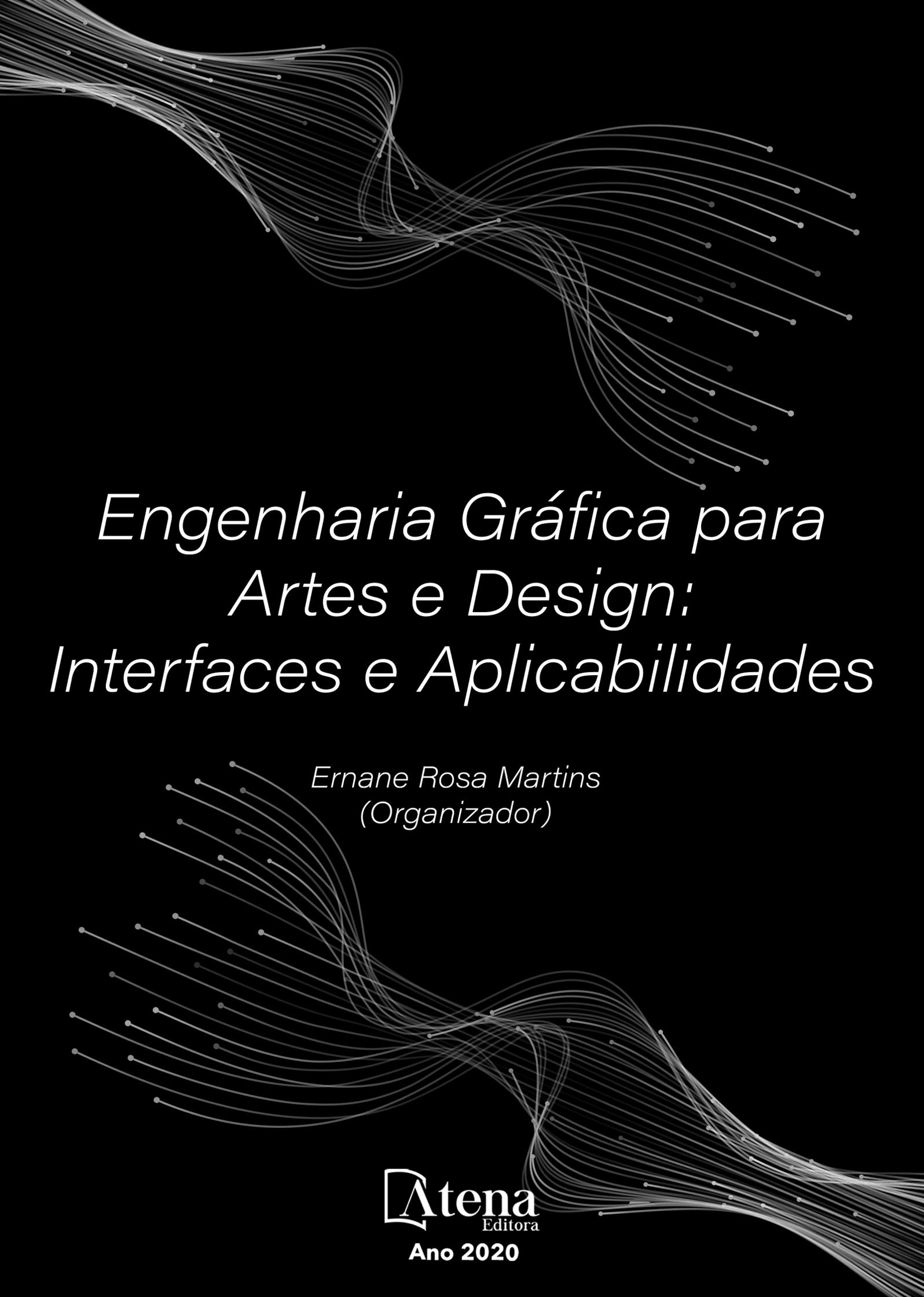


*Engenharia Gráfica para  
Artes e Design:  
Interfaces e Aplicabilidades*

*Ernane Rosa Martins  
(Organizador)*

**Atena**  
Editora

**Ano 2020**



*Engenharia Gráfica para  
Artes e Design:  
Interfaces e Aplicabilidades*

*Ernane Rosa Martins  
(Organizador)*

**Atena**  
Editora

**Ano 2020**

**Editora Chefe**  
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Barão

**Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima

Luiza Batista 2020 by Atena Editora

Maria Alice Pinheiro Copyright © Atena Editora

**Edição de Arte** Copyright do Texto © 2020 Os autores

Luiza Batista Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Revisão** Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora

Os Autores pelos autores.



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

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

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

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

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

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

Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará

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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionale 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. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

#### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### Conselho Técnico Científico

- Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

# Engenharia gráfica para artes e design: interfaces e aplicabilidades

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário:** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Ernane Rosa Martins

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

E57 Engenharia gráfica para artes e design [recurso eletrônico] : interfaces e aplicabilidades / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-224-1

DOI 10.22533/at.ed.241202707

1. Engenharia gráfica. I. Martins, Ernane Rosa.

CDD 604.2

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Os estudos e pesquisas presentes nesta obra permitem ao leitor obter uma visão teórica crítica clara e concisa do campo de conhecimento envolvendo a engenharia gráfica, em uma perspectiva totalmente interdisciplinar. Assim, este livro sintetiza 15 trabalhos relevantes, que servem como guia para qualquer um interessado nesta temática, especialmente para estudantes de Arquitetura, Design, Engenharia, Licenciaturas em Artes, Desenho, Matemática e áreas afins, assim como para pesquisadores, designers, professores, e profissionais.

Estes trabalhos trazem a reflexão abordagens importantes, tais como: a compreensão da lógica da trisseção do cubo, associada ao propósito de apropriação das técnicas de desenho paramétrico e fabricação digital, aplicação de um jogo lúdico para promover a conscientização e a mobilização da população sobre a temática da água, o dispositivo Chromoscope resultado de um exercício de representação com o propósito de compreender e interpretar a lógica de um modelo de distribuição espacial de cor luz, o color cube, utilizado para caracterizar o universo visual digital, um método capaz de reproduzir protótipos de ossos do corpo humano com o auxílio da modelagem 3D e da prototipagem rápida, o desenvolvimento de um ambiente web para a construção de poliedros de Arquimedes em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV), a experiência de ensino de acústica urbana e de projeto de intervenção na paisagem, um método de ensino de projeto de arquitetura, que se apoia em conhecimentos e técnicas oriundos dos sistemas geométricos de representação, apresenta os conceitos matemáticos a partir de um recurso visual chamado caligrama, a produção de material didático tátil para utilização nas aulas de Ciências em turmas regulares do ensino fundamental com alunos deficientes visuais inclusos, um estudo sobre a importância da prototipagem rápida na joalheria e os avanços tecnológicos que têm auxiliado a manufatura atual, reduzindo o tempo de produção de uma peça, assim como o seu custo total e perda de materiais no processo, as potencialidades da modelagem arquitetônica no processo de ensino, incorporando novos métodos de aprendizados utilizando os processos de referências circulares, um projeto do protótipo de um veículo de exploração espacial (rover), uma aplicação que utiliza reconhecimento facial, inteligência artificial e redes neurais complexas juntamente com um processamento computacional, para reconhecimento de padrões e aprendizagem automática, uma reflexão epistemológica a respeito da Geometria Gráfica e o desenvolvimento de um ambiente web para visualizações dos planetas do Sistema Solar em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV).

