à compressão radial exercida pela coarctação, porém sua flexibilidade longitudinal e elasticidade são comprometidas em comparação aos *stents* auto expansíveis (Henrique & Pereira, 2008). Mais estudos, enfocando a evolução de longo prazo e a possibilidade de redilatação dos *stents* recobertos, são necessários para corroborar seu uso eletivo em crianças (Chamié et al., 2015).

Um fato importante é que a desobstrução dos vasos pode causar o processo de reestenose, mesmo com a utilização dos *stents* metálicos. O avanço das pesquisas apontou para associação de fármacos aos *stents*, visando a interrupção do processo de reestenose, resultando nos chamados *stents* farmacológicos, beneficiando sobretudo pacientes propensos a re-bloqueio do vaso. Desde o surgimento da angioplastia por balão até aos *stents* metálicos e *stents* eluidores de fármacos, houve um grande desenvolvimento, mas riscos aumentados de fenômenos tromboembólicos e reações inflamatórias levantaram algumas preocupações

Atualmente, já existem estudos para viabilizar a implantação de *stents* bioabsorvíveis no tratamento de CoA, por apresentar bons resultados quando usados em Doença Arterial Coronária (DAC). O *stent* bioabsorvível é um dispositivo que desobstrui o vaso, mantém uma estrutura sustentando os vasos por vários meses após a angioplastia, impedindo o recuo elástico do vaso, corrigindo as dissecções, liberando drogas antiproliferativas e depois desaparece não provocando os efeitos destrutivos tardios da presença do corpo estranho. Eles surgiram como forma de aumentar a segurança em longo prazo das Intervenções

Coronárias Percutâneas, bem como uma reação inflamatória menor (Sousa, 2014).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para confeccionar biomodelos (modelos de áreas anatômicas de pacientes portadores de CoA) é necessário, inicialmente, gerar imagens de Tomografia Computadorizada (TC) que são importadas em formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) para um software que gera reconstruções volumétricas da morfologia do coração (Maragiannis *et al.*, 2014).

A TC é capaz de visualizar a anatomia da aorta e, conseqüentemente, o local da coarctação, que aparece como redução do calibre da artéria. Esta redução pode ser focal ou segmentar e acompanhada de hipoplasia do arco aórtico e, podem ser facilmente identificadas pela TC. A valva aórtica bicúspide, que está presente numa parcela de pacientes com coarctação, também é visualizada (Schvartzman, 2004).

A Manufatura Aditiva, Impressão Tridimensional (3D) ou Prototipagem Rápida envolve um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados. A confecção das peças é feita através da adição automatizada de materiais, camada por camada. O processo de adição de camadas possibilita a construção de peças com alta complexidade geométrica, além da modulação das propriedades mecânicas dos materiais que constituem a peça confeccionada (Ichi, 2010).

Isto tudo para definir a melhor opção para a técnica de processamento de imagens DICOM, segmentação e impressão 3D da região de interesse. A técnica de manufatura aditiva usada para a confecção dos biomodelos é a Impressão por Jato de Tinta. Após a segmentação da imagem, ocorre a impressão através de jato de resinas líquidas polimerizáveis por incidência de luz ultravioleta na área desejada. O suporte é feito por uma resina lavável em jato de água. A partir deste ponto, os biomodelos são construídos por manufatura aditiva.

O primeiro teste foi realizado com a confecção de um biomodelo produzido com material inflexível no formato da coarctação da aorta para constatar a eficiência do processo de sedimentação e o quanto a reprodução era fidedigna com a imagem da TC.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro teste realizado contou com a participação de um paciente neonato que possuía as características necessárias para este estudo, ou seja, nasceu com CoA grave. Além disso, ele apresentou outro defeito congênito – Persistência do Canal Arterial - PCA (*Patent Ductus Arteriosus* – PDA) (Miyage, 2005) - caracterizada pelo não fechamento do Canal Arterial (CA) até 72 horas do nascimento, visto que, associa-se, frequentemente, à pacientes neonatos com CoA (Santana, 2014). O caminho que o sangue percorrerá

(“esquerdo-direito” ou “direito-esquerdo”) através do CA depende da resistência vascular pulmonar (Marino & Fine, 2013). A razão desta coexistência é desconhecida. Diante disso, o paciente sofreu cirurgia apenas para o reparo do PCA, pois operar PCA e CoA de uma única vez seria muito arriscado.

