



*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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª 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^a Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a 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^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Prof^a 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
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

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

CAPÍTULO 8	71
MAIS COM MENOS – CRIANDO CALIGRAMAS A PARTIR DE CONCEITOS MATEMÁTICOS	
Marlon Amorim Tenório	
DOI 10.22533/at.ed.2412027078	
CAPÍTULO 9	75
MATERIAL DIDÁTICO ADAPTADO NO ENSINO DE CIÊNCIAS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL	
Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar	
Andrea Faria Andrade	
Fernanda Dal Pasqual	
DOI 10.22533/at.ed.2412027079	
CAPÍTULO 10	86
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	
DOI 10.22533/at.ed.24120270710	
CAPÍTULO 11	97
MODELAGEM ARQUITETÔNICA, PROJETO DIGITAL E AÇÕES COLABORATIVAS	
Ivan Silvio de Lima Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.24120270711	
CAPÍTULO 12	109
PROJETANDO MARTE: DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO BRASILEIRO DE EXPLORAÇÃO ESPACIAL À TRAÇÃO HUMANA	
Karina Karim Gomes	
Fabiana Rodrigues Leta	
DOI 10.22533/at.ed.24120270712	
CAPÍTULO 13	122
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	
DOI 10.22533/at.ed.24120270713	
CAPÍTULO 14	134
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	
DOI 10.22533/at.ed.24120270714	

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

A TRISSECÇÃO DO CUBO COMO LÓGICA EM AÇÕES PROJETUAIS DE ARQUITETURA

Data de aceite: 01/07/2020

Data de Submissão: 16/04/2020

Adriane Borda Almeida da Silva

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Grupo de Estudos para o ensino/aprendizagem de Gráfica Digital (GEGRADI)

Pelotas – Rio Grande do Sul

<https://orcid.org/0000-0001-6760-6566>

<http://lattes.cnpq.br/3860172079417937>

Gabriel Martins da Silva

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Pelotas – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/0987229230963514>

Valentina Toaldo Brum

GEGRADI

Itajaí – Santa Catarina

<http://lattes.cnpq.br/2404172181112769>

RESUMO: Este estudo explora a compreensão da trisseção do cubo como estratégia de potencialização de ações projetuais de arquitetura. Partiu-se da revisão do conceito e da materialização de exemplos de subdivisão do cubo em três partes iguais, seguidas da tentativa de implementação desta lógica por

meio de técnicas de desenho paramétrico. Em um segundo momento, buscou-se detectar processos compositivos, arquitetônicos, que pudessem ser associados à estratégia desta trisseção. Ao identificar uma composição passível de ser associada a esta lógica, resultado de uma atividade criativa de caráter livre no âmbito de uma disciplina de projeto, configurou-se um objeto de aprendizagem para promover a apropriação do conceito de maneira sistematizada. O estudo contribui para o desenho didático de atividades que explicitam a conveniência de integrar o ensino de projeto, geometria e representação. Além disto, oportunizou a experimentação de técnicas contemporâneas de projeto de arquitetura, como se estabelece a associação entre a parametrização e a fabricação digital.

PALAVRAS-CHAVE: Representação; Geometria; Trisseção do Cubo; Desenho Paramétrico; Projeto de Arquitetura.

THE CUBIC TRISSECTION AS A LOGIC OF ARCHITECTURAL DESIGN ACTIONS

ABSTRACT: This study explores the understanding of cubic trisection as a strategy of enhancement of architectural design actions. Started with a review of concept and

materialization of examples of a cube subdivision in three equal parts, followed by the attempt to implement this logic using techniques of parametric design. In a second moment, searched for detect compositions and architectural processes that could be associated with the cubic trisection. By indentifying a composition likely to be associated with this logic resulting from a creative activity in the scope of an architectural project, set as a learning object to promote the appropriation of the concept in a sistematic way. The study contributes to idealize didactive activities that show the convinience of integrating the architectural project, geometry and graphic representation. Moreover, it gave an opportunity of experimenting contemporary techniques of architectural Project, as the association between parametric design and digital fabrication.

KEYWORDS: Representation; Geometry; cubic trisection; Parametric Design; Architectural Project.

1 | INTRODUÇÃO

A lógica da trisseccção do cubo, abordada em Loureiro (1996), refere-se à divisão do cubo em três partes iguais, tanto em volume quanto em área externa de suas faces. Parte da compreensão de que qualquer ponto sobre uma diagonal do cubo tem a propriedade de realizar esta operação, por poder se caracterizar como centro de projeção, conectando pares de faces.

Imagina-se que ao simular, em um ambiente virtual, este tipo de operação, além de desfrutar da ludicidade da ação, apropria-se de um potencial criativo para a prática projetual. Ao deslizar este lugar geométrico no cubo, deriva uma infinidade de figuras, estimulando pensar em suas possíveis aplicações.

Investindo-se em uma busca específica sobre exemplos de aplicação deste conceito em bancos de dados acessíveis de maneira aberta, em formatos científicos ou mesmo de divulgação, foram identificadas, além daquela já mencionada em Loureiro (1996), poucas abordagens. Uma delas dirigida à matemática (BOKOWSKI e KING, 2005), ilustrada, pela Figura 01, envolvendo essencialmente formas poliédricas, planificáveis. Sendo possível observar a geração de três módulos idênticos que se encaixam perfeitamente para conformar um cubo. De acordo com a localização do ponto de projeção e com a complexidade da figura que se repete em cada uma das seis faces (sob a lógica projetiva), o quebra-cabeça é mais ou menos instigante.