Aos autores dos capítulos desta obra, meus mais sinceros agradecimentos pela submissão de seus estudos na Atena Editora. Aos leitores, desejo que este livro possa colaborar e instigar novas e interessantes reflexões mais aprofundadas sobre esta temática.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A TRISSECÇÃO DO CUBO COMO LÓGICA EM AÇÕES PROJETUAIS DE ARQUITETURA	
Adriane Borda Almeida da Silva Gabriel Martins da Silva Valentina Toaldo Brum	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
APLICAÇÃO DE JOGO LÚDICO PARA CONSCIENTIZAÇÃO DE CRIANÇAS NA TEMÁTICA ÁGUA	
Ana Carolina da Silva Valença de Souza Camila de Abreu Correa Jádia Natividade Nunes de Oliveira Anna Virgínia Muniz Machado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
CHROMOSCOPE: ATRIBUIÇÃO DE SENTIDOS A UM MODELO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE COR	
Adriane Borda Almeida da Silva Valentina Toaldo Brum Thiago Costa Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS DO CORPO HUMANO PARA ESTUDOS NA MEDICINA	
Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar Marcio Henrique de Sousa Carboni Caroline Valetton	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>35</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE WEB DE REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL PARA A VISUALIZAÇÃO DOS POLIEDROS DE ARQUIMEDES	
Paulo Henrique Siqueira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>48</b>
ENSINO DE PROJETO E DE ACÚSTICA URBANA	
Tarciso Binoti Simas Carlos Mavíael Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027076</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>60</b>
ENSINO DO PROJETO DE ARQUITETURA E MODELAGEM ASSOCIADOS AOS SISTEMAS GEOMÉTRICOS DE REPRESENTAÇÃO	
Ivan Silvio de Lima Xavier Denise Vianna Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027077</b>	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>71</b>
MAIS COM MENOS – CRIANDO CALIGRAMAS A PARTIR DE CONCEITOS MATEMÁTICOS	
Marlon Amorim Tenório	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027078</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>75</b>
MATERIAL DIDÁTICO ADAPTADO NO ENSINO DE CIÊNCIAS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL	
Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar	
Andrea Faria Andrade	
Fernanda Dal Pasqual	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2412027079</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>86</b>
MODELAGEM 3D E PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA PRODUÇÃO DE JOIAS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS	
Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar	
Giancarlo de França Aguiar	
Eduardo Augusto Goldbach	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24120270710</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>97</b>
MODELAGEM ARQUITETÔNICA, PROJETO DIGITAL E AÇÕES COLABORATIVAS	
Ivan Silvio de Lima Xavier	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24120270711</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>109</b>
PROJETANDO MARTE: DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO BRASILEIRO DE EXPLORAÇÃO ESPACIAL À TRAÇÃO HUMANA	
Karina Karim Gomes	
Fabiana Rodrigues Leta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24120270712</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>122</b>
QUALIDADE E EFICIÊNCIA EM RECONHECIMENTO FACIAL USANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E REDES NEURAIS COMPLEXAS PARA ANIMAÇÕES AUDIOVISUAIS	
Daniel Rodrigues Ferraz Izario	
Yuzo Iano	
João Luiz Brancalhona Filho	
Karine Mendes Siqueira Rodrigues Ferraz Izario	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24120270713</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>134</b>
QUEM SOMOS? O QUE FAZEMOS? PARA ONDE VAMOS? UMA REFLEXÃO EPISTEMOLÓGICA SOBRE A GEOMETRIA GRÁFICA	
Andiara Valentina de Freitas e Lopes	
Mariana Buarque Ribeiro de Gusmão	
Maximiliano Carneiro-da-Cunha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24120270714</b>	

<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>146</b>
VISUALIZAÇÃO DOS PLANETAS DO SISTEMA SOLAR UTILIZANDO UM AMBIENTE WEB EM REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL	
Paulo Henrique Siqueira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.24120270715</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>159</b>
<b>ÍNDICE REMISSÍVO</b> .....	<b>160</b>

## PROJETANDO MARTE: DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO BRASILEIRO DE EXPLORAÇÃO ESPACIAL À TRAÇÃO HUMANA

*Data de aceite: 01/07/2020*

*Data de submissão: 07/04/2020*

### **Karina Karim Gomes**

Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia – Campus Praia Vermelha, Departamento de Engenharia Mecânica  
Rio de Janeiro – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/4134042887376575>

### **Fabiana Rodrigues Leta**

Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia – Campus Praia Vermelha, Departamento de Engenharia Mecânica  
Rio de Janeiro – RJ  
<http://lattes.cnpq.br/5364548256245450>

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo descrever o segundo projeto do protótipo de um veículo de exploração espacial (rover) desenvolvido pela equipe The Myths Brazil - UFF, representante universitária brasileira no 25º NASA Human Exploration Rover Challenge. Estas páginas são dedicadas a apresentar conceitos sobre a organização da equipe e a idealização, projeto, análise, fabricação e montagem do protótipo a partir de atributos próprios da engenharia brasileira. Desta forma, serão desenvolvidos os principais aspectos

e inovações do projeto, tais como estudos ergonômicos e a implementação de seus parâmetros para a concepção do veículo e o dimensionamento das peças, a fim de facilitar o transporte, a montagem e a manutenção do rover.

**PALAVRAS-CHAVE:** veículo; protótipo; engenharia; inovação; competição

### DESIGNING MARS: DEVELOPMENT OF A BRAZILIAN SPACE EXPLORATION VEHICLE POWERED BY HUMAN TRACTION

**ABSTRACT:** This report describes the second rover prototype project developed by The Myths Brazil team - UFF, the Brazilian university representative at the 25th NASA Human Exploration Rover Challenge. These pages are dedicated to presenting concepts about the organization of the team and the idealization, design, analysis, fabrication and assembly of the prototype, based on the attributes of Brazilian engineering. In this way, the main aspects and innovations of the project will be developed, such as ergonomics studies and the implementation of its parameters to the design of the project and the dimensioning of the parts in order to facilitate transportation, assembly

and maintenance of the rover.

