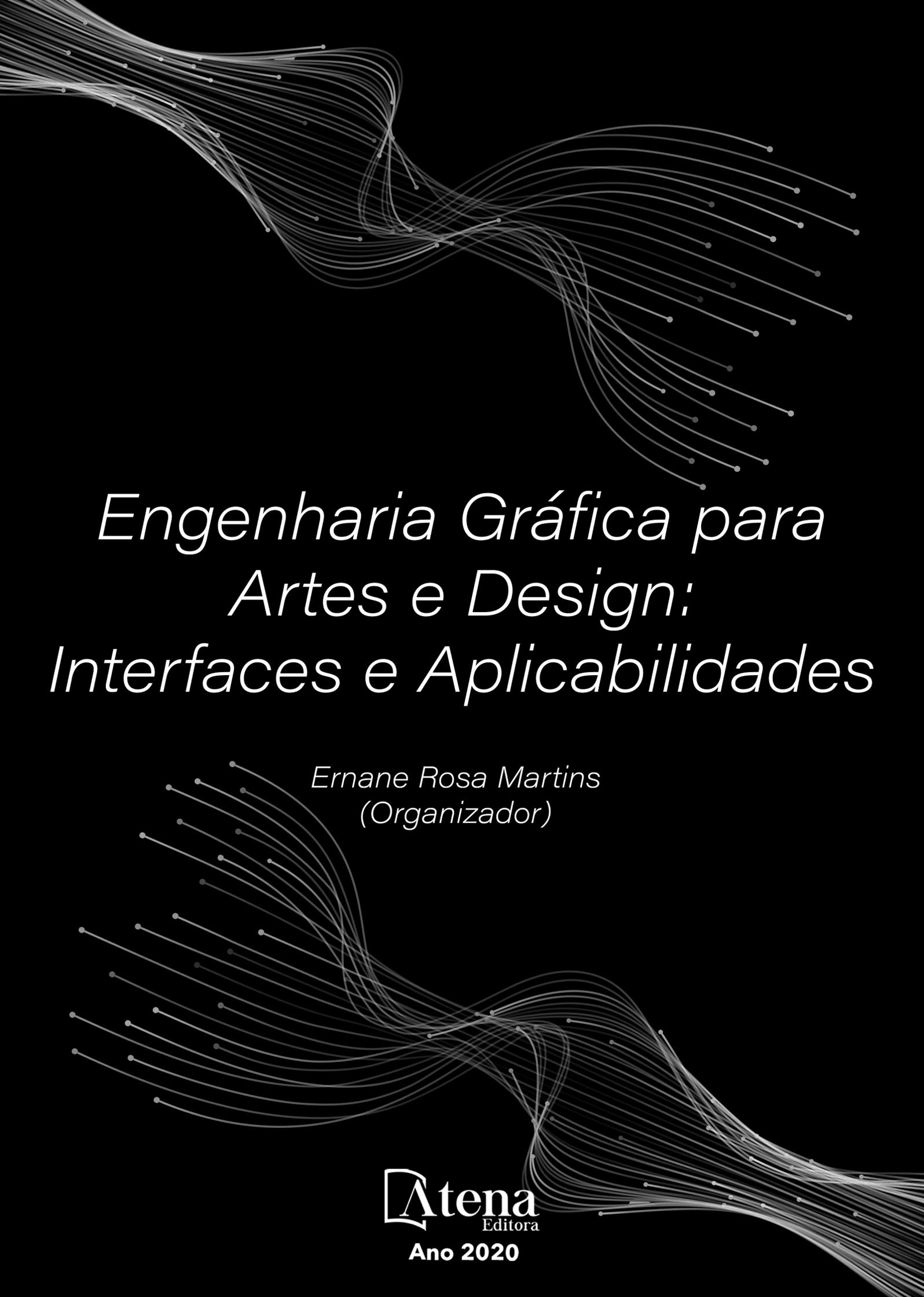


*Engenharia Gráfica para  
Artes e Design:  
Interfaces e Aplicabilidades*

*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 Cremona

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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. <span style="float: right;">CDD 604.2</span>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

**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>

## VISUALIZAÇÃO DOS PLANETAS DO SISTEMA SOLAR UTILIZANDO UM AMBIENTE WEB EM REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL

*Data de aceite: 01/07/2020*

*Data de submissão: 26/03/2020*

**Paulo Henrique Siqueira**

Universidade Federal do Paraná, Departamento  
de Expressão Gráfica  
Curitiba – Paraná

<https://orcid.org/0000-0002-7498-0721>

**RESUMO:** Este capítulo mostra o desenvolvimento de um ambiente web para visualizações dos planetas do Sistema Solar em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV). Com objetivo de mostrar o Sistema Solar de maneira mais próxima da realidade, as medidas usadas neste capítulo envolvem distâncias entre os planetas e o Sol, limites de distâncias mínimo (periélio) e máximo (afélio), rotações, além de inclinações e excentricidades das órbitas elípticas. Para melhorar a visualização das órbitas, as métricas de distâncias, diâmetros e rotações foram adaptadas com o conceito de equivalência de áreas de círculos e médias geométricas, suavizando as diferenças de grandezas. O ambiente desenvolvido pode ser usado em sala de aula para a visualização do Sistema Solar

em RA, com a possibilidade de manipulações das representações dos planetas pelos alunos com o ambiente criado em RV, além de estudos das leis de Kepler, propriedades de inclinações e rotações dos planetas. Este capítulo serve como uma maneira de encorajar os professores para desenvolverem materiais com a tecnologia mostrada com o objetivo de propagar e popularizar o uso de RA e RV em ambiente web nas salas de aula.

**PALAVRAS-CHAVE:** Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Visualização gráfica; Sistema Solar.

### VISUALIZATION OF THE PLANETS OF THE SOLAR SYSTEM USING A WEB ENVIRONMENT IN AUGMENTED REALITY AND VIRTUAL REALITY

**ABSTRACT:** This paper shows the development of a webpage environment created to visualizations of the Solar System planets with Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR). With the objective to show the Solar System closer to reality, the measurements used in this paper involve distances between the planets and the Sun, limits of minimum (perihelion) and maximum distances (aphelion), rotations,

inclinations and eccentricities of the elliptical orbits. To improve the orbits visualization, distances, diameters and rotations metrics were adapted with proportional circles areas and geometrical mean, smoothing the differences of magnitudes. The developed environment can be used in the classroom to visualize the Solar System in AR, with the possibility of manipulations of the planets representations by the students with the environment created in VR, besides studies of the laws of Kepler, properties of inclinations and rotations of the planets. This work serves as a way to encourage teachers to develop materials with the technology shown in order to propagate and popularize the use of AR and VR in classroom programmed as in a web environment.