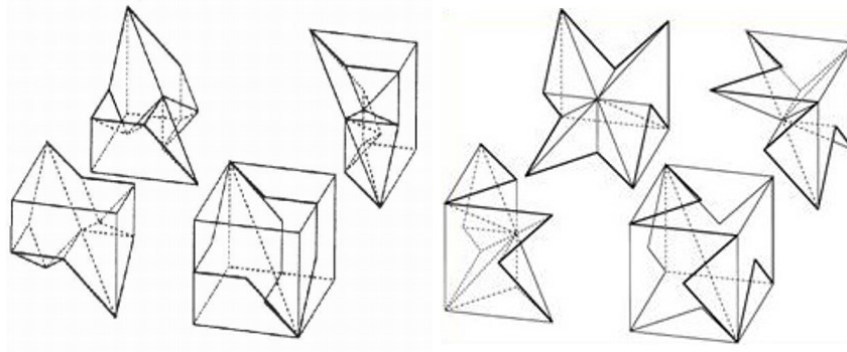


Figura 01: Diferentes resoluções de trisseção do cubo.

Fonte: Bokowski e King (2005).

Outra aplicação identificada refere-se ao design de objetos de arte/mobiliário (THINGIVERSE, 2015), Figura 02. Neste caso a figura que se repete envolve formas curvas e a produção dos objetos se utilizou de técnicas de fabricação digital, por impressão 3D, resolvendo a questão da impossibilidade de planificação.

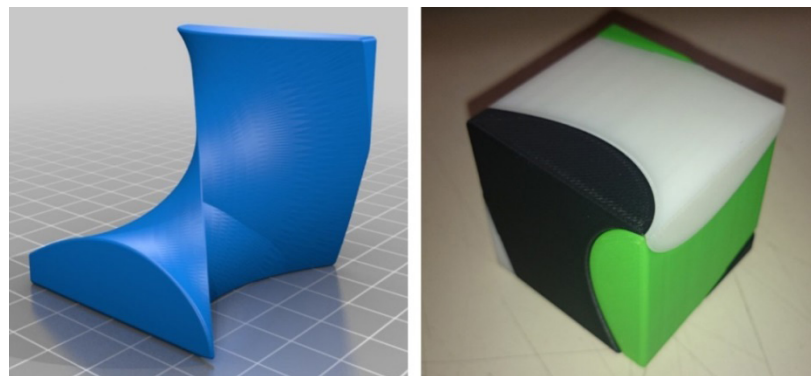


Figura 02: Resolução de trisseção do cubo utilizando formas curvas.

Fonte: Thingiverse (2015).

Por outro lado, entendendo-se a operação da trisseção do cubo como um procedimento que decorre da parametrização do lugar de um centro de projeção que se apoia em qualquer diagonal do cubo, associa-se diretamente o estudo ao que tem sido caracterizado sob o conceito de desenho paramétrico.

O desenho paramétrico é uma técnica baseada na utilização de parâmetros, explicitamente descritos, para a geração da forma através de uma hierarquia de associações geométricas (BURRY, 2008). Desta maneira, a atribuição de diferentes valores a parâmetros determinados pode gerar múltiplas variações, mantendo as condições topológicas da forma (OXMAN, 2006). Para usufruir destas facilidades, idealizadas no âmbito de qualquer processo de projeto, faz-se necessário configurar um sistema parametrizado, de geometria dinâmica. A hierarquização de associações geométricas exige a declaração dos parâmetros, de maneira formal nos termos matemáticos. E, para valer-se da simulação

digital e de um controle interativo, exige um domínio de linguagens de programação, em termos computacionais. Em processos formativos de arquitetura, em que normalmente não estão incluídas práticas de representação cuja linguagem algébrica e informática não estão associadas à linguagem gráfica, as técnicas de desenho paramétrico têm sido utilizadas por meio de uma linguagem de programação visual. Isto tem sido oportunizado por ferramentas que conectam a programação visual com os sistemas CAD (Computer Aided Design).

O conceito de desenho paramétrico vem ganhando espaço em contextos formativos de Arquitetura e Urbanismo brasileiros, considerando-se o uso de sistemas CAD não somente para a tarefa de representação de uma forma em um estado específico, mas agregando-se a função de um controle preciso de processos de transformação e derivação desta em uma família de formas. A partir de uma revisão sistemática de artigos do repositório internacional Cumincad, publicados entre 2010 e 2016, Vasconcelos e Sperling (2016), constataram que, dentre os relatos científicos de uso de algum tipo de interação paramétrica em práticas de ensino de projeto de arquitetura em ambientes digitais, 66% dos casos referem-se a experiências brasileiras. Neste contexto e também buscando construir um repertório de experiências com o uso das técnicas de desenho paramétrico, tem-se questionado sobre que tipo de infraestrutura didática se faz necessária junto à formação em arquitetura.

A partir destas considerações, este trabalho buscou compreender a lógica da trisseção do cubo, associada ao propósito de apropriação das técnicas de desenho paramétrico e fabricação digital. Lançou-se a hipótese de que o emprego da lógica da trisseção do cubo junto às práticas de projeto de arquitetura seja apropriado para exemplificar como as técnicas referidas podem potencializar a ação criativa.

2 | A TRISSECÇÃO DO CUBO E AS APLICAÇÕES IDENTIFICADAS

Loureiro (1996) aborda o conceito de trisseção do cubo como resultado de uma homotetia inversa. A Figura 03 ilustra este conceito, observando-se a associação entre as figuras de duas faces opostas. Esta projeção resulta em figuras topologicamente iguais, as quais foram projetadas, por um único ponto localizado sobre a diagonal do cubo. A transformação por projetividade inverte a figura e, pode-se imaginar que o deslizamento do ponto de projeção sobre tal diagonal provoca a variação de escala de uma figura em relação à outra.