**KEYWORDS:** vehicle; prototype; engineering; innovation; competition

## 1 | INTRODUÇÃO

O Desafio de Exploração Espacial da NASA visa incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias para futuras missões de planejamento e missões espaciais tripuladas em outros mundos. A cada ano a agência apresenta um desafio de projeto de engenharia para envolver os estudantes de todo o mundo na próxima fase da exploração espacial humana. A competição reúne estudantes do ensino médio e universitários do mundo todo no US Space & Rocket Center – Alabama, EUA - e os desafia a criar um veículo projetado para atravessar a superfície simulada de outro mundo, fornecendo uma experiência de engenharia autêntica. As equipes de alunos projetam, constroem e testam tecnologias que permitem que os rovers possam explorar uma ampla variedade de ambientes.

É importante destacar que o regulamento da competição permite que os estudantes tenham total autonomia ao projetar o veículo, delimitando apenas o volume máximo do mesmo e a distância do piloto ao solo, por segurança. Aspectos como material, quantidade de rodas, tipo de transmissão de movimento, complexidade do sistema de direção, tipo de amortecimento e disposição dos pilotos, por exemplo, são pensados cuidadosamente por cada equipe e isso torna a competição extremamente diversificada e plural.

A equipe The Myths Brazil (TMB) foi fundada em dezembro de 2017 por sete universitários e com o suporte de três professores, englobando as áreas de Engenharia Mecânica, Enfermagem, Desenho Industrial e Matemática. Em abril de 2018 foi a primeira equipe universitária brasileira a participar do NASA Human Exploration Rover Challenge com o apoio da Agência Espacial Brasileira (AEB) e do Instituto Gaylussac, entre outros patrocinadores, e conquistou o prêmio de melhor projeto da sua categoria na competição - AIAA Neil Armstrong Best Design Award.

Em abril de 2019 a TMB participou pela segunda vez do desafio, sendo composta por doze membros entre estudantes e professores de Engenharia Mecânica, de Produção e Elétrica, assim como de Desenho Industrial da Escola de Engenharia da UFF de Niterói e mais 2 alunos do ensino médio do Instituto Gaylussac e um professor de Matemática da mesma instituição.

## 2 | REQUISITOS BÁSICOS DO PROJETO

Os principais anseios do projeto são a inovação e a criatividade, mantendo o baixo custo na fabricação e no transporte do veículo tanto para a competição quanto durante uma missão espacial, a utilização consciente dos recursos e sempre priorizar o

máximo desempenho ergonômico dos usuários do *rover*. Com essa visão, os membros participaram coletivamente da tomada de decisões da equipe, que em 2019 contou com uma organização geral de um gerente administrativo e uma gerente de projetos, além dos subsistemas de Estrutura (Chassi, Suspensão, Direção e Ergonomia), Roda, Transmissão, Telemetria e Marketing.

No protótipo projetado foram explorados conceitos que poderiam ser aproveitados tanto para a exploração espacial, quanto para a mobilidade urbana terrestre de forma sustentável e funcional. As metas globais do rover de 2019, nomeado como NUT, eram: massa total até 59kg, como definido pelo regulamento, NASA Human Exploration Rover Challenge Guide Book (2019), para máxima pontuação com uma margem de erro de 30% para mais, garantindo ainda pontuação neste quesito; custo total de até \$2000, aumento de 80% em relação ao ano passado com base no novo investimento no projeto da roda; dimensionamento de 100% das peças com base nas dimensões e volumes máximos autorizados para despachar em voos internacionais (dessa forma é garantido que o protótipo seja fácil de transportar e que não haja taxas extras durante a viagem para a competição).

Para atingir esses objetivos, o protótipo atual é um veículo de exploração espacial com três rodas - duas dianteiras e uma traseira - acionadas por propulsão humana a partir de um sistema de transmissão por polias e capaz de ser tripulado por dois pilotos, um de costas para o outro, como na figura 1.



Figura 1 – Projeto NUT: Rover TMB 2019

Fonte: GOMES, Karina. US Space & Rocket Center – Alabama, EUA (abril 2019)

### 3 | METODOLOGIA

Liedtka e Ogilvie (2015) destacam que a maioria dos gestores aprende uma metodologia direta e linear de solução de problemas que seria, defini-lo, identificar diversas soluções e escolher a que melhor se adequa. Entretanto, o caminho que contempla a experimentação em si poderia trazer maiores benefícios ao profissional e à equipe. Sob a ótica do *Design Thinking* a equipe elaborou o planejamento do projeto em 6 etapas principais, as quais tinham metas estabelecidas para cada subsistema citado anteriormente. A separação por etapas visa descrever com clareza como o *rover* saiu do campo das ideias, passou pela produção imagética e foi prototipado, mas estas não necessariamente seguiram uma ordem linear e ulterior.

#### 3.1 Planejamento

A seguir serão apresentadas as 6 etapas principais seguidas no planejamento do projeto NUT que foram realizadas ao longo de 6 meses (entre novembro de 2018 e abril de 2019):

##### *Etapa 1: Ambientação e brainstorm*

Nos dois primeiros meses após a formação da equipe que atuou no projeto de 2019 foram planejados encontros semanais com os objetivos de estudar sobre a competição e os protótipos desenvolvidos pelo mundo, conversar sobre eles em conjunto e em seguida, em subgrupos, elaborar desenhos à mão livre para dar forma às ideias primárias, como na figura 2.



Figura 2 – Projeto NUT: Desenhos à mão livre

Fonte: GOMES, Karina. Scoula di Cultura – Rio de Janeiro, Brasil (outubro, 2018)

Essa etapa foi fundamental para que a equipe pudesse conhecer a engenharia que estava sendo desenvolvida por mais de 20 países participantes do *Rover Challenge*, assim como pensar desde o primeiro momento da concepção de ideias quais processos de fabricação poderiam ser realizados na UFF e como poderiam ser adaptados e/ou ter

seus custos barateados para se encaixarem na realidade da TMB.

### *Etapa 2: Testes e validações com o protótipo anterior*

O projeto de 2018, intitulado Valquíria, foi testado e adaptado durante os dois meses subsequentes à etapa 1 com intuito de explorar e compreender quais conceitos poderiam ser reciclados e, principalmente, definir em quais pontos a equipe deveria focar em 2019 a partir da análise dos pontos fracos do projeto Valquíria.