**KEYWORDS:** Augmented Reality; Virtual Reality; Graphical Visualization; Solar System.

## 1 | INTRODUÇÃO

Disciplinas que envolvem conceitos tridimensionais quase sempre necessitam de recursos auxiliares para a completa compreensão dos alunos e o desenvolvimento ideal de suas habilidades espaciais. A manipulação dos objetos pelos alunos é importante para ajudar a compreensão destes conceitos. Os materiais concretos podem ser feitos hoje em dia com impressões 3D para aulas de Biologia (McMENAMIN et al., 2014), Geometria (HULEIHIL, 2017) ou disciplinas com conteúdos que envolvam representações 3D. O desenvolvimento de ambientes ou aplicativos web para o ensino também ajuda em visualizações e manipulações de conceitos de Geometria (CANTOS, IZQUIERDO e CANTOS, 2016).

Outra alternativa para auxiliar o ensino de conteúdos que envolvem conceitos de 3D é o uso de modelagem com tecnologias virtuais. A Realidade Virtual (RV) serve para criar um ambiente imersivo com manipulação dos objetos utilizando controles e óculos imersivos (MORO et al., 2017). Ambientes em RV auxiliam a visualização de fenômenos físicos ou biológicos, simulações de treinamentos, jogos educacionais e outras áreas da educação.

A Realidade Aumentada (RA) utiliza um dispositivo com câmera para colocá-lo junto com o ambiente da imagem da câmera, criando camadas virtuais de objetos 3D e texto sobre a imagem da câmera em tempo real (KIRNER e KIRNER, 2011). Trabalhos recentes mostram aplicações de RA muito interessantes para auxílio no ensino de várias áreas, tais como Geometria (GONZÁLEZ, 2017) e Arquitetura (ABDULLAH et al., 2017). As contribuições do uso de RA na área da educação demonstram que se trata de uma poderosa ferramenta para uso em sala de aula, pois permite várias formas de interações visuais no aprendizado de diversas disciplinas (AKÇAYIR e AKÇAYIR, 2017).

Os conceitos básicos de Astronomia não são fáceis de ensinar, pois são conteúdos distantes da realidade cotidiana dos alunos. A representação do Sistema Solar envolve conceitos de Geometria, tais como distâncias, diâmetros, rotações e excentricidades das

órbitas. Os recursos de RA podem contribuir na visualização de cada planeta (XIAO et al., 2018), ou com relações da órbita da Terra com o Sol (SHELTON e HEDLEY, 2002).

O uso da RA pode complementar a utilização dos materiais didáticos tradicionais no ensino dos conceitos da Astronomia, pois os alunos podem interagir e visualizar os planetas e suas propriedades de maneira mais efetiva e significativa. A RV pode auxiliar na interação dos alunos com as representações dos planetas, transformando o ensino dos conteúdos de Astronomia em aulas de campo virtuais (DEVECIOGLU-KAYMAKCI, 2016).

Neste capítulo são apresentados os elementos para a construção de um ambiente web que utiliza as tecnologias de RV e RA para representar o Sistema Solar. A ideia é usar uma página em HTML para RA, com links para as páginas desenvolvidas em RV. Na página em RA, os alunos visualizam o Sistema Solar em diversos pontos de vista e acessam os sites de RV para manipularem as representações dos planetas e órbitas com dispositivos móveis, computadores ou podem até imergirem na cena com óculos de RV.

Os comandos usados na construção do ambiente proposto em RA e RV são intuitivos, e exigem apenas conhecimentos básicos de HTML. Trata-se de uma excelente e simples ferramenta de programação, que possibilita aplicações em sala de aula sem dificuldades apontadas no uso de algumas tecnologias de RA (MUNOZ-CRISTÓBAL et al., 2018).

## 2 | DADOS DA MODELAGEM

Os dados para construção do modelo de Sistema Solar nos ambientes de RV e RA foram obtidos da *National Aeronautics and Space Administration - NASA* e envolvem distâncias, diâmetros e períodos de rotação em torno do sol e dos próprios planetas.

As informações de distâncias utilizadas de cada planeta são: diâmetro ( $d$ ), distância do sol ( $r$ ) e os limites de distâncias ao sol periélio e afélio. A modelagem das distâncias dos planetas ao Sol pode ser feita utilizando-se um planeta como referência e calculando-se as demais distâncias relativas utilizando regras de três simples. Considerando-se a distância de Plutão ao Sol como um referencial  $p_{dist} = 100\%$  e  $R = 26m$  os valores proporcionais das distâncias dos demais planetas ao Sol  $r_p$  são mostrados na Tabela 1.

Porém, conforme mostra a Tabela 1, as menores distâncias têm valores muito próximos e menores do que 1m, dificultando-se a visualização entre estas órbitas. Para melhorar as visualizações das órbitas sem perder as proporções das distâncias, o conceito de área dos círculos centrados no Sol pode ser utilizado, considerando os círculos como aproximações das órbitas dos planetas. Desta forma, o raio do círculo de uma órbita  $r_o$  é considerado com área de proporção  $p_{dist}$  em relação à área do círculo da órbita de Plutão:

$$\pi r_o^2 = p_{dist} \pi R^2 \quad \therefore r_o = \sqrt{p_{dist} R^2} = R \sqrt{p_{dist}}, \quad (1)$$

ou seja,  $r_o$  é a média geométrica entre  $p_{dist} R$  e  $R$ . Os valores dos raios  $r_o$  calculados

por meio da equação (1) são mostrados na Tabela 1.