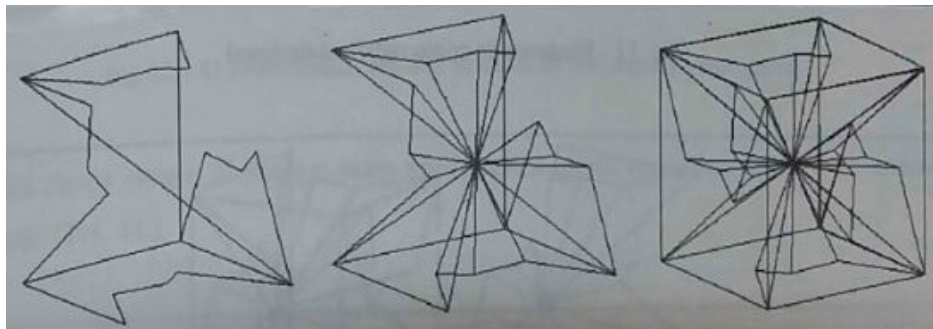


Figura 03: Sequência de construção de um módulo correspondente a $1/3$ do cubo.

Fonte: Loureiro (1996)

A homotetia, sendo um caso particular da homologia, tem sido tratada junto aos estudos de Geometria Descritiva e Perspectiva, especialmente para estruturar os discursos que explicam os sistemas projetivos. Referindo-se assim aos por feixes de retas com pontos próprios e impróprios (projetantes), aos métodos descritivos de rebatimento, ou a qualquer outro procedimento gráfico de projeção. Entretanto, dadas as constantes reduções de carga horária para abordar estes conteúdos, no contexto em que se insere este trabalho, percebe-se que muitos estudantes não tomam consciência da importância de tal conceito. Tão pouco existe espaço para demonstrações algébricas destas transformações geométricas. Por decorrência, existe uma apropriação de parte da estrutura do saber tratado, especificamente aquela de automatização, por meios gráficos, da técnica para a resolução de problemas particulares. Sendo assim, tal tipo de abordagem não promove a compreensão desta técnica para que seja interpretada com seu potencial para resolver uma classe de problemas e não especificamente um único, no caso para a obtenção de uma representação em vistas ou em perspectiva de um objeto.

O conceito de homologia, implícito então em todo processo projetivo, seja de ponto próprio (cônico) ou impróprio (cilíndrico), tem a homotetia como um de seus casos especiais de transformação geométrica. (FERNÁNDEZ, 1983; COSTA, 1990; SOUZA, COSTA e SIQUEIRA, 2009). A possibilidade de demonstrar este conceito, de maneira didática, vinha sendo possível a partir de ferramentas específicas, de geometria dinâmica, como, por exemplo, GeoGebra¹ e Cabri². Entretanto isto exigia mais um esforço de apropriação de tecnologia por parte do estudante. Atualmente, por meio de técnicas de desenho paramétrico, se consegue conectar ferramentas que transitam em ações projetuais de arquitetura e que permitem a parametrização, a geometria dinâmica.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo se desenvolveu inicialmente como um exercício de apropriação das técnicas

1. Software GeoGebra: <https://www.geogebra.org/>

2. Software Cabri: <http://www.cabri.com/>

de desenho paramétrico, especificamente utilizando-se da associação do software Rhinoceros ao plugin Grasshopper. A trisseção do cubo foi tomada como motivação para este exercício.

Para compreender e aplicar este conceito geométrico foram empregadas técnicas que vêm ganhando espaço em práticas contemporâneas de Arquitetura: o desenho paramétrico e a fabricação digital. Com isto, a materialização de formas complexas fica facilitada, seja pelas técnicas de corte a laser ou por impressão 3D.

Para o desenvolvimento da programação visual, representação ilustrada à direita da Figura 04, partiu-se da consideração de que traçando as quatro diagonais do cubo, obviamente, é possível obter seis pirâmides de base quadrada. Estas pirâmides são geradas pelo código da região destacada em amarelo; o procedimento de planificação destas figuras está sendo executado pela região que está em laranja; e em tons de azul está a região que agrupa as sequencias de procedimentos que realizam as operações de projeção de formas poligonais a partir de um ponto na diagonal, associando os pares de faces opostas, relação que ilustra o conceito de homotetia inversa. Existem três esquemas azuis idênticos, referindo-se assim à lógica da tripartição, neste caso controlando a associação de faces, duas a duas.

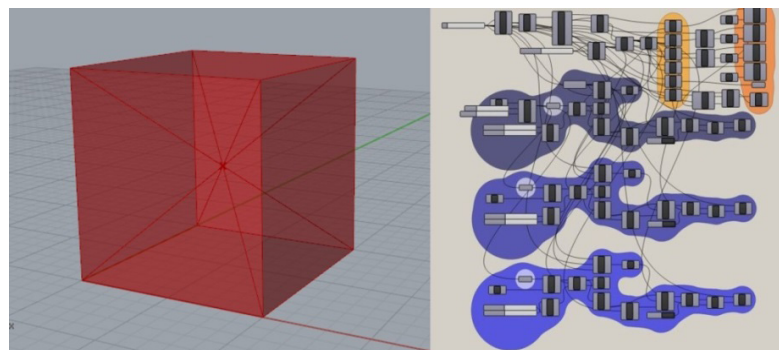


Figura 04: Modelagem paramétrica de um cubo, envolvendo o conceito de trisseção: à esquerda, modelo tridimensional; à direita, programação visual que lhe deu origem.

Fonte: Autores

Cada pirâmide representa $1/6$ do volume e a base de cada uma delas representa $1/6$ da área externa do cubo. Esta lógica é materializada, e ilustrada pela Figura 05, com o propósito de associar a parametrização do procedimento de planificação (à direita da Figura tem-se a ampliação da região laranja apresentada na Figura 05) e com isto disponibilizar as representações para a execução dos modelos físicos por meio da fabricação digital por corte a laser. Duas pirâmides, sejam elas de faces opostas ou adjacentes entre si, representam $1/3$ do volume do cubo e assim como suas bases, $1/3$ da área externa do cubo.