Segundo Brown (2018), o *Design Thinking* se baseia na capacidade intuitiva de reconhecer padrões e desenvolver soluções a partir da genuína experiência do usuário. Ao incluir as fases de testes com o protótipo anterior no centro do processo de criação do projeto seguinte, buscava-se enriquecer o processo criativo dos projetistas com vivências e experimentações de desafios reais e que não eram totalmente possíveis de se prever em simulações computacionais. A figura 3 a seguir representa um momento de testes.



Figura 3 – Projeto Valquíria: Testes dinâmicos

Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (Janeiro, 2019)

### *Etapa 3: Base teórica e esboços 3d*

Após compreender os erros e acertos com o protótipo anterior e relacioná-los com as ideias que surgiram no processo de *brainstorm* coletivo, foi iniciada a etapa de consolidação da base teórica para dar suporte às soluções propostas. E os desenhos, antes feitos à mão livre, passaram a ser executados utilizando softwares, nos quais também poderiam ser realizadas simulações de funcionamento pleno e análises referentes ao tipo de material utilizado e esforço sofrido. O primeiro protótipo desenhado inteiramente em uma plataforma 3d está representado na figura 4 a seguir.

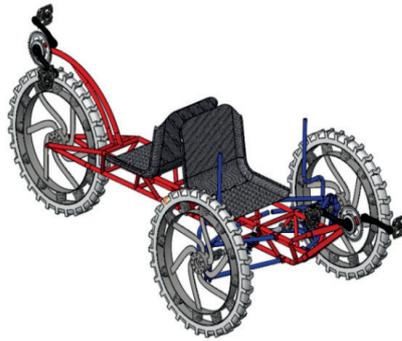


Figura 4 – Modelagem em 3D do primeiro protótipo

Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (janeiro, 2018)

#### *Etapa 4: Fabricação*

Todos os componentes do veículo tiveram o processo de fabricação inteiramente ou parcialmente realizado pelos alunos no Laboratório de Tecnologia Mecânica da Escola de Engenharia da UFF. A preparação para a fabricação foi iniciada na primeira etapa, visto que é necessário avaliar desde o primeiro momento a viabilidade da realização das peças com os recursos disponíveis. Uma vez que esta etapa foi planejada e executada pelos membros da equipe com limitados subsídios, o processo apresentou soluções criativas, simples e de baixo custo. O processo de laminação à vácuo das rodas, por exemplo, foi inteiramente adaptado para atender às demandas da equipe de espaço, tempo de execução e custo, e pode ser visto na figura 5, abaixo.



Figura 5 – Processo de laminação manual da roda com o auxílio da bolsa à vácuo

Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (março, 2019)

#### *Etapa 5: Montagem final e testes*

A primeira montagem e testes de um protótipo são essenciais para a correção de erros de fabricação ou até mesmo de conceitos que podem ter passado despercebidos até então. Segundo Hirshorn (2017), o processo de engenharia reversa é de suma importância para corrigir partes deficientes do projeto, porém, deve-se atentar para que

não gere outros problemas a partir das soluções propostas. Dada a relevância dessa etapa, sua realização foi programada para o mês que precedia a competição. Entretanto, a escassez de recursos financeiros acarretou em atrasos na finalização do *rover*, de modo que a montagem final e testes foram feitas apenas na semana da competição, no *US Space & Rocket Center*, onde a mesma foi sediada.

Apesar do cronograma ter sido extrapolado, os procedimentos de Hirshorn no que se refere à identificação de problemas no produto final foram realizados e medidas tomadas, sem que a necessidade de solucionar o problema em questão sobrepusesse os conceitos básicos propostos para o projeto NUT.

Nesta etapa houve alterações nas polias da transmissão que tiveram a profundidade de seus sulcos aumentadas com a finalidade de ampliar a área de contato entre as polias e as correias e, por consequência, otimizar a tração e o desempenho final do sistema. As rodas dianteiras também passaram por adaptações nas fases de testes pois, foi identificado que seu miolo poderia ceder devido ao esforço dos eixos de transmissão estarem concentrados em uma área de aproximadamente  $1,0 \times 10^2 \text{ mm}^2$ . Por essa razão, chapas de alumínio foram acopladas ao cubo de roda com o intuito de aumentar a distribuição dos esforços para uma área de  $1,13 \times 10^3 \text{ mm}^2$ .

### *Etapa 6: Competição*

Passold (2006) destaca a importância que deve ser dedicada às competições estudantis no campo da engenharia a nível da graduação, dado que eventos como esses seriam capazes de desenvolver plenamente habilidades de liderança, trabalho em equipe, progressos rápidos e significativos em diferentes áreas da engenharia e desenvolvimento da capacidade de buscar soluções inovadoras e criativas em um curto espaço de tempo. O *NASA Human Exploration Rover Challenge* conta com a elaboração de relatórios de projetos, apresentações orais para juízes da indústria e de institutos de pesquisa do cenário mundial e uma corrida que é dividida em dois dias. Todas as etapas exigem dos estudantes profundo conhecimento sobre o projeto desenvolvido, mas cumprir o percurso exige a formulação de estratégias bem elaboradas e de soluções de problemas precisas entre uma corrida e outra. O circuito fechado apresenta 14 obstáculos e 5 tarefas a serem executadas, como extração de amostras líquidas e sólidas, e precisa ser perpassado em sete minutos (tempo de autonomia de um astronauta, de acordo com o regulamento da competição). Antes de iniciar a corrida os veículos passam por provas de pesagem, restrição de volume e montagem e desmontagem.

O projeto NUT foi desenvolvido para perpassar todos os obstáculos da pista com segurança e velocidade média de aproximadamente 6km/h, realizar as tarefas de obtenção de amostras líquidas e sólidas e acender um feixe luminoso utilizando uma placa solar. Para esta última tarefa foi realizada uma parceria com o Laboratório de Monitoramento e

Modelagem de Sistemas Climáticos da UFF (LAMMOCC), na qual os pesquisadores José Waltrudes Castanheira Pereira e Márcio Cataldi forneceram células solares sensibilizadas por corante de açaí e clorofila em pó e mirtilo triturado (CSSCs). Essa parceria foi de grande relevância para a representação do desenvolvimento da engenharia brasileira no evento, visto que, como expressa Gratzel (2009), os materiais usados para fazer as CSSCs são abundantemente disponíveis no país para que a tecnologia seja reproduzida em larga escala e com baixo custo de produção. As placas produzidas por Pereira e Cataldi podem ser vistas na figura 6 a seguir.