Após a cirurgia, a imagem de TC escolhida tinha poucos artefatos sendo, com isso, importada no formato DICOM para ser analisada e segmentada pelo software que gera reconstruções volumétricas da morfologia do coração. Em seguida, a imagem foi transportada para o software *Mimics (Materialise, Leuven, Belgium)* na qual resultou na anatomia cardíaca tridimensional. As estruturas indesejadas foram retiradas e a morfologia da aorta preservada (Fig. 2).

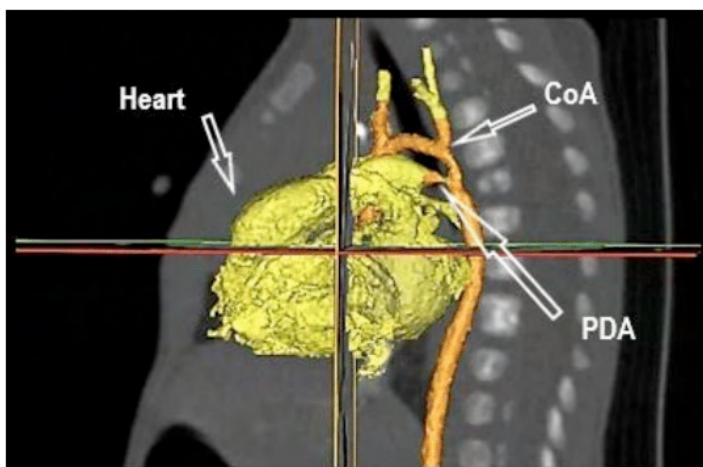


Figure 2: Máscara mostrando local da CoA, PCA e coração em uma imagem de TC – plano sagital.

Fonte: Rosana N. Santos, 2018.

A Figura 3A mostra a morfologia da aorta apresentando a CoA em edição bidimensional, pois sua utilização auxilia na confecção final do biomodelo. Com este resultado pode-se dar início a impressão 3D do biomodelo, pois tem-se uma cópia fidedigna da imagem tomográfica. Inicialmente os testes serão realizados com material inflexível para manuseio do formato e dimensões e, então substituí-lo por material similar ao da aorta (Fig. 3B).

Paralelamente a isso foi escolhido o desenho da estrutura do *stent* considerando, inicialmente, a geometria da célula que tem uma influência profunda na complacência efetiva de uma estrutura de rede.

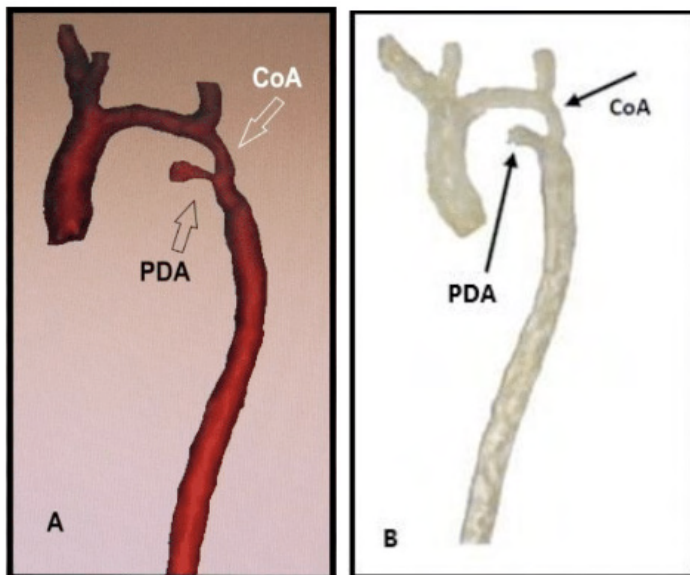


Figure 3: (A) Morfologia da aorta apresentando a CoA obtida com o software utilizado. (B) Modelo 3D da aorta enfatizando a CoA do paciente após retirada do PCA.

Fonte: Rosana N. Santos, 2018.

Uma das geometrias escolhida para teste (Fig. 4) é semelhante a uma utilizada no estudo “Computational and experimental investigation into mechanical performances of Poly-L-Lactide Acid (PLLA) coronary *stents*” (Wang *et al.*, 2017). Nesse estudo foi realizada a análise do PLLA através de testes que estão dentro de um protocolo de testes para *stent*, ASTM F3067-14, 2014.



Figura 4: Desenho de uma das estruturas escolhidas de *stent* impresso em 3D.

Fonte: Rosana N. Santos, 2018.

De posse desses biomodelos com características semelhantes à patologia encontrada na CoA deste paciente, serão realizados testes de implantação de protótipos de *stents* poliméricos bioabsorvíveis também confeccionados por impressão 3D. Estes fatores são de grande relevância principalmente para paciente muito jovem que, ao crescer, terá novamente sua aorta estreitada.