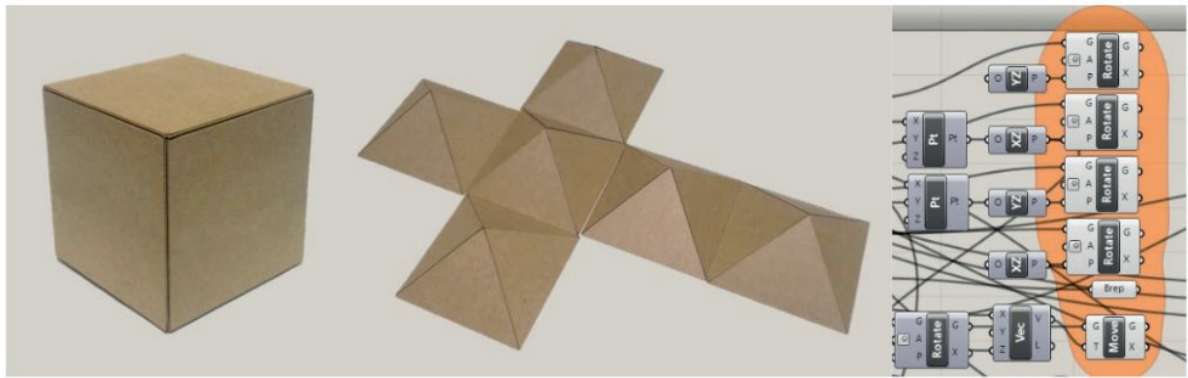


Figura 05: À esquerda o cubo tripartido e montado; no centro, desmontado em seis pirâmides; à direita, programação visual da operação de planificação

Fonte: Autores

A Figura 06 ilustra os efeitos do deslocamento do ponto sob a diagonal, controlando de maneira dinâmica a associação direta entre as formas. Um exercício potente no âmbito de processos projetuais de arquitetura. À esquerda, formas geradas quando o slider (controle deslizante do valor numérico) que define a posição do ponto sobre a diagonal encontra-se instanciado no valor 3.8; ao centro, slider com valor 5.0, correspondente ao centro geométrico do cubo; e à direita, slider com valor 10.0, correspondendo a um vértice do cubo e ponto extremo da diagonal.

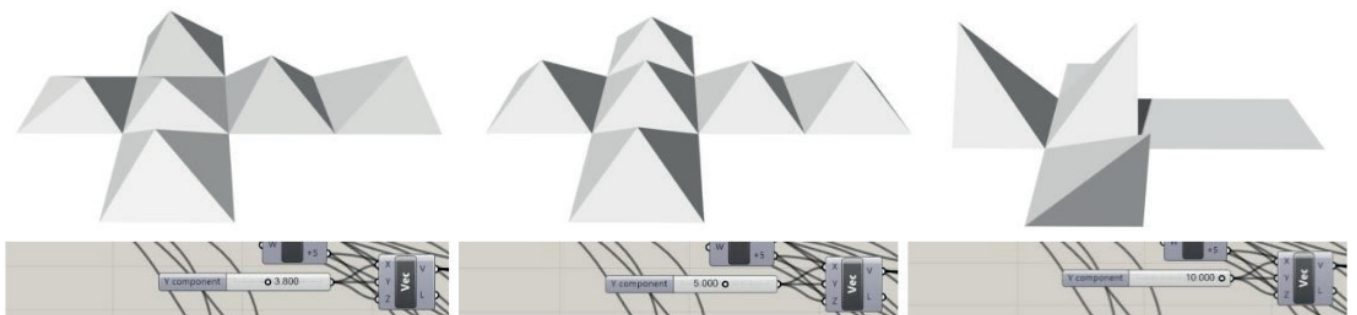


Figura 06: exemplos do efeito do deslocamento do centro de projeção sobre a diagonal. Na sequência: próximo ao centro do cubo, no centro do cubo e em um vértice do cubo.

Fonte: Autores

Somando-se a isto, sob esta mesma lógica de homotetia inversa, as faces do cubo (bases das pirâmides), podem ser subdivididas sob qualquer poligonal, ampliando as possibilidades compositivas. Sendo assim o cubo pode ser composto e decomposto por elementos derivados desta lógica, como ilustra a Figura 07.

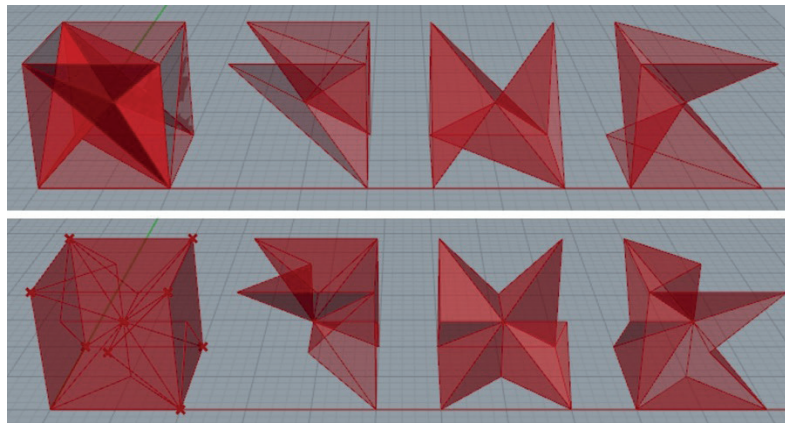


Figura 07: Subdivisões do cubo sob diferentes poligonais.