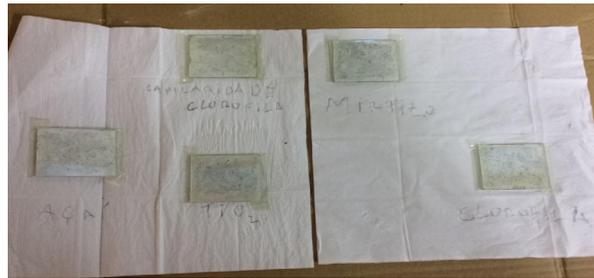


Figura 6 – Células Solares Sensibilizadas por Corantes Naturais

Fonte: PEREIRA, José. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (março, 2019)

## 4 | SUBSISTEMAS DO PROJETO NUT

Nesta sessão serão apresentados os principais elementos dos subsistemas técnicos que compunham o veículo projetado pela equipe *The Myths Brazil* – UFF para o *NASA Human Exploration Rover Challenge 2019* (com exceção da Telemetria que ainda está em desenvolvimento).

### 4.1 Chassi

O design do chassi foi baseado no modelo anterior e algumas correções foram aplicadas para que o veículo tivesse uma redução de massa de 10 kg em relação ao anterior. A geometria do chassi comprovou sua capacidade de lidar com os obstáculos da pista sem apresentar deformação plástica. Por isso, seu material (o aço carbono SAE 1020) e o diâmetro externo do tubo foram mantidos. Para melhor encaixar os componentes de transmissão, os tubos inferiores mudaram do perfil circular para o quadrado de 30 x 30 mm. A estrutura é dividida em duas partes separadas, diminuindo o custo para enviá-lo do Brasil para os Estados Unidos.

Uma Análise de Elementos Finitos (FEA) foi usada para validar as mudanças feitas na estrutura, usando um modelo de viga das geometrias do chassi e da suspensão (a geometria da suspensão foi simplificada e considerada totalmente rígida). Considerando que as cargas são desconhecidas pela equipe, um deslocamento genérico foi aplicado

às rodas e uma comparação qualitativa de diferentes espessuras de seções transversais foi gerada. Pelo conhecimento prévio e observando diferentes protótipos de *rovers* universitários, um 2.96% de aumento do estresse combinado foi considerado aceitável.

O objetivo principal do processo de fabricação desse subsistema era construir o chassi real o mais próximo possível daquele projetado. Antes da soldagem, para manter os tubos juntos na posição correta, uma estrutura 3D de madeira MDF foi construída por meio do encaixe de peças cortadas a laser. Usando programas computacionais, a junta de cada tubo foi planejada e impressa como um PDF A4 para auxiliar o processo de usinagem. A idealização da montagem contendo os tubos e as peças MDF e a fabricação real podem ser vistas nas figuras 7 e 8.

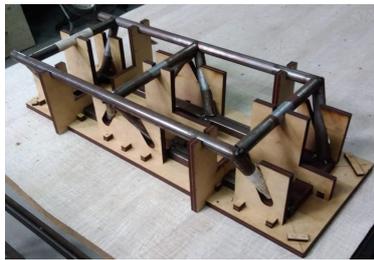


Figura 7 – Modelagem computacional



Figura 8 – Montagem real

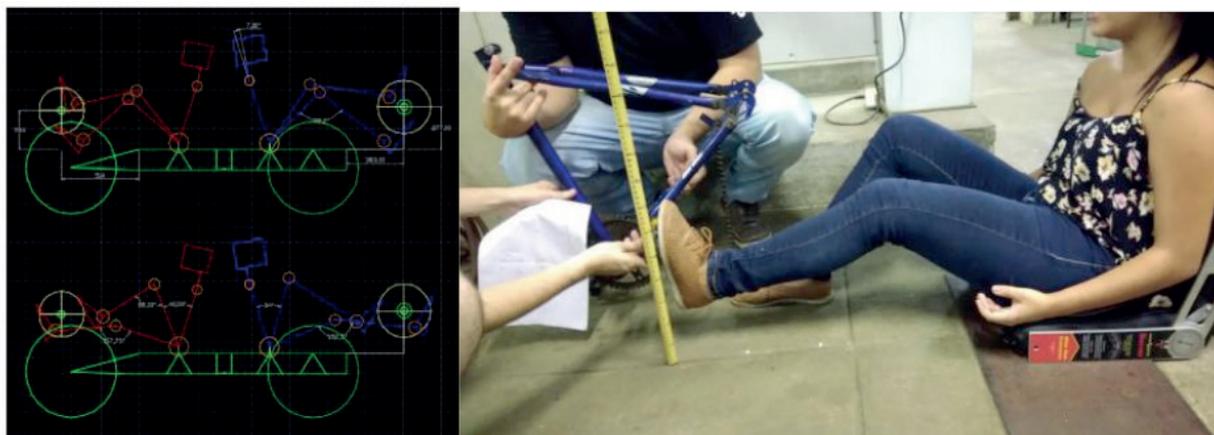
Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (janeiro, 2019)

## 4.2 Ergonomia

A disposição dos pilotos foi definida para reduzir a largura do veículo, a possível perda de função do piloto da parte traseira em relação à direção é superada pelo posicionamento da telemetria na parte traseira, dando-lhe o papel de controlador de bordo. De acordo com Too (1993), assume-se que o desempenho de um ciclista não é limitado pelo oxigênio, recebido via coração e pulmões, mas pela acidificação do músculo pelo ácido láctico que ocorre durante o trabalho muscular pesado. Através do tratamento cuidadoso das células musculares disponíveis, a formação de ácido láctico deve ser minimizada.

A produção máxima de força ocorreria então com a altura do assento onde a contração muscular corresponde à porção da curva força/tensão-comprimento mais próxima do comprimento de repouso. Deve-se observar que não são as distâncias reais entre assento e pedal e sim os comprimentos dos braços da manivela e os ângulos dos tubos dos bancos, que são importantes para maximizar a força e o torque. Com base nesses estudos, a equipe mapeou todos os músculos - assim como seus movimentos - usados durante a pilotagem do *rover*. A partir das informações obtidas no mapeamento e cruzamento com os dados referentes ao 5º percentil feminino e 95º masculino, foram atingidos o tamanho do chassi, a posição dos pedais e das alavancas, bem como a angulação de 108° dos assentos, a fim para aliviar os esforços das vértebras e facilitar a circulação sanguínea, otimizando o desempenho do movimento de pedalar. Usando

um software de CAD e modelos reais, simulações de como os pilotos interagiriam com assento e pedais em várias posições foram feitas para verificar quais funcionaram melhor no protótipo NUT, como apresentado nas figuras 9 e 10.