astro	$r$ ( $10^6$ km)	$p_{dist}$ (%)	$r_p$ (m)	$r_o$ (m)	$d$ (km)	$p_d$ (%)	$d_p$ (m)	$d_{prop}$ (m)
Sol	-	-	-	-	<b>1.391.016</b>	<b>100</b>	<b>D = 4</b>	<b>4</b>
Mercúrio	57,9	1	0,25	2,57	4.879	0,35	0,014	0,237
Venus	108,2	1,8	0,48	3,52	12.104	0,87	0,035	0,373
Terra	149,6	2,5	0,66	4,14	12.756	0,92	0,037	0,383
Marte	227,9	3,9	1	5,11	6.792	0,49	0,02	0,28
Jupiter	778,6	13,2	3,43	9,44	142.984	10,3	0,411	1,284
Saturno	1.433,5	24,3	6,31	12,81	120.536	8,67	0,347	1,177
Urano	2.872,5	48,6	12,64	18,13	51.118	3,67	0,147	0,767
Netuno	4.495,1	76,1	19,79	22,68	49.528	3,56	0,142	0,755
Ceres	413	7	1,82	6,88	952	0,07	0,003	0,105
Plutão	<b>5.906,4</b>	<b>100</b>	<b>R = 26</b>	<b>26</b>	2.370	0,17	0,007	0,165
Haumea	6.452	109	28,4	27,17	1.240	0,09	0,004	0,119
Makemake	6.847	116	30,14	27,99	1.430	0,1	0,004	0,128
Eris	10.125	171	44,57	34,04	2.326	0,17	0,007	0,164

Tabela 1. Diâmetros e distâncias ao Sol.

A Figura 1 mostra a vista superior da representação das órbitas até Plutão utilizando-se os raios proporcionais  $r_p$  e os raios com áreas proporcionais  $r_o$ . A visualização das órbitas com os raios  $r_o$  fica mais clara e compreensível para aplicar em sala de aula, sem perder a proporcionalidade, que foi usada nas áreas dos círculos.

Os diâmetros dos planetas também podem ser calculados por meio da equação (1), usando-se como referência o diâmetro do Sol. A Tabela 1 mostra os percentuais  $p_d$  dos diâmetros dos planetas em relação ao diâmetro do Sol, os diâmetros proporcionais  $d_p$  e os diâmetros propostos  $d_{prop}$  por meio da equação (1), considerando-se o diâmetro do Sol com medida  $D = 4m$  utilizado no ambiente virtual.

De acordo com a primeira Lei de Kepler, as órbitas dos planetas são elípticas e o Sol ocupa a posição de um dos focos da cada órbita (MURRAY e DERMOTT, 1999). A posição correta da elipse de cada órbita é possível considerando-se as medidas que representam a maior (afélio) e a menor (periélio) distância da órbita de um planeta ao Sol.

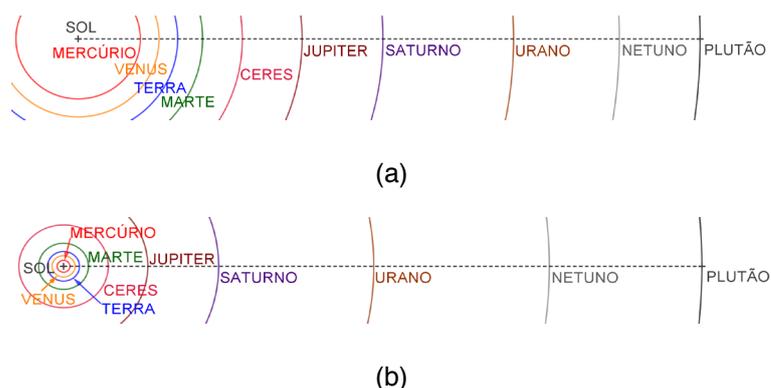


Figura 1. Distâncias orbitais com: (a) médias geométricas; (b) proporção direta dos raios.

O deslocamento  $\Delta$  de cada planeta em relação ao Sol, é a diferença entre a distância de cada órbita  $r_o$  com os respectivos periélios. Portanto, cada órbita sofre um deslocamento  $\Delta$ , que é uma translação da órbita elíptica a partir do centro do Sol na direção do afélio de cada planeta. O periélio de Mercúrio mede  $46 \times 10^6 \text{ km}$  (NASA, 2019), o equivalente em RV/RA a  $ph = 2,83\text{m}$  com uso da média geométrica. O deslocamento deste planeta mede  $11,9 \times 10^6 \text{ km}$ , que pode ser representado no ambiente virtual com valor  $\Delta = 0,28\text{m}$ .

O período orbital  $t_o$  é a quantidade de dias que um planeta leva para fazer uma rotação completa de  $360^\circ$  em torno do Sol. O período de rotação  $t_r$  representa o número de dias que um planeta leva para completar uma rotação de  $360^\circ$  em torno de seu próprio eixo (MURRAY e DERMOTT, 1999; NASA, 2019).

O período orbital de Mercúrio representa apenas 0,1% do período orbital de Plutão, ou seja, enquanto Mercúrio dá 1000 voltas em torno do Sol, Plutão consegue completar apenas 1 volta. Estas grandes diferenças acontecem também com os períodos de rotação. Por exemplo, Jupiter leva pouco mais de 9 horas para completar uma rotação em torno de seu eixo, enquanto Venus tem o período de rotação de 243,02 dias (NASA, 2019).

Para suavizar grandes diferenças que existem entre os períodos orbitais e de rotação dos planetas e do Sol, a mesma metodologia com médias geométricas pode ser utilizada para estas medidas, evitando-se problemas de visualizações causados por rotações muito lentas ou rápidas.

Usando-se o período orbital de Plutão de 90.500 dias como referência, com duração em RV/RA de 5.000s, os períodos orbitais de Marte e Mercúrio, que medem 687 e 88 dias respectivamente, transformam-se em 435,4s e 155,88s na programação virtual com médias geométricas. Utilizando-se a mesma referência, os períodos de rotação do Sol, de Vênus e de Mercúrio, que medem 35, 243,02 e 58,65 dias, respectivamente, transformam-se em 98,3s, 259,01s e 127,24s para uso em RV/RA.

A representação da órbita de um planeta pode ser feita por meio de uma linha imaginária que passa pelo centro do planeta e descreve uma elipse em torno do Sol. Esta elipse tem centro posicionado com deslocamento  $\Delta$  a partir do centro do Sol, com uma inclinação  $i$  em relação a um plano de referência. A interseção deste plano com o plano da elipse é chamada de linha dos nós, e o eixo  $d$  com origem no centro do Sol é utilizado como referência para todos os planetas (MURRAY e DERMOTT, 1999).