Fonte: Autores

A outra maneira de utilização do conceito da trisseccção foi a de associar as pirâmides em pares, gerando três módulos. Para isto, as pirâmides com faces adjacentes foram unidas, como ilustra a Figura 08. Uma das quatro diagonais do cubo passa a ser um eixo comum de simetria de rotação de 120° de cada um dos três módulos trisseccionados, a qual se pode denominar diagonal principal (Figura 07). As outras três, serão nomeadas simplesmente como diagonais. Desta forma, trabalhando com três módulos tem-se a trisseccção classificada por Huff (2004) como *Puckered Trisection*, em tradução livre, Trisseccção Enrugada.

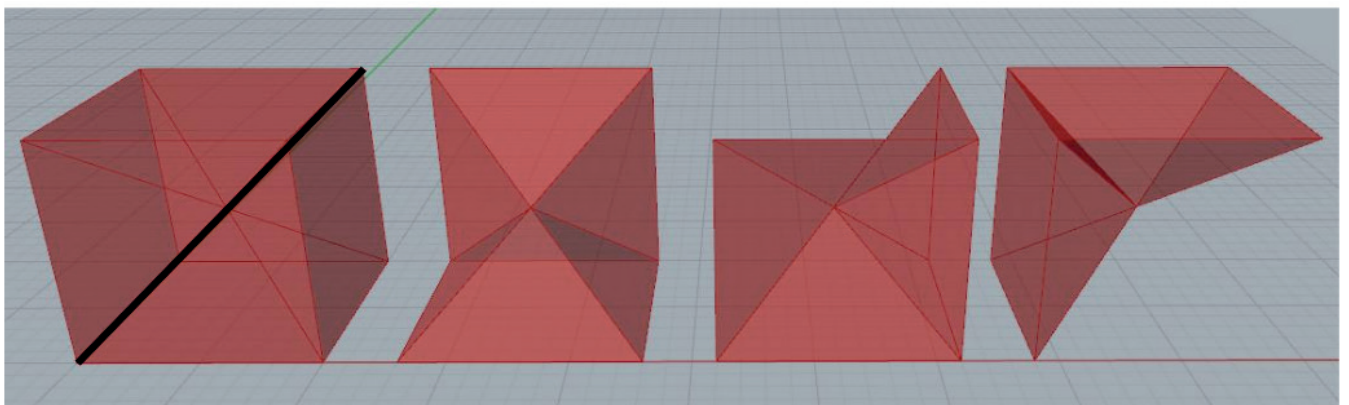


Figura 08: Ilustração da Trisseccção Enrugada

Fonte: Autores

De acordo com os autores de referência, foram percebidas duas formas de trabalhar com poligonais sobre as faces do cubo. A primeira, utilizada por Bokowski e King (2005), consiste em aplicar uma poligonal a uma face e rotacioná-la a 120° utilizando como eixo uma das diagonais, eleita como principal. Em seguida, estas poligonais são espelhadas em direção ao vértice oposto da diagonal principal. Já Loureiro (1996), após inserir a poligonal realiza o mesmo giro de 120° , porém não espelha as formas. A autora se utiliza

dos conceitos de homotetia inversa, vistos anteriormente neste trabalho, para projetar as poligonais através do centro do cubo.

Para a construção de um módulo, em ambos os casos, os vértices das poligonais são unidos ao centro do cubo, ou a qualquer vértice pertencente à diagonal principal.

Percebendo a potencialidade que este conceito pode apresentar para a composição formal em processos de projeto de arquitetura passou-se a investigar tipos de atividades didáticas desenvolvidas no âmbito da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas (FAUrb/UFPel) que oportunizassem o seu emprego. Identificou-se que no segundo semestre de 2016, na disciplina de Expressão e Representação Gráfica 3 (ERG 3), foi realizado um exercício de composição cuja proposta foi de intervenção em um cubo, buscando gerar uma volumetria com potencial para se tornar uma obra de arquitetura. Esta atividade didática foi apresentada com o seguinte discurso:

“os estudantes deveriam explorar o cubo realizando cortes com subtrações. Os cortes deveriam acontecer em todas as faces do cubo, para que não ficasse nem muito aberto e nem muito fechado, sem perder a identidade geométrica da forma (o cubo). Deveriam equilibrar os cheios e vazios. De maneira uniforme, mas sem repetição. O tipo de corte deveria ter uma linguagem. Poderiam ser misturados cortes retangulares e triangulares, mas deveriam ser repetidos em várias faces do cubo. O exercício não incluiu a representação gráfica, somente o estudo diretamente sobre um modelo físico no tamanho 20 x 20, em papel triplex, cor branca sem textura para não interferir na percepção dos cortes. Maquete de estudo, sem preocupação com acabamentos.” (informação verbal)³

A equipe docente, ao ser entrevistada, fez questão de enfatizar a necessidade de promover uma atividade livre de uma conceituação geométrica sistematizada, justificando o propósito de não interferir no processo criativo. Os tipos de modelos produzidos pelos estudantes estão ilustrados pela Figura 09. Foram produzidos 30 modelos, projetos individuais. Estes modelos foram analisados e identificou-se apenas um que sugeriu a associação com o conceito da trisseção tendo a este sido atribuída uma das melhores notas da turma.