Figuras 9 e 10 – Projeto NUT: Validações ergonômicas computacionais e reais (modelo ½ de veículo simplificado), respectivamente

Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (fevereiro, 2019)

### 4.3 Suspensão e Direção

Para o novo protótipo, optou-se por manter o modelo de suspensão Duplo A, corrigindo erros de geometria identificados no projeto Valquíria e aperfeiçoando o modelo de acordo com os objetivos globais do projeto. Foi utilizado um software de simulação de suspensão (Lotus Suspensions *Analysis* V5.01) para analisar os principais parâmetros do subsistema, como na figura 11.

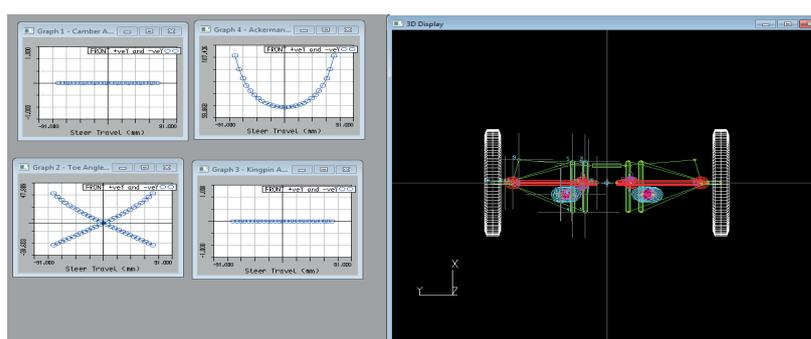


Figura 11– Projeto NUT: Análise computacional da geometria do projeto de suspensão

Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (fevereiro, 2019)

Após as análises realizadas a partir da localização espacial do sistema de suspensão, foi construído o modelo 3D integrando também o chassi e as peças de transmissão. O projeto de direção teve sua geometria reconfigurada para permitir melhor distribuição dos esforços, reduzir a perda de energia do piloto e tornar o manuseio mais leve.

#### 4.4 Rodas

Esse subsistema configura o desafio principal da competição e seu relatório e apresentação oral são obrigatórios, todas as equipes devem desenvolver suas próprias rodas e para isso não devem utilizar nenhum material proveniente de rodas industrializadas. O projeto do ano anterior da TMB foi feito inteiramente com peças de alumínio pré-fabricadas, o que resultou em rodas funcionais e de baixo custo, no entanto, pesavam cerca de 11kg cada. Com o intuito de reduzir massa desse subsistema e testar novos processos de fabricação, a equipe optou por utilizar fibra de carbono, espuma Divinycell e resina Epoxy. O protótipo final foi composto por uma superfície homogênea de 600mm de diâmetro e uma banda de rodagem de 90 mm de espessura que foi envolta por uma tira de borracha náutica com um padrão geométrico desenhado pela equipe, totalizando uma roda de 620mm de diâmetro. Todos os cantos foram arredondados para diminuir os concentradores de tensão no projeto. O escopo de Divinycell e a peça final podem ser vistos nas figuras 12 e 13.



Figuras 12 e 13 – Roda: escopo artesanal de Divinycell e peça final laminada, respectivamente  
Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (abril, 2019)

Vale ressaltar que esta foi a primeira vez que foi desenvolvida uma roda de fibra de carbono por laminação manual com o auxílio de bolsa de vácuo para cura da resina, na Universidade Federal Fluminense, de modo que o bom desempenho do protótipo representou também o desenvolvimento de novas pesquisas na universidade de origem da equipe.

#### 4.5 Transmissão

A transmissão de movimento do veículo consiste em dois pares de manivelas conectadas aos eixos, utilizando correias de distribuição, reduzindo assim o atrito do sistema. Na parte frontal do *Rover*, o torque é transferido dos pedais para um diferencial de catraca e em seguida, passa pelos eixos articulados até os cubos das rodas. Na traseira,

o movimento é transferido diretamente dos pedais e manivelas para o eixo acoplado ao cubo, uma vez que existe apenas uma roda.

Como a equipe encontrou uma oferta muito baixa de componentes que se encaixavam no protótipo como planejado, a solução adotada foi a de trabalhar com peças de bicicletas que funcionam com correntes e adaptá-las para serem usadas com correias de borracha e polias projetadas e impressas em 3D em ABS pelos integrantes da TMB. O ABS foi a solução para a redução de massa do subsistema e possibilitou ajustes mais simples quando necessário. Durante a corrida não apresentou falhas, mas foi possível notar um erro no cálculo da relação de transmissão, visto que o veículo trafegava com velocidade abaixo da média planejada de 6km/h. O sistema composto pelo diferencial de catraca e as polias projetadas e impressas em 3D pela equipe estão representadas na figura 14 abaixo.



Figura 14 – Representação parcial do sistema de Transmissão

Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (março, 2019)

## 5 | CONCLUSÃO

A equipe estava comprometida em inovar no projeto explorando ao máximo suas limitações em relação aos recursos básicos disponíveis. Habilidades criativas foram amplamente desenvolvidas e utilizadas para que fosse possível dar forma ao veículo cuja concepção surgira em duas dimensões. O projeto NUT apresentou desempenho satisfatório das novas propostas que levou para a competição e, principalmente, buscou contribuir significativamente para o desenvolvimento das pesquisas voltadas para o setor espacial na UFF e no Brasil, como única representante do país em um dos maiores eventos estudantis do cenário de pesquisas aeroespaciais mundial.

Ao longo da experiência na *NASA Human Exploration Rover Challenge* foi possível perceber profundas influências culturais de cada país participante na forma de planejar e executar seus projetos de veículos e como inseri-los no contexto da exploração espacial. Os países latino americanos e da Ásia meridional tem seus objetivos focados em *rovers* leves e rápidos, os europeus tem um foco maior na funcionalidade do veículo durante as missões e os da América do Norte investem no uso de alta tecnologia nos processos de fabricação, por exemplo. Todos os jovens envolvidos, sem exceção, conseguem expressar

com clareza as imagens que projetam mentalmente do que seria o futuro tecnológico das suas nações com base nas influências do projeto de exploração espacial em Marte. De modo que ao receber o prêmio *AIAA Neil Armstrong Best Design Award* em 2018 o projeto Valquíria, que foi a estrutura base do NUT em 2019, ensaiava o que seria projetar essa ida à Marte sob à ótica da engenharia brasileira atual - criativa, inovadora e com alta capacidade de se reinventar tecnicamente diante de limitações de recursos quaisquer que sejam.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer carinhosamente a todos os membros que fizeram e fazem parte da equipe *The Myths Brazil* – UFF, pela dedicação diária para que o projeto descrito neste trabalho se tornasse realidade. E à Escola de Engenharia da UFF, ao MEC-SESu (PETMEC – UFF) e ao Instituto Gaylussac por todo suporte dedicado à equipe. Expresso enorme gratidão aos nossos patrocinadores, FUNTEC, AEB, Alltec, Ciser, Diprofiber, Happy Waffles, Badu Oxigênio e a todos os apoiadores, familiares e amigos da TMB.