A posição do periélio de um planeta é possível com a determinação de dois ângulos: a longitude do nó ascendente  $\Omega$ , formada entre o eixo  $d$  e a linha dos nós; e a longitude do periélio  $\omega$ , formada entre a linha dos nós e o ponto periélio. Os ângulos  $\Omega$  e  $\omega$  estão ilustrados na Figura 2.

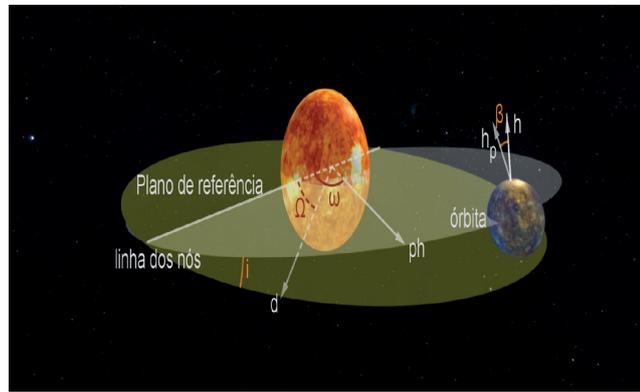


Figura 2. Ângulos usados para posicionar as órbitas dos planetas.

Considerando-se o eixo  $h$  ortogonal ao plano da órbita, cada planeta tem um eixo denominado  $h_p$  que passa por seus polos. O ângulo  $\beta$  formado entre os eixos  $h$  e  $h_p$  é chamado de inclinação ou obliquidade do planeta (MURRAY e DERMOTT, 1999) e está ilustrado na Figura 2. Os valores destes ângulos podem ser consultados em NASA (2019).

Apesar dos valores pequenos de excentricidades, as órbitas dos planetas possuem formato elíptico. O semi-eixo maior da elipse da órbita de um planeta é a distância  $r_o$  do mesmo até o Sol. O cálculo da medida do semi-eixo menor  $b$  da órbita de um planeta pode ser feito usando-se a definição de excentricidade de uma elipse com semi-eixo maior  $r_o$  e distância focal  $2c$ :

$$e = c/r_o, \text{ onde } c^2 = r_o^2 - b^2$$

Substituindo-se o valor de  $c$  na primeira igualdade, obtém-se  $b$ :

$$b = r_o \sqrt{1 - e^2}. \quad (2)$$

Os planetas Vênus, Terra e Netuno ficam com as representações aproximadas por círculos, pois têm excentricidades próximas de zero. No caso da excentricidade de Plutão, que vale  $e = 0,248$ , o eixo menor em RV/RA mede  $b = 25,19m$ , equivalente a 96,9% do eixo maior  $r_o = 26m$ . No caso de Mercúrio, com  $e = 0,206$ , seu eixo menor mede  $b = 2,519m$  em RV/RA, equivalente a 97,9% do valor  $r_o$  mostrado na seção 2.

### 3 | REALIDADE VIRTUAL

Os elementos do Sistema Solar mostrados na seção 2 foram programados tanto em Realidade Virtual quanto em Realidade Aumentada. Nos dois casos, foram utilizadas as bibliotecas do A-frame, ambiente desenvolvido pela equipe de RV do Mozilla (OLIVEIRA, 2018). O A-frame utiliza funções da biblioteca Three.js do Java com *tags* do HTML puro, permitindo que toda a programação de RV ou RA seja feita em uma página da web, que segue a composição de *tags* com princípios de herança e hierarquia (A-FRAME, 2019).

As *tags* da modelagem de uma parte do Sistema Solar em RV são mostradas nesta

seção, ilustradas na Figura 3. As informações colocadas nesta figura incluem as *tags* do Sol e de Mercúrio e os demais planetas têm estrutura similar. Na *tag* de cabeçalho da página HTML está inserida a referência à biblioteca principal do A-frame entre as linhas 3 e 5. Todas as referências de bibliotecas podem ser inseridas nesta *tag* de cabeçalho.