Os atuais *stents* bioabsorvíveis são compostos tanto por polímeros como por materiais bioabsorvíveis. Estão disponíveis diversos polímeros, cada um com a sua composição química, diferentes propriedades mecânicas e consequentemente tempos de absorção distintos.

## 4 | CONCLUSÕES

Espera-se que os biomodelos gerados sejam réplicas fiéis, ou o mais próximo possível da anatomia do paciente, considerando possíveis erros aplicáveis durante o processo de segmentação das imagens, bem como sua obtenção e reconstrução após o exame, além da impressão tridimensional e seu pós-processamento.

Neste trabalho obteve-se um paciente neonato com CoA muito acentuada. Após serem adquiridas as imagens por TC foram escolhidas as melhores técnicas com o intuito de obter os melhores resultados possíveis. As Figuras 3 e 4 mostraram que o biomodelo que será impresso em 3D é realmente uma cópia fiel da imagem inicialmente obtida.

De posse desses biomodelos com características semelhantes à patologia encontrada na CoA destes pacientes, serão realizados testes de implantação de protótipos de *stents* poliméricos bioabsorvíveis também confeccionados por impressão 3D (Fig. 4).

Diferentes desenhos das estruturas de *stents* bem como diferentes materiais poliméricos foram definidos e os testes serão realizados de forma comparativa quanto à resistência radial ao reestreitamento do biomodelo.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsas de Iniciação Científica.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/PUC-SP.

À FAPESP pelo apoio financeiro – Projeto Temático FAPESP N. 2013/24434-0.



## REFERÊNCIAS

ABOULHOSN, J.; CHILD, J. S. **Left Ventricular Outflow Obstruction: Subaortic Stenosis, Bicuspid Aortic Valve, Supravalvar Aortic Stenosis, and Coarctation of the Aorta.** *Congenital Heart Disease for the Adult Cardiologist*, v. 114, p. 2412–2422, 2006.

BUTERA G, DUA J, CHESSA M, CARMINATI M. **Covered Cheatham-Platinum stents for serial dilatation of severe native aortic coarctation.** *Catheter Cardiovasc Interv.*, v. 75, n. 3, p. 472, 2010.

CATE, F. E. A. U.; SREERAM, N.; HAMZA, H.; ROSENTHAL, E.; QURESHI, S. A. **Stenting the Arterial Duct in Neonates and Infants with Congenital Heart Disease and Duct-Dependent Pulmonary Blood Flow: A Multicenter Experience of an Evolving Therapy over 18 years,** *Catheter Cardiovasc. Interv.*, vol. 82: 33-243, 2013.

CHAMIÉ, F.; CHAMIÉ, D.; SIMÕES, L. C. N.; SILVA R. M. **Use of covered stents in the treatment of aortic coarctation.** *Rev. Bras. Cardiol. Invasiva*, v. 23, n. 2, p. 139-144, 2015.

DARABIAN, S. D.; ZEB, P.; REZAEIAN, P.; RAZIPOUR, A.; BUDOFF, M. **Use of Noninvasive Imaging in the Evaluation of Coarctation of Aorta.** *Comput. Assist. Tomogr.*, v. 37, n. 1, p. 75-78, 2013.

FONTES, V. F.; PEDRA, C. A. C.; PEDRA, S. R. F. *In: Santana, M. V. T. Cardiopatias Congênitas no Recém-Nascido: Diagnóstico e Tratamento.* 3ª edição, Editora Atheneu, São Paulo, Brasil, p. 393-439, 2014.

FORBES, T.J.; KIM, D.W.; DU, W.; TURNER, D.R.; HOLZER, R.; AMIN, Z.; GHASEMI, A.; ROME, J.J.; NYKANEN, D.; ZAHN, E.; COWLEY, C.; HOYER, M.; WAIGHT, D.; GRUENSTEIN, D.; JAVOIS, A.; FOERSTER, S.; KREUTZER, J.; SULLIVAN, N.; KHAN, A.; OWADA, C.; HAGLER, D.; LIM, S.; CANTER, J.; ZELLERS, T. **Comparison of Surgical, Stent, and Balloon Angioplasty Treatment of Native Coarctation of the Aorta.** *Journal of the American College of Cardiology*, v. 58, n. 25, p. 2664-2674, 2011.

HENRIQUE, L. G., & PEREIRA, A. H. **Atualização sobre endopróteses vasculares (stents): dos estudos experimentais à prática clínica.** *J. Vasc. Bras.*, v. 7, n. 4, p. 351-363, 2008, 2008.