3. Transcrição da fala docente, em entrevista pelos autores, em maio de 2017.

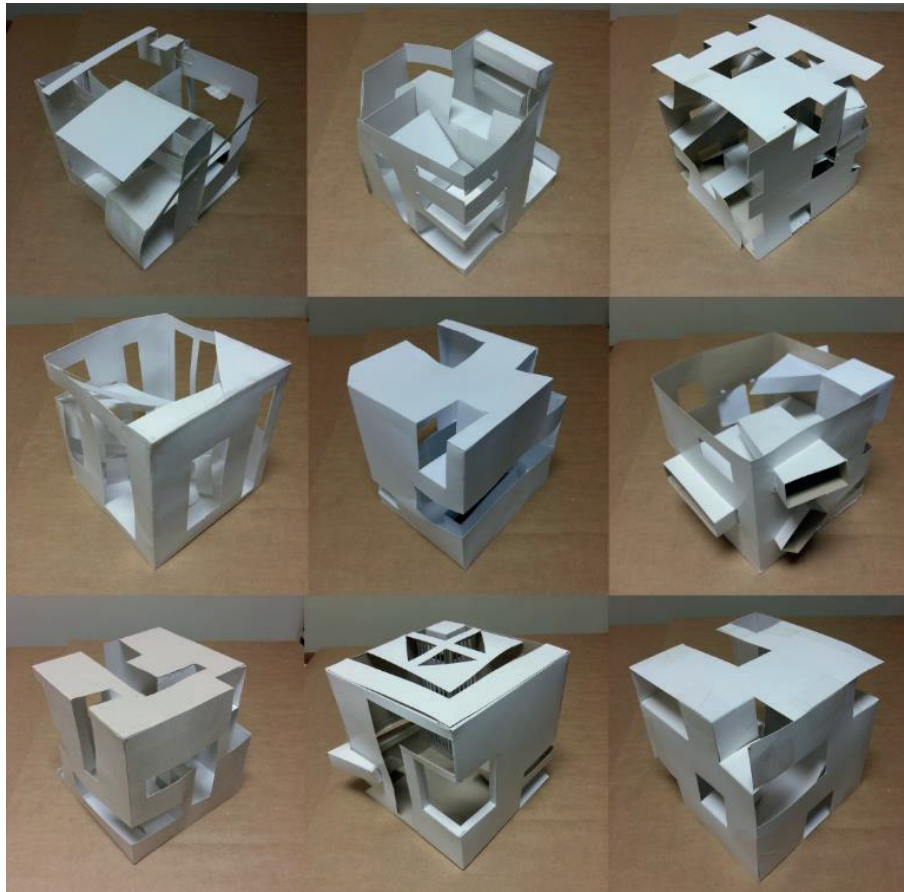


Figura 09: Resultados do exercício de composição de um cubo realizado na FAUrb/UFPeI no segundo semestre de 2016.

Fonte: Autores

As imagens da Figura 10 ilustram a composição que pode ser explicada a partir do conceito de trisseção. O estudante foi questionado em relação ao processo de criação, constatando-se que não tinha consciência da lógica empregada. Os docentes também foram questionados, e explicaram a avaliação essencialmente com uma terminologia subjetiva, tal como o enunciado da proposta de atividade.



Figura 10: Exercício de composição de um cubo associado à trisseção do cubo

Fonte: Leonardo Lourenço, 2016.

Dialogando-se com a equipe docente, promoveu-se a demonstração da lógica da

trisseção, observando-se as correspondências entre os elementos objetivos, advindos da geometria, e os subjetivos, advindos da área de projeto. Desta maneira, estabelecendo-se uma primeira aproximação para o desenho de uma atividade integrada entre os saberes envolvidos: geometria, representação e projeto.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da lógica da trisseção do cubo e o exercício de implementação desta lógica por meio de técnicas de desenho paramétrico resultaram na estruturação de um material didático dirigido ao contexto formativo de projeto de arquitetura. A programação visual está sendo disponibilizada como um dispositivo digital que permite o controle interativo desta lógica, interpretado como um jogo didático. Com isto além de facilitar a compreensão da trisseção do cubo o material introduz o uso do desenho paramétrico. Os modelos físicos, decorrentes de tais estudos, oportunizam a difusão, de maneira lúdica, de tal conceito, promovendo o interesse na compreensão do mesmo. O manuseio com o “quebra-cabeça” tridimensional de uma trisseção pode se estabelecer como um exercício didático para ativar o raciocínio lógico e arquitetônico. O conjunto dos exercícios promoveu a exploração dos processos contemporâneos de projeto e representação: conexão entre desenho paramétrico e fabricação digital. Identificou-se o uso intuitivo da lógica da homotetia inversa junto a uma atividade didática de projeto, tendo sido considerado, para a equipe docente de projeto, um caso de sucesso como resultado estético. Pressupõe-se que a exposição do conceito da trisseção, como repertório para a organização da forma, anteriormente aos exercícios criativos de projeto, possa promover que mais estudantes se apropriem e investiguem processos compositivos diferenciados. Entende-se da importância em reconhecer que o processo de projeto envolve uma postura paramétrica, independentemente de se utilizar das tecnologias atuais de parametrização da forma. Mas, que tais tecnologias permitem facilitar tal processo.

5 | CONCLUSÃO

Este estudo teve a particularidade de promover, desde a pesquisa advinda da área da geometria e representação, uma reflexão sobre uma ação didática na área de projeto de arquitetura. Agregou todos os agentes envolvidos, compreendendo os reflexos de um método projetual, como se estabelece o desenho paramétrico, para integrar efetivamente a geometria, a representação e o projeto. Promoveu, junto a estes agentes, a compreensão da lógica da trisseção do cubo como estratégia de potencialização de ações projetuais de arquitetura. E, como diferencial junto à dinâmica da ação didática neste contexto, motiva à postura autorreflexiva do projetista. Por que eu gosto? Por que a crítica de arquitetura aprecia? Como é o meu processo criativo? Quais as lógicas que eu emprego?