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <script src="https://aframe.io/releases/0.8.2/aframe.min.js"></script>
5 </head>
6 <body>
7 <a-scene cursor="rayOrigin:mouse">
8 <a-entity camera look-controls position="0, 2, 8"></a-entity>
9 <a-assets>
10 
11 
12 
13 </a-assets>
14 <a-sky src="#milkyway"></a-sky>
15 <a-sphere src="#sun" radius="2">
16 <a-animation attribute="rotation" dur="98300" easing="linear" repeat="indefinite"
17 from="7.25, 0, 0" to="7.25, 360, 0"></a-animation>
18 </a-sphere>
19 <a-entity id="i" rotation="7, 48.3, 0" scale="1, 1, 0.979">
20 <a-entity id="i_ph" rotation="0, 77.45, 0">
21 <a-entity id="des1" position="-0.28, 0, 0">
22 <a-sphere src="#mercury" radius="0.12" position="2.57, 0, 0" scale="1, 1, 1.021">
23 <a-animation attribute="rotation" dur="127240" easing="linear" repeat="indefinite"
24 from="0.03, 0, 0" to="0.03, 360, 0"></a-animation>
25 </a-sphere>
26 <a-text id="label" value="MERCURY" position="2.57, 0.3, 0"></a-text>
27 <a-torus id="orb" rotation="-90, 0, 0" radius="2.57" color="cyan"
28 radius-tubular="0.008"></a-torus>
29 <a-animation id="p_orb" attribute="rotation" dur="155880" repeat="indefinite"
30 to="0, 360, 0" easing="linear"></a-animation>
31 </a-entity>
32 </a-entity>
33 </a-entity>
34 <tags dos outros planetas do sistema solar>
35 </a-scene>
36 </body>
37 </html>

```

Figura 3. Tags da página de RV em A-frame para a modelagem do Sistema Solar.

A modelagem do Sistema Solar está definida nas *tags* do corpo da página HTML. Nas linhas 7 e 8 da Figura 3 encontram-se as definições para interação do usuário com o mouse ou controle de RV e a câmera da cena com posição inicial nas coordenadas x (direita/esquerda), y (altura) e z (profundidade). Os valores iniciais são: x = 0 que centraliza a câmera na tela; y = 2m que representa a altura do observador; e z = 8m para afastar o observador da origem do sistema, onde está representado o Sol.

As *tags* que definem as texturas usadas nos planetas estão colocadas entre as linhas 9 e 13. As imagens foram retiradas do site gratuito de modelos do Sistema Solar (SOLAR SYSTEM, 2019). A imagem da Via Láctea está referenciada como imagem de fundo de 360° da cena na *tag a-sky* da linha 14.

A modelagem do Sol está nas *tags* entre as linhas 15 e 18. A textura do Sol está referenciada como *#sun*, raio de 2m e animação para representar o período de rotação de 98,3s. Como a unidade do A-frame é milissegundos, a duração da animação equivale a  $t_r = 98.300\text{ms}$ . Nesta *tag* de animação são definidos o ângulo de inclinação do eixo  $\beta = 7.25^\circ$

em relação ao eixo x e a rotação completa de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  em torno do eixo y.

As *tags* da órbita de Mercúrio estão colocadas entre as linhas 19 e 33 da Figura 3. A primeira *tag* com id="i" define a inclinação do plano da órbita com as medidas  $i = 7^\circ$  em torno do eixo x e  $\Omega = 48,3^\circ$  em torno do eixo y. A excentricidade é usada como fator de escala sobre o semi-eixo menor da elipse, com valor  $b_p = 0,979$ .

A *tag* com id="i\_ph" (linha 20) define a longitude do periélio  $\omega = 77,45^\circ$  em torno do eixo y. A *tag* com id="desl" (linha 21) faz a translação do plano da órbita com o valor  $\Delta = 0,28m$ . A linha 23 tem a referência da textura #mercury, raio  $d_p/2 = 0,12m$ , distância ao Sol  $r_o = 2,57m$ , escala inversa da excentricidade  $1/b_p = 1,021$  no eixo menor, inclinação do eixo  $\beta = 0,03^\circ$  e a animação para o período de rotação  $t_r = 127.240ms$ .

A *tag a-text* com id="label" (linha 26) posiciona o rótulo do planeta. A *tag* com id="orb" (linha 27) define a órbita como um toro de raio maior  $r_o$  e raio tubular  $0,008m$ . A *tag* com id="p\_orb" (linha 29) define a animação do período orbital  $t_o = 155.880ms$ . As *tags* dos outros planetas podem ser colocadas a partir da linha 34 da Figura 3.

Uma forma de interação com os elementos da cena utiliza a função de órbita (NGO, 2019), que permite a movimentação da câmera em torno dos objetos da cena. Ao usar os óculos de RV, a movimentação da câmera com a função de órbita é automática. Nos computadores, tablets e smartphones, a movimentação da câmera em torno dos objetos pode ser feita utilizando mouse, teclado ou *touch*.

A Figura 4 mostra uma região das órbitas modeladas em RV com códigos HTML do A-frame. Esta visualização mostra as inclinações de órbitas e posições relativas dos planetas em relação ao Sol com as métricas propostas na seção anterior. A Figura 5 mostra uma parte do Sistema Solar modelado em RV, destacando-se os planetas mais próximos do Sol e também a grande inclinação  $i = 10,6^\circ$  da órbita de Ceres.

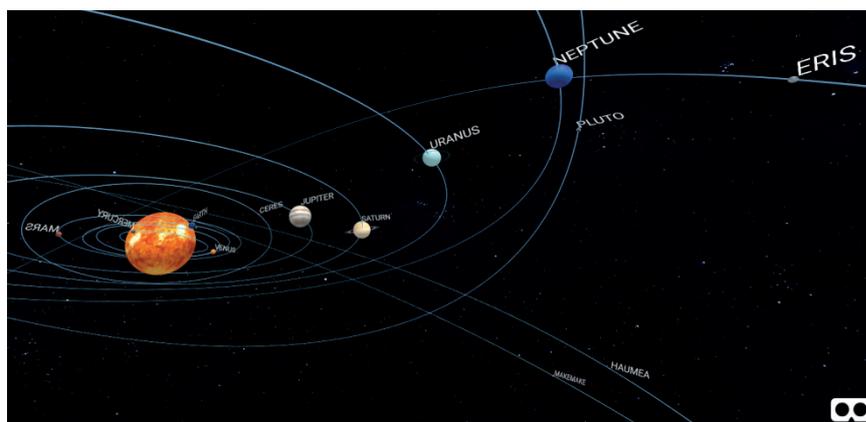


Figura 4. Visão ampliada das órbitas do Sistema Solar modeladas em RV.

Por se tratar de uma página web, os visitantes têm opções de visualizações em tablets, computadores, smartphones, além dos óculos Rift, Oculus Vive, Daydream e Gear VR. Os comandos de interações com os planetas podem ser modelados na imersão

da cena de RV para manipulações individuais de planetas (MURPHY, 2019) ou teleporte em locais da cena (SERRANO, 2019).

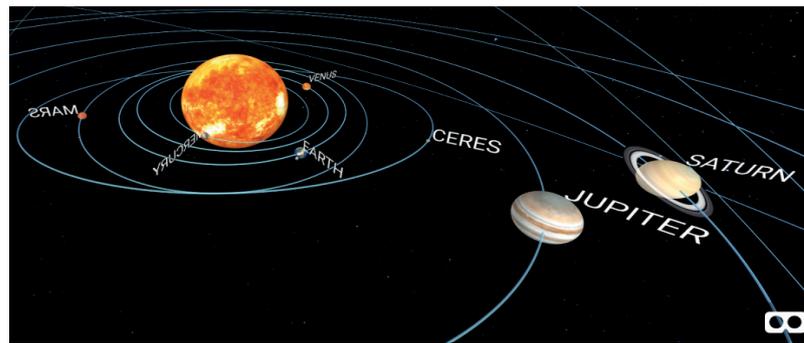


Figura 5. Visualização parcial do Sistema Solar com RV usando-se A-frame.

#### 4 | REALIDADE AUMENTADA

Em um ambiente programado em Realidade Aumentada, os elementos modelados em Realidade Virtual podem ser misturados com objetos físicos mostrados através da câmera de um dispositivo. A programação da página web do Sistema Solar em RA usa as mesmas *tags* estruturais mostradas na Seção 3, incluindo-se a *tag* referencial da visualização em RA, desenvolvida por Etienne (2019), que deve ser inserida no cabeçalho da página junto com a *tag* referencial do A-frame.

As *tags* do Sistema Solar em RA estão colocadas na Figura 6. A *tag* da cena em RA tem a inclusão de propriedades de incorporação da imagem da webcam e captura de interação com mouse ou raios de controles em objetos com links (linhas 7 e 8). A cena em RA tem marcadores, que funcionam com códigos de bits 0 e 1 em forma matricial de imagens que são reconhecidas através da webcam (ISHII, 2010). Estes marcadores funcionam como pontos de referência, onde podem ser estabelecidas posições específicas para os objetos virtuais que aparecem na imagem real da webcam.