ICHI, L. A. **Análise da Viabilidade da Aplicação da Tecnologia CAD-CAM por Prototipagem Rápida na Confeção de Estrutura Metálica da Prótese Parcial Removível Comparando-a ao Método Convencional.** 2010. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Curso de Ciências Odontológicas - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

JOHNSTON, T. A.; GRIFKA, R. G.; JONES, T. K. **Endovascular stents for treatment of coarctation of the aorta: acute results and follow-up experience.** *Catheter Cardiovasc. Interv.*, v. 62, p. 499-505, 2004.

LABABIDI, Z. **Neonatal transluminal balloon coarctation angioplasty.** *Am. Heart J.*; v. 103, n. 4, p. 752-753, 1983.

LABABIDI, Z.; MADIGAN, N.; WU, J. R.; MURPHY, T. J. **Balloon coarctation angioplasty in an adult.** *Am. J. Cardiol.*, vol. 53(2): 350-351, 1984.

LADISA JR., J. F.; TAYLOR, C. A.; FEINSTEIN, J. A. **Aortic Coarctation recent development methods in experimental and computational methods to assess treatments for this simple condition.** Prog Pediatr Cardiol., v. 30, n. 1, p. 45–49, 2020.

MARAGIANNIS, D.; JACKSON, M.S.; IGO, S.R.; CHANG, S.M.; ZOGHBI, W.A.; LITTIE, S.H. **Functional 3D printed patient-specific modeling of severe aortic stenosis.** Journal of the American College of Cardiology, v. 64, n. 10, p. 1077-1068, 2014.

MARINO, B. S.; FINE, K. S. (2013), Blueprints pediatrics. 6ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. p. 96-97, 2013.

MIYAGE, N. I. **Persistência do Canal Arterial em recém-nascidos prematuros.** Jornal de Pediatria, v. 81, n. 4, p. 429-430, 2005.

NANCE, J. W.; RINGEL, R. E.; FISHMAN, E. K. **Coarctation of the aorta in adolescents and adults: A review of clinical features and CT imaging.** Journal of Cardiovascular Computed Tomography, v.10, p. 1-12, 2016.

NEVES, J.; FRAGA, V.; SILVA, R.; PILLA, C. B.; ESTEVES, C. A.; BRAGA, S. L. N.; NUNES, G.; FONTES, V. F.; PEDRA, C. A. C. **Uso de stents no tratamento da coarctação da aorta.** Rev. Bras. Cardiol. Invasiva; v. 13, n. 3, p. 153-166, 2005.

OLIVEIRA, A. S. A., CARNEIRO, B. B. S., LIMA, R. C., CAVALCANTI, C., VILLACHAN, R., ARRAES, N., LINS, R. A., ESCOBAR, M. **Surgical treatment of the aortic coarctation: three decades: experience.** Rev Bras Cir Cardiovasc, v. 22, n. 3, p. 317-321, 2007.

PEDRA, C. A. C. **Análise dos resultados imediatos e tardios do tratamento percutâneo da coarctação da aorta em adolescentes e adultos: comparação entre balões e stents.** 2004. Tese (Doutorado em Ciências) Curso de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PEDRA, C. A. C.; FONTES, V. F.; ESTEVES, C. A.; ARRIETA, S. R.; BRAGA, S. L. N.; JUSTINO, H.; KAMBARA, A. M.; MOREIRA, S. M.; SOUZA, J. F. R. **Use of covered stents in the management of coarctation of the aorta.** Pediatric. Cardiol., v. 26, p. 431-439, 2005a.

PEDRA, C. A. C.; FONTES, V. F.; ESTEVES, C. A.; PILLA, C. B.; BRAGA, S. L. N.; PEDRA, S. R. F.; SANTANA, M. V. T.; SILVA, M. A. P.; ALMEIDA, T.; SOUZA, J. E. M. R. **Stenting vs. Ballon Angioplasty for Discrete Unoperated Coarctation of the Aorta in Adolescents and Adults.** Catheter. Cardiovasc. Interv., v. 64, p. 495-506, 2005b.

SANTANA, M. V. T. **Cardiopatias Congênicas no Recém-Nascido – Diagnóstico e Tratamento.** 3ª ed., Editora Atheneu, São Paulo, Brasil, 2014.

SANTOS, M. A.; AZEVEDO, V. M. P. **Coarctação da Aorta. Anomalia Congênita com Novas Perspectivas de Tratamento.** Arq Bras Cardiol., v. 80, p. 340-346, 2003.