Ao detectar soluções formais que poderiam estar associadas à trisseção, demonstrou-se o quanto a apropriação de tal conceito, a partir de uma ação didática sistemática, poderia ter explicitado de maneira objetiva a percepção de ritmos e harmonias. Por um lado, os resultados do estudo permitiram incrementar o repertório técnico e formal ao processo criativo dos estudantes envolvidos. Por outro, disponibilizam um suporte didático para potencializar o discurso docente no âmbito das áreas envolvidas: geometria, representação e projeto. A trisseção do cubo foi explorada, concretamente, para exercitar a parametrização, a fabricação digital e para explicar lógicas de processos compositivos, demonstrando-se apropriada para todos estes objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e à Universidade Federal de Pelotas (UFPel) pelo apoio ao Projeto ACORDA, através de bolsas de iniciação científica. Agradecemos às professoras Natalia Naoumova e Laura Lopes Cezar e ao acadêmico de Arquitetura e Urbanismo Leonardo Lourenço, por facilitarem o estudo, disponibilizando o material para análise e respondendo aos questionamentos da pesquisa. Além disto, agradecemos à Professora Luisa Félix Dalla Vecchia, que mesmo afastada para estudos de doutorado, deu apoio aos estudos de desenho paramétrico.

REFERÊNCIAS

BURRY, J. R. **Mindful Spaces: Computational Geometry and the Conceptual Spaces in which Designers Operate**. International Journal of Architectural Computing, 2008.

BOKOWSKI, J.; KING, S. **Darstellende Geometrie I**. Technische Universitat Darmstadt. WS 2004/2005. Disponível em: <http://www.mi.sanu.ac.rs/vismath/visbook/huff/huff2.htm>

HUFF, William S. **Consecutive and/or Conclusive Improvements: Trisecting the Cube**. Symmetry: Art and Science, 2004.

LOUREIRO, Maria Alzira. **A Estratégia do Cubo: “A Trisseção”**. In: I International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design; XXII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, Graphica, Florianópolis, Brasil, 1996.

OXMAN, R. **Theory and design in the first digital age**. In: Design Studies 27. London: Elsevier, 2006.

THINGIVERSE. **Trisection of a cube**, 2015. Comunidade online. Disponível em: <http://www.thingiverse.com/thing:629887>

VASCONSELOS, Tássia Borges de; SPERLING, David Moreno; **“Entre representações, parâmetros e algoritmos: um panorama do ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital na América Latina”**, p. 94-100. In: **XX Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital [Blucher Design Proceedings, v.3 n.1]**. São Paulo: Blucher, 2016.

APLICAÇÃO DE JOGO LÚDICO PARA CONSCIENTIZAÇÃO DE CRIANÇAS NA TEMÁTICA ÁGUA

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 31/03/2020

Ana Carolina da Silva Valença de Souza

Universidade Federal Fluminense (UFF), Escola
de Engenharia
Niteroi – RJ

<http://lattes.cnpq.br/2608081629604367>

Camila de Abreu Correa

Universidade Federal Fluminense (UFF), Escola
de Engenharia
Niteroi – RJ

<http://lattes.cnpq.br/2665552279190463>

Jádia Natividade Nunes de Oliveira

Universidade Federal Fluminense (UFF), Escola
de Engenharia
Niteroi – RJ

<http://lattes.cnpq.br/8992846190180058>

Anna Virgínia Muniz Machado

Universidade Federal Fluminense (UFF), Escola
de Engenharia, Departamento de Desenho
Técnico (TDT)
Niteroi – RJ

<http://lattes.cnpq.br/9250702243182081>

RESUMO: O meio ambiente, em especial a água, é um bem de uso comum da população devendo ser defendida e preservada. Dessa forma, o presente estudo tem por finalidade

apresentar a aplicação de um jogo lúdico para promover a conscientização e a mobilização da população, principalmente do público infanto-juvenil, sobre a temática da água. Com isso, estimulando a conservação dos recursos naturais, favorecendo a solidariedade intergeracional em prol da sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: educação ambiental, água, sustentabilidade.

APPLICATION OF PLAYFUL GAME TO RAISE CHILDREN'S AWARENESS IN WATER THEMATIC

ABSTRACT: The environmental, mainly the water, is a common good of the people and should be defended and preserved. Thus, the present study aims to present the application of a playful game to promote the awareness and mobilization of population, in particular, the children and youth public, on the theme of water, stimulating the conservation of natural resources, favoring intergenerational solidarity for the sake of sustainability.

KEYWORDS: environmental education, water, sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento populacional com o passar dos anos tem intensificado a exploração dos recursos naturais em função de atender à demanda da sociedade. A Constituição Federal de 1988 no Art. 225 menciona que o meio ambiente é bem de uso comum do povo, devendo ser preservado e defendido em prol da sustentabilidade e da manutenção da vida, implicando a prudência com o uso dos recursos hídricos. Em 2015, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos para que a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável seja cumprida, determinando metas entre os países signatários, entre os quais o Brasil, favorecendo o acesso à água segura e à igualdade da educação de qualidade, como elucidado nos ODS 6 e 4, respectivamente (UNITED NATIONS, 2017), promovendo um plano de ação com medidas urgentes para conduzir o mundo em um rumo sustentável e resiliente (ONU, 2015). Ou seja, a conscientização entre as diferentes gerações, principalmente do público infanto-juvenil sobre o uso dos recursos naturais é de suma importância, pois são de finita quantidade, em especial a água, um bem que deve ser preservado (UNITED NATIONS, 2016). A Organização das Nações Unidas (ONU) alertou por meio de relatórios sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos para a conscientização do planeta acerca dos recursos hídricos sobre previsões preocupantes relacionadas a essa temática para 2050 uma vez que o aumento da demanda de água na agricultura e em setores produtivos, por exemplo, pode causar um colapso hídrico (VERIATO et al., 2015). Além da exploração intensa do recurso, a poluição dos corpos hídricos por atividades como mineração, indústria química e têxtil e despejo de esgoto *in natura* diminuem ainda mais a disponibilidade da água para consumo humano imediato. O incentivo para a conservação dos recursos naturais tem a educação ambiental como uma importante ferramenta para a promoção da solidariedade intergeracional, ao fomentar discussões sobre as questões ambientais, proporcionando a construção de conhecimentos do público infanto-juvenil sobre a temática. Dessa forma, é possível observar a transformação de valores e de atitudes que devem ser seguidos para o desenvolvimento de uma nova realidade, formando cidadãos com consciência e responsabilidade ambiental com o planeta (KONDRAT; MACIEL, 2013 apud GUIMARÃES, 1995; MELO, 2017). Nos últimos anos, foi verificado o crescimento de abordagens baseadas em inovações tecnológicas e a evolução de atividades lúdicas criadas que mobilizam seus usuários, promovendo conhecimentos sobre um tema em específico, como meio ambiente e sustentabilidade (MORGANTI et al., 2017). Dessa forma, ao observar a necessidade de conscientização da população, principalmente do público infanto-juvenil, a respeito da temática sobre preservação ambiental, o presente estudo tem por objetivo fazer um relato e avaliação sobre aplicação do jogo “Caminho da Água”, elaborado dentro do Laboratório de Gestão Ambiental (LabGEA) da Universidade Federal Fluminense (UFF) em 2017 pela então extensionista Amanda Wada e a professora Anna Virgínia. Em 2018,