```
1 <head>
2 <script src="https://aframe.io/releases/0.8.2/aframe.min.js"></script>
3 <script src="https://jeromeetienne.github.io/AR.js/aframe/build/
4   aframe-ar.min.js"></script>
5 </head>
6 <body>
7 <a-scene embedded cursor="rayOrigin:mouse" raycaster="objects:[link];"
8   arjs='sourceType:webcam; detectionMode:mono_and_matrix; matrixCodeType:3x3;'>
9 <a-marker preset="hiro">
10 <a-link href="solarsystem.html" title="VR"></a-link>
11 <a-entity position="0 0.5 0" scale="0.2 0.2 0.2">
12 <tags dos planetas do sistema solar>
13 </a-entity>
14 </a-marker>
```

Figura 6. *Tags* da página de RA em A-frame para a modelagem do Sistema Solar.

Quando a imagem de um marcador for reconhecida na cena de RA, os elementos

modelados em RV são ativados. Existem mais de 80 opções de marcadores programados na biblioteca desenvolvida por Etienne (2019), que são representados por *tags* que englobam os elementos programados em RV que são ativados. Os mais comuns são hiro, kanji e os *QR (quick response) codes*, ilustrados na Figura 7.

Com os marcadores impressos, os alunos podem acessar de seus dispositivos a página web, visualizam os marcadores programados e os respectivos objetos programados em RV aparecem nas telas dos dispositivos em RA. O marcador hiro foi usado para a visualização em RA dos planetas do Sistema Solar. A estrutura de suas *tags* está entre as linhas 9 e 14 da Figura 6. Nestas *tags*, *a-entity* serve para agrupar os elementos do Sistema Solar, posicioná-los sobre o marcador e usar escalas. A *tag link* (linha 10) cria a interação para acesso das páginas programadas em RV utilizando os círculos azuis que aparecem sobre os marcadores. A Figura 8 mostra o Sistema Solar em RA com o marcador hiro.



Figura 7. Marcadores usados no A-frame: hiro, kanji e o *qr code* #20.

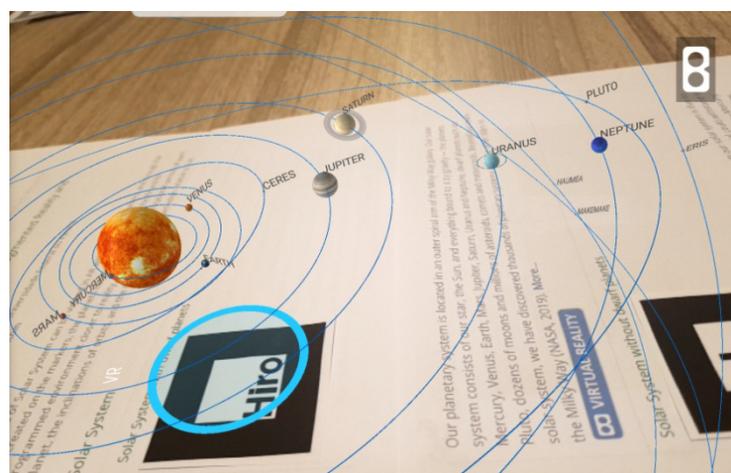


Figura 8. Visualização dos planetas do Sistema Solar em RA com o marcador hiro.

A visualização dos planetas de forma individual pode ser feita na mesma página com outros *qr codes*. Com esta visualização, é possível mostrar os pontos afélio e periélio, a linha dos nós, a inclinação do eixo e os períodos dos planetas. O uso do *qr code* #20 está ilustrado na Figura 9, com os elementos de Marte.

A página desenvolvida em RA possui todos os links para visualizações dos elementos em RV mostrados neste capítulo e encontra-se disponível em:

<https://paulohscwb.github.io/solar-system/>

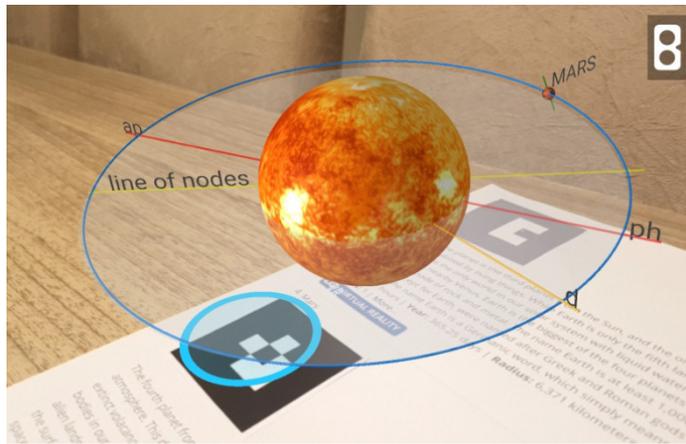


Figura 9. Visualização da órbita de Marte em RA com o *qr code* #20.

## 5 | CONCLUSÕES

Este capítulo mostra um sistema baseado em web para visualização do Sistema Solar em Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Por meio da visualização de marcadores impressos, os alunos podem visualizar os planetas do Sistema Solar em RA com qualquer dispositivo com webcam e acesso à internet, com links para as visualizações em RV.

As métricas propostas neste capítulo utilizam o conceito de equivalência de áreas de círculos e médias geométricas, com objetivo de melhorar as visualizações das órbitas e dos planetas com uma suavização de grandezas. O resultado mostra que se trata de uma ferramenta útil para uso em sala de aula, pois permite que os alunos visualizem e manipulem as representações gráficas dos planetas com seus dispositivos ou que usem os óculos de Realidade Virtual para imersão completa na cena.