## REFERÊNCIAS

BROWN, Tim. **Design thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Alta Books Editora, 2018.

GRÄTZEL, Michael. **Molecular photovoltaics that mimic photosynthesis**. Pure and Applied Chemistry, v. 73, n. 3, p. 459-467, 2009.

HIRSHORN, Steven R.; VOSS, Linda D.; BROMLEY, Linda K. **Nasa systems engineering handbook**, 2017.

LIEDTKA, Jeanne; OGILVIE, Tim. **A magia do Design Thinking** – um kit de ferramentas para o crescimento rápido de sua empresa. HSM, Oliva Editorial, São Paulo, 2015.

National Aeronautics and Space Administration. **Regulamento**: NASA Human Exploration Rover Challenge Guide Book. Huntsville, 2019.

PASSOLD, Fernando. **Despertando para a Importância das Competições de Robôs**. In: COBENGE, Congresso Brasileiro de Engenharia, Passo Fundo RS, 2006.

TOO, Danny. **The effect of seat-to-pedal distance on anaerobic power and capacity in recumbent cycling**, 1993.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 76, 85

Ações Colaborativas 61, 69, 97, 99, 102, 103, 106

Acústica Urbana 48, 49, 53, 57

Animações 122, 123, 124, 132

Arquitetura 1, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 19, 28, 29, 36, 48, 49, 50, 52, 53, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 90, 97, 98, 99, 100, 101, 108, 139, 140, 142, 143, 144, 147

### C

Caligramas 71, 72, 73, 74

Competição 17, 49, 52, 109, 110, 111, 112, 115, 119, 120

### D

Deficiência Visual 19, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 84, 85

Desenho 1, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 17, 19, 21, 22, 23, 28, 29, 36, 55, 59, 63, 66, 68, 77, 78, 91, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 110, 126, 127, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145

Desenho Paramétrico 1, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 28, 100, 101

Desenho Técnico 12, 13, 29, 36, 63, 134, 138, 145

Desenvolvimento Sustentável 14, 17, 18

Design 1, 2, 3, 4, 12, 20, 29, 46, 48, 49, 52, 59, 60, 63, 71, 85, 96, 97, 101, 102, 103, 109, 110, 112, 113, 116, 121, 133, 138, 139, 140, 142, 143, 157

### E

Engenharia 13, 17, 36, 45, 47, 98, 99, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 142, 145, 156, 158, 159

Espacialização 60, 61, 63, 67

Experimentação 1, 64, 69, 89, 101, 102, 103, 105, 112

Exploração Espacial 109, 110, 111, 120, 121

### F

Fabricação Digital 1, 3, 4, 6, 11, 12, 19, 20, 21, 28, 100, 101, 142

Fotomontagem 48, 49, 55, 57

## **G**

Geometria 1, 3, 5, 11, 12, 29, 35, 36, 45, 66, 67, 68, 69, 99, 116, 118, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 156

## **I**

Inteligência Artificial 122, 123, 124, 128, 132

## **J**

Jogo 11, 13, 14, 15, 16, 17, 56, 78

## **L**

Lógica 1, 2, 4, 6, 7, 10, 11, 19, 20, 21, 22, 24, 27, 28, 136

## **M**

Materiais Alternativos 36, 86, 87, 88, 90, 96

Material Didático 11, 21, 30, 31, 34, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Materialização 1, 6, 60, 61, 62

Modelagem 6, 25, 30, 31, 32, 34, 36, 37, 41, 42, 43, 55, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 68, 69, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 86, 90, 91, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 114, 116, 117, 123, 125, 126, 127, 129, 132, 142, 147, 148, 151, 152, 154

## **N**

NoiseTube 48, 49, 54, 55, 58, 59

## **P**

Poliedros de Arquimedes 35, 37

Projeto 3, 1, 3, 4, 9, 11, 12, 25, 28, 31, 33, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 78, 79, 85, 91, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 138, 145

Projeto da Paisagem 48, 49, 51, 53, 55, 57, 59

Projeto de Arquitetura 1, 4, 9, 11, 12, 49, 52, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68

Prototipagem Rápida 28, 30, 31, 75, 76, 78, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 95, 96

Protótipo 31, 80, 90, 91, 92, 109, 111, 113, 114, 118, 119, 120

## **R**

Realidade Aumentada 35, 36, 41, 43, 45, 146, 147, 151, 154, 156

Realidade Virtual 35, 36, 37, 41, 43, 45, 47, 146, 147, 151, 154, 156, 158

Reconhecimento Facial 122, 123

Recursos Didáticos 76, 78, 85

Redes Neurais 122, 130, 132

Representação 1, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 24, 27, 28, 30, 31, 34, 49, 53, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 69, 78, 79, 84, 97, 99, 100, 101, 103, 107, 116, 120, 126, 128, 130, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 149, 150

## **S**

Sistema RGB 19

Sistemas Estruturais 61, 63, 64, 68, 69, 97, 98, 99, 100, 101, 104, 105, 106, 107, 108

Sistemas Geométricos 60, 61, 63, 64, 66, 67, 69, 99

Sistema Solar 78, 146, 147, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156

Software 5, 6, 23, 31, 32, 33, 48, 49, 50, 54, 57, 80, 82, 85, 91, 97, 102, 118, 129, 143, 159