SCHWARTZMAN, P. R. **Aplicações da Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética nas Cardiopatias encontradas no Adulto.** Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul; Ano XIII nº 1 Jan/Fev/Mar/Abr 2004.

SINGER, M. I.; ROWEN, M.; DORSEY, T. J. **Transluminal aortic balloon angioplasty for coarctation of the aorta in the newborn.** Am. Heart J., v. 103, n. 1, p. 131-132, 1982.

SOUSA, M. J. A. **Stents bioabsorvíveis: uma nova era no tratamento da Doença Arterial Coronária.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) – Curso de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Portugal, 2014.

STINES, J. R. & HOLZER, R. J. **Stenting of aortic coarctation: Technical considerations and procedural outcomes.** Prog. Pediatr. Cardiol., v. 33, p. 161-167, 2012.

USMAN, M. H. U.; RENGIFO-MORENO, P.; JANZER, S.F.; INGLESSIS-AZUAJE, I.; WITZE-SANZ, C. **Coarctation of the Aorta: Management, Indications for Intervention, and Advances in Care.** Curr Treat Options Cardio Med, v. 16, n. 341, p. 1-11, 2014.

WANG, Q.; FANG, G.; ZHAO, Y.; WANG, G.; CAI, T., **Computational and experimental investigation into mechanical performances of Poly-L-Lactide Acid (PLLA) coronary stents,** Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, v. 65, p. 415-427, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Automação 2, 6, 43, 233, 241, 242

### B

Barra de leds 3, 42, 43, 44, 51, 52, 55, 58

Borracha natural vulcanizada 60, 61, 70

Braço robótico 6, 203, 204, 207, 209, 210, 211

### C

Capacidade de suporte 112, 113, 118

Cerrado 125, 128, 136

Circuito integrado 42, 45

Classificação geomecânica 14, 19, 27, 28

Coagulantes 180, 181, 186, 187

Coarctação da aorta 141, 142, 143, 144, 145, 148, 153

Compostos de borracha 60

Construccionismo 155, 157

Controle adaptativo 3, 30, 31

Crecimiento en pinos, biomasa 90

Cromatografia 2, 125, 130, 131

Curtume 180, 181, 183

### D

Degradação 18, 61, 179, 180, 184

Densidade de ligações 3, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Drenagem 5, 102, 104, 105, 107, 110, 168, 172, 173, 174, 176, 178, 179

### E

Educación en ingeniería 155

Elementos terras 5, 137, 140, 212, 213

Escavações subterrâneas 14, 15

Estabilidade 15, 18, 60, 61, 69, 134, 168

Estilos de aprendizaje 2, 155, 156, 157, 158, 160, 162, 166, 167

Extração líquido 5, 137, 138, 140, 213

## **G**

Geotêxtil 5, 168, 177, 178, 179

Guanandi 125, 135, 136

## **H**

Hidráulica 6, 16, 102, 103, 112, 130, 233, 235, 240, 241

Hidrología 179

## **I**

Identificação de sistemas 2, 30

Impressão 3D 2, 141, 142

Incremento corriente anual 90, 92, 97

Incremento medio anual 90, 92, 97

Investigações de campo 15

## **L**

Laboratório 14, 15, 22, 130, 187, 233, 234, 235, 236

Laboratório virtual 233

Landi 125

## **M**

Maciço fraturado 14

Manejo forestal 1, 8, 10, 11, 100

Martelo vibratório 4, 112, 116

Melhoramento de solo 2, 4, 112

Métodos numéricos 2, 14, 24, 155, 156, 161, 163, 165, 166

México 4, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 90, 91, 98, 99, 100, 101, 155

Microcontrolador 3, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 57, 58, 204, 206, 207

Microestrutura 60, 61, 67

Modelagem computacional 14

Mooney-rilvin 60, 62

## **P**

Pilhas de estéril 168

Plantaciones forestales 3, 90, 91, 100

Pneumática 6, 233, 235, 236, 240, 241

Propriedades macroscópicas 60

## **R**

Reconhecimento de padrões 2, 6, 203, 204

Recursos forestales 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 12

Rede neural artificial 203, 204, 206, 207

Robótica 30, 210

## **S**

Sinal eletromiográfico 203, 204, 206

Standard penetration test 112, 113

Stents bioabsorvíveis 142, 147, 151, 154

## **T**

Tomografia computadorizada 141, 142, 148, 153

Transdutor de temperatura 42, 43, 46

Túnel rodoviário 14

## **W**


Webquest 5, 155, 163, 167



# Gears of the future

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 


[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Gears of the future

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 