O ambiente programado pode ser explorado em aulas sobre excentricidade de elipses, ângulos, proporções e as leis de Kepler. Todos os elementos podem ser visualizados em RA e RV e os alunos podem movimentar a câmera da cena para encontrarem os melhores pontos de vista do Sistema Solar em RV com ferramentas desenvolvidas para o A-frame para orbitar a câmera em torno dos objetos.

Algumas vantagens da criação de ambientes de RA e RV como páginas da web para uso em sala de aula são a praticidade, baixo custo, ótimo desempenho, a simplicidade de programação e o funcionamento em todos os tipos de smartphones e tablets. Outra vantagem desta ferramenta é o carregamento quase que imediato do site, pois é construído em HTML com referências de bibliotecas de RV desenvolvidas em Java. Os alunos não precisam fazer download de aplicativos e diversos marcadores podem ser usados em uma mesma página de HTML, que permitem a criação de materiais didáticos com diversos temas programados em RA e RV. Esta ferramenta pode ser usada em outras disciplinas, tais como Geometria, Cálculo Diferencial e Integral, Estatística, Biologia, Química, Engenharia e outras áreas que utilizam representações gráficas em 3D.

## REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, F., KASSIM, M. H. B., SANUSI, A. N. Z. **Go virtual: exploring augmented reality application in representation of steel architectural construction for the enhancement of architecture education.** *Advanced Science Letters*, v. 23, n. 2, p. 804-808, fev. 2017.
- A-FRAME. **A-frame documentation of Virtual Reality.** Disponível em: <<https://aframe.io/docs/0.8.0/introduction>>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- AKÇAYIR, M., AKÇAYIR, G. **Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature.** *Educational Research Review*, v. 20, p. 1-11, fev. 2017.
- CANTOS, L. A., IZQUIERDO, J. L., CANTOS, E. C. **Interactive multimedia application for teaching and learning in Analytical Geometry.** *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 7, p. 3461-3466, out. 2016.
- DEVECIOGLU-KAYMAKCI, Y. **Embedding Analogical Reasoning into 5E Learning Model: A Study of the Solar System.** *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, v. 12, n. 4, p. 881-911, fev. 2016.
- ETIENNE, J. **Efficient Augmented Reality for the Web.** Disponível em: <<https://github.com/jeromeetienne/AR.js>>. Acesso em 20 fev. 2019.
- GONZÁLEZ, N. A. A. **Development of spatial skills with virtual reality and augmented reality.** *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, v. 12, n. 1, p. 133-144, mar. 2017.
- HULEIHIL, M. **3D printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications.** *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 164, n. 1, p. 1-7, 2017.
- ISHII, H. **Augmented Reality: Fundamentals and Nuclear Related Applications.** *International Journal of Nuclear Safety and simulation*, v. 1, n. 1, dez. 2010.
- KIRNER, C., KIRNER, T. G. **Development of an interactive artifact for cognitive rehabilitation based on augmented reality.** In: *International Conference on Virtual Rehabilitation, 2011, Zurich: IEEE*, p. 1-7.
- McMENAMIN, P. G. et al. **The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology.** *Anatomical sciences education*, v. 7, n. 6, p. 479-486, jun. 2014.