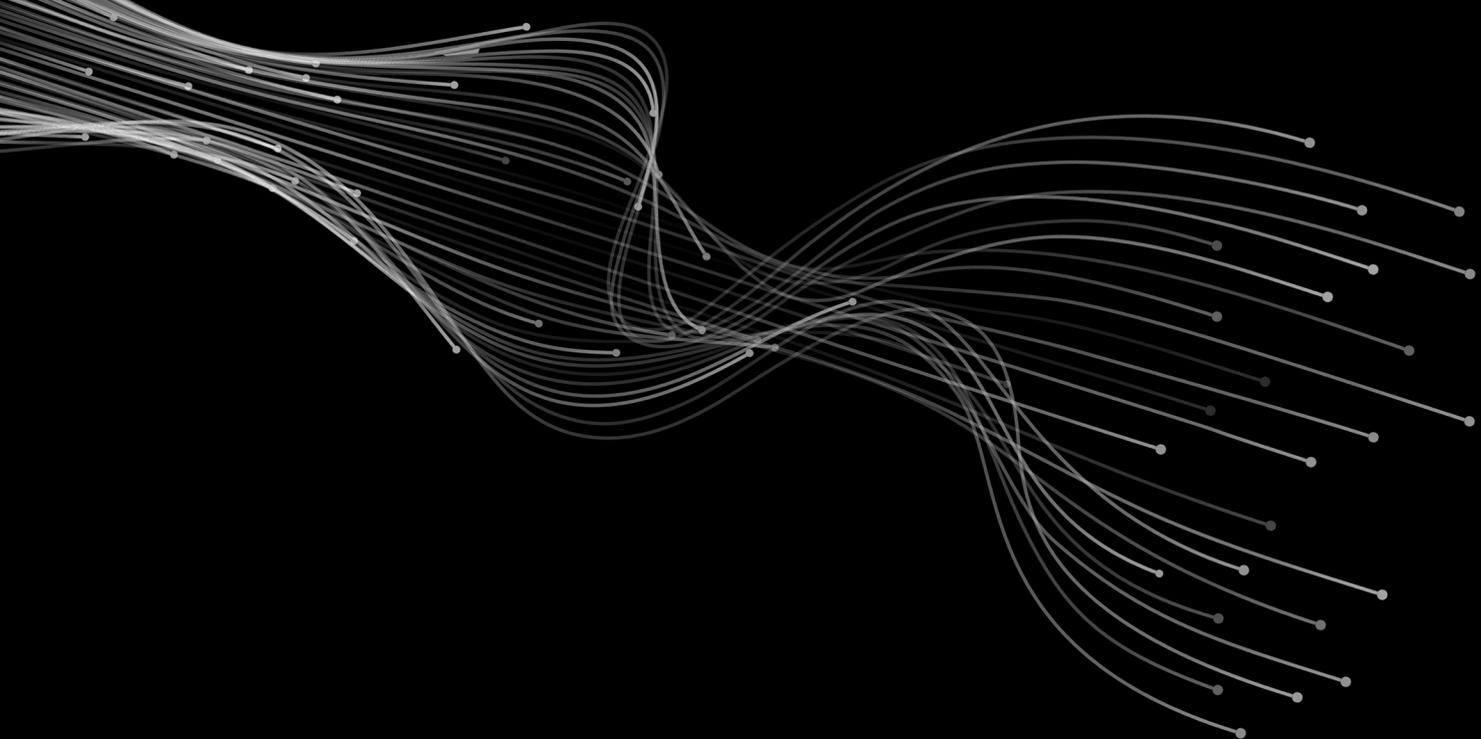
## **T**

Tecnologias 11, 28, 31, 36, 37, 82, 86, 87, 95, 96, 101, 110, 134, 140, 142, 143, 144, 147, 148, 159

Trisseção do Cubo 1, 4, 6, 10, 11, 12

## **V**

Visualização 31, 35, 36, 37, 43, 44, 45, 47, 57, 60, 61, 91, 100, 146, 147, 148, 149, 153, 154, 155, 156, 158



# *Engenharia Gráfica para Artes e Design: Interfaces e Aplicabilidades*

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

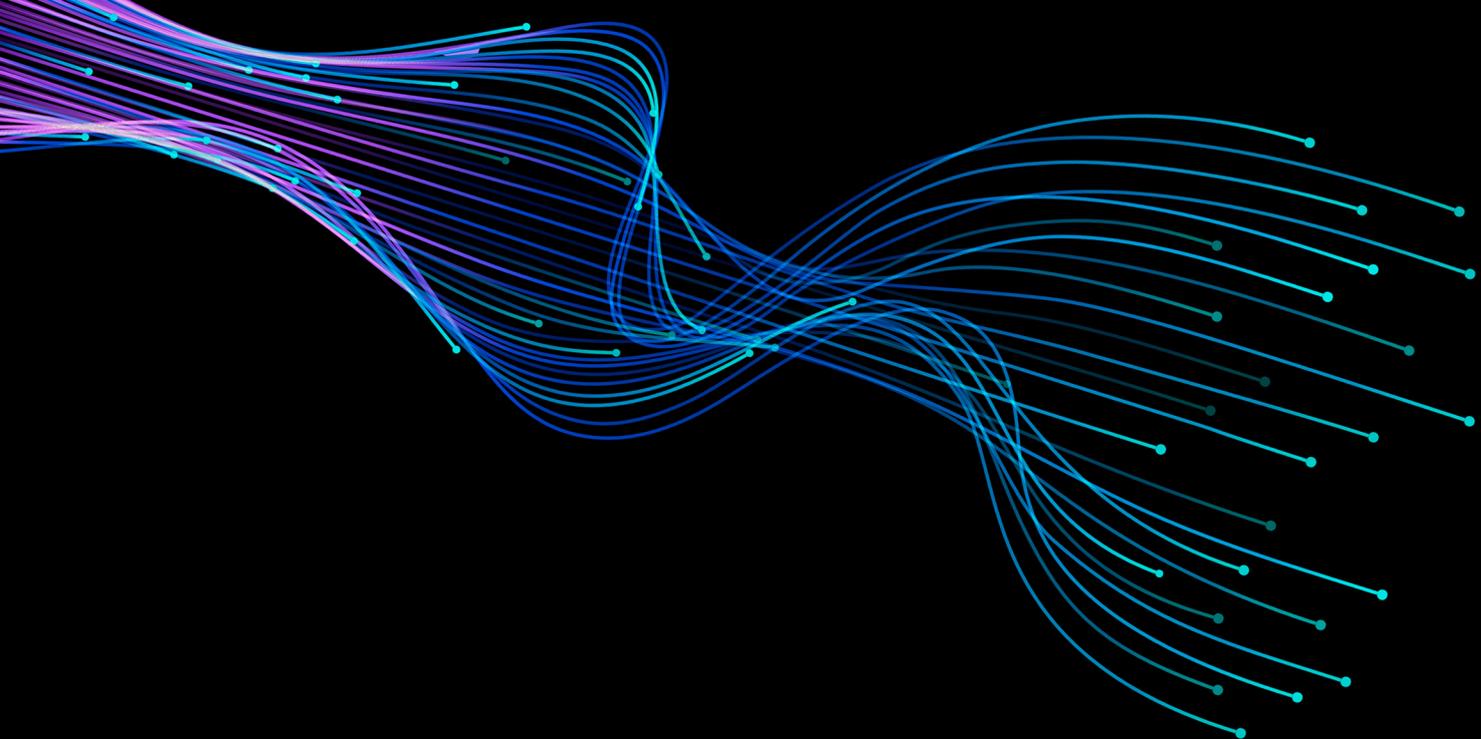
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](#) 

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

 **Atena**  
Editora

**Ano 2020**



# *Engenharia Gráfica para Artes e Design: Interfaces e Aplicabilidades*

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

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

[@atenaeditora](#) 

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

 **Atena**  
Editora

**Ano 2020**