- MORO, C. et al. **The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy.** *Anatomical sciences education*, v. 10, n. 6, p. 549-559, abr. 2017.
- MUNOZ-CRISTÓBAL, J. A. et al. **Game of Blazons: Helping Teachers Conduct Learning Situations That Integrate Web Tools and Multiple Types of Augmented Reality.** *IEEE Transactions on learning technologies*, v. 11, n. 4, p. 506-519, out. 2018.
- MURPHY, W. **All-in-one natural hand controller, pointer, and gaze interaction library for A-Frame.** Disponível em: <<https://github.com/wmurphyrd/aframe-super-hands-component>>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- MURRAY, C. D., DERMOTT, S. F. **Solar system dynamics.** Cambridge: Cambridge university press, 1999.
- NASA. **Planetary Fact Sheet, Planetary Science.** Disponível em: <<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet>>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- NGO, K. **Orbit controls for A-Frame.** Disponível em: <<https://github.com/supermedium/superframe/tree/master/components/orbit-controls>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

OLIVEIRA, J. R. **Visualização de conteúdos multimédia num ambiente de realidade virtual**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2018.

SERRANO, F. **A-Frame teleport controls component**. Disponível em: <<https://github.com/fernandojsg/aframe-teleport-controls>>. Acesso em 20 fev. 2019.

SHELTON, B. E., HEDLEY, N. R. **Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students**. In: The First IEEE International Workshop Augmented Reality Toolkit, 2002, Darmstadt: IEEE, p. 1-8.

SOLAR SYSTEM. **Free online model of Solar System and night sky: Solar textures**. Disponível em: <<https://www.solarsystemscope.com/textures>>. Acesso em 20 fev.2019.

XIAO, J. et al. **Assessing the Effectiveness of Augmented Reality Courseware Eight Planets in the Solar System**. In: International Conference on Information Technology in Medicine and Education, 9., 2018, Hangzhou: IEEE, p. 388-392.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**ERNANE ROSA MARTINS** - Doutorado em andamento em Ciência da Informação com ênfase em Sistemas, Tecnologias e Gestão da Informação, na Universidade Fernando Pessoa, em Porto/Portugal. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, possui Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão da Informação, Graduação em Ciência da Computação e Graduação em Sistemas de Informação. Professor de Informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG (Câmpus Luziânia) ministrando disciplinas nas áreas de Engenharia de Software, Desenvolvimento de Sistemas, Linguagens de Programação, Banco de Dados e Gestão em Tecnologia da Informação. Pesquisador do Núcleo de Inovação, Tecnologia e Educação (NITE), certificado pelo IFG no CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1543-1108>. Personal homepage: <https://ernanemartins.wordpress.com/>

## 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

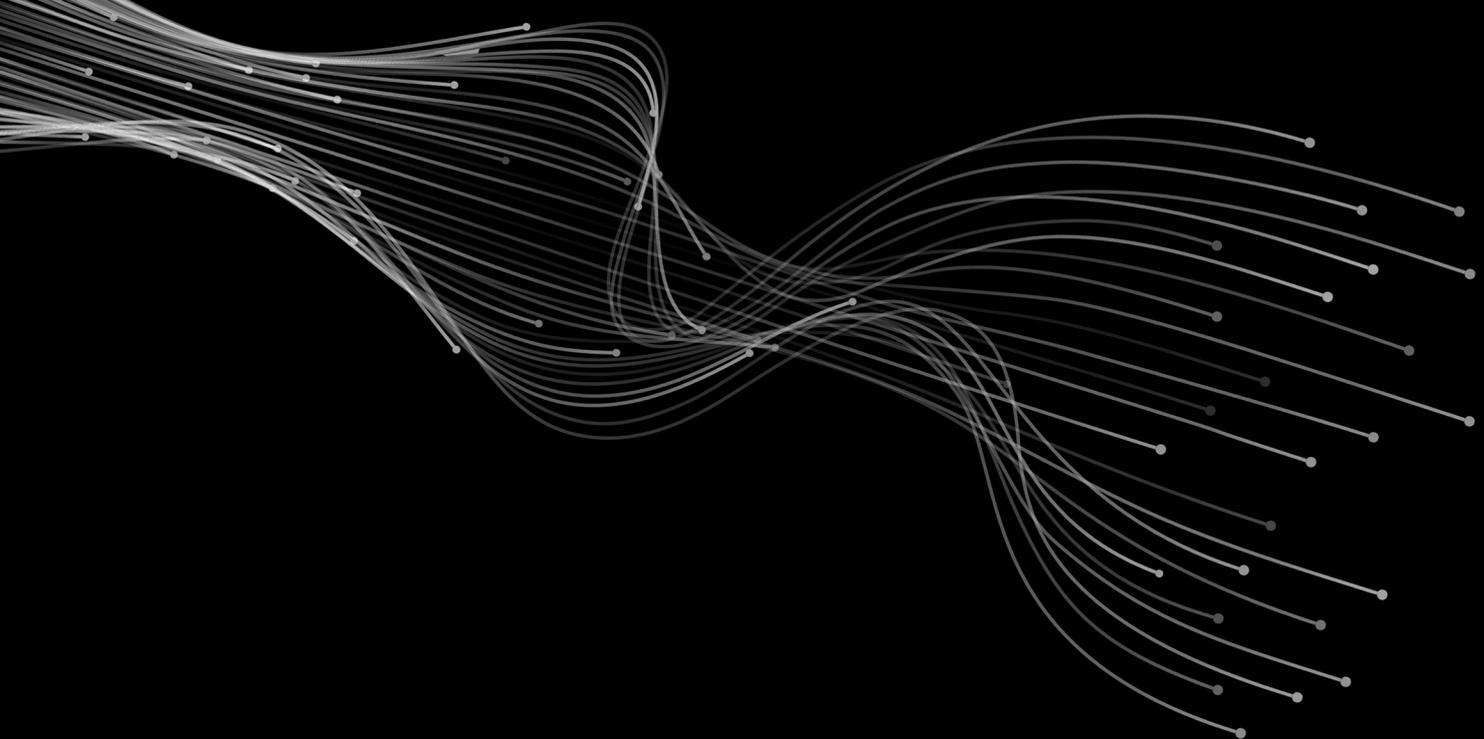
## **T**

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) 

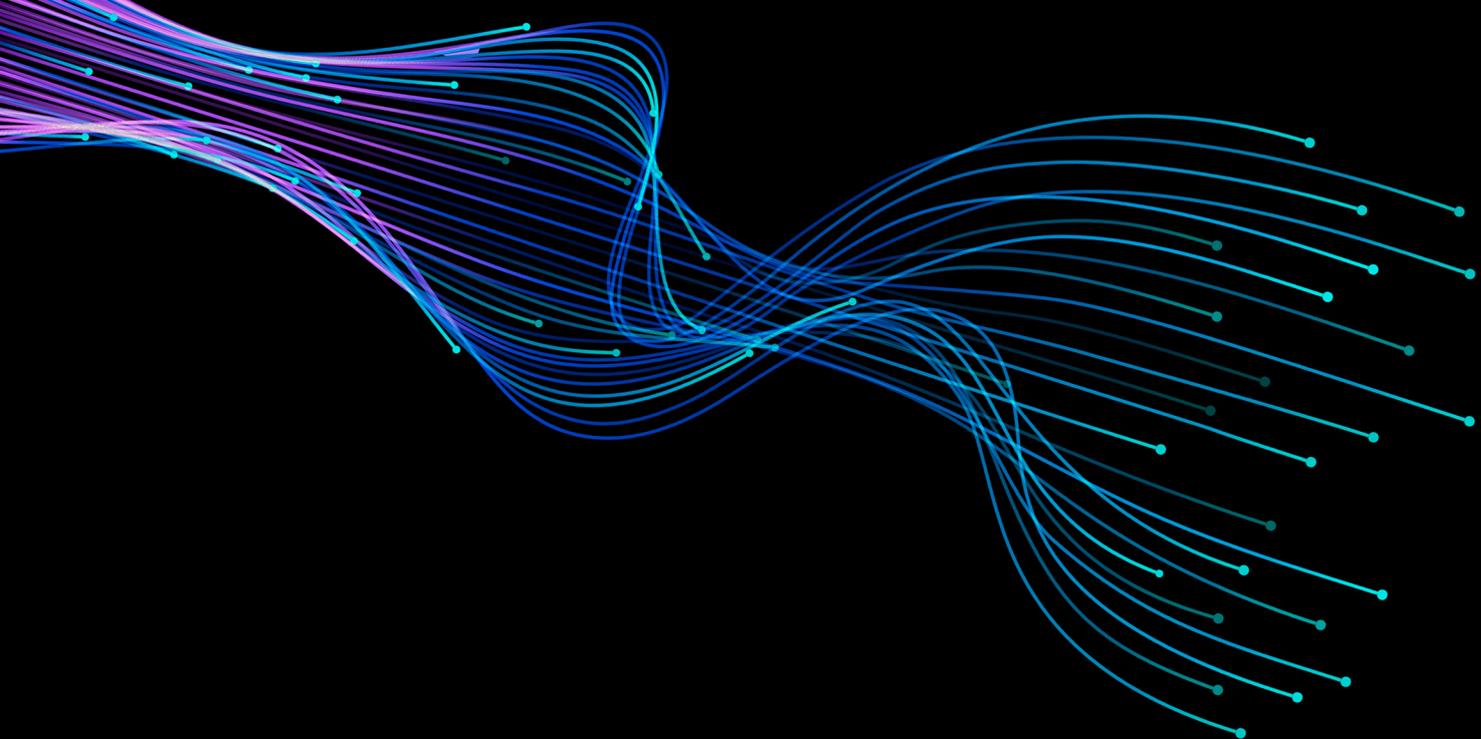
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@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**