o jogo foi aplicado para alunos de Ensino Médio e Fundamental em duas escolas públicas de Duque de Caxias (RJ): Colégio Pedro II e o Colégio Estadual Rui Barbosa.

2 | DESENVOLVIMENTO

O tabuleiro foi baseado nas vistas superior e cavalera, pois o rio que é o caminho a ser seguido pelo jogador foi desenvolvido a partir da vista superior, enquanto que as demais ilustrações do tabuleiro são embasadas na vista cavalera, uma vez que foram elaboradas com o propósito de serem as mais lúdicas e interativas possíveis, ou seja, a expressão gráfica é a fundamentação da expressão artística utilizada no jogo.

A metodologia utilizada foi a aplicação do jogo “Caminho da Água” com os tabuleiros e cartas impressos em folha A3, as regras impressas em A4 e cinco papéis coloridos para cada grupo de cinco jogadores. Os pinos do jogo e os dados foram montados em papel e as cartas recortadas na hora, sendo o material totalmente reciclável. Para o prêmio, uma caixa de guloseimas foi atribuída ao primeiro lugar, uma versão impressa do jogo colorida para o segundo lugar e uma versão em preto e branco para o terceiro lugar, de forma a motivar ainda mais a aplicação e assimilação dos conhecimentos transmitidos pela atividade. As perguntas propostas aos jogadores são distribuídas entre os temas consumos, curiosidades, tratamento, uso racional da água e poluição, conforme a Figura 1.

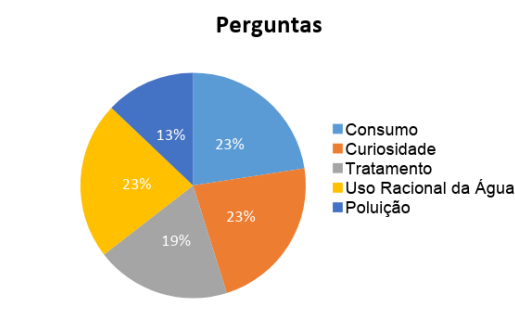


Figura 1 - Distribuição das perguntas de acordo com a temática

A Figura 2, a seguir, indica o percentual de incidência das interações durante o jogo disponibilizadas nas cartas.

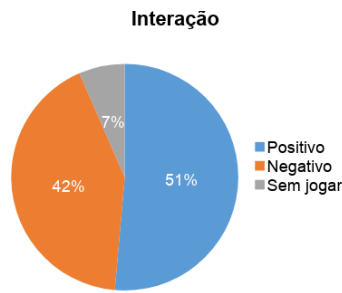


Figura 2 - Distribuição das interações

Foram utilizados os seguintes materiais para cada grupo:

- 1 tabuleiro
- 30 cartas perguntas e 20 cartas interação, totalizando 50 cartas
- Dados
- Barquinhos

A realização da atividade se deu por meio das etapas:

Com um mês de antecedência foi realizado o contato com o responsável da escola através de correspondência eletrônica. Após a confirmação, enviou-se um termo de anuência à instituição e também um documento em que o aplicador do jogo se responsabilizou a utilizar os dados, imagens e entre outros meios obtidos apenas para o propósito da pesquisa. O tabuleiro e as cartas foram impressos em A3, com as cartas recortadas pelos alunos. Além disso, os papéis coloridos com os tamanhos definidos pelas instruções do jogo foram recortados e montados também pelos estudantes. Com os papéis coloridos cortados, é possível formar os barquinhos de papel que servem como pinos no tabuleiro para cada um dos cinco jogadores. Ao final, os dados foram recortados na folha de instruções e colados também pelos alunos. Dessa forma, possibilitou-se uma maior integração do jogador com o jogo. As turmas de trinta alunos foram divididas em seis grupos com cinco jogadores por tabuleiro. Após preparação do material, cada aluno lançou os dois dados e aquele que obteve o maior somatório iniciou a partida, podendo começar o jogo. Cada jogador ao lançar os dados fez o percurso no tabuleiro, parando nas casas de acordo com os números resultantes nos dados e podendo retirar uma carta de pergunta ou interação. Por exemplo, ao cair na casa que contém uma interrogação, o adversário recolheu uma carta e fez a pergunta o jogador que nessa casa com a interrogação. A movimentação de quem responde depende de errar ou acertar a pergunta: voltar ou avançar determinado número de casas. O jogador que chegou primeiro no final do tabuleiro venceu o jogo. Ao final de cada aplicação do jogo houve uma pesquisa de satisfação incluindo opiniões, sugestões de melhorias e entre outros que foi feita aos multiplicadores por meio de formulários e gravações, por exemplo. Em ambos os casos o jogo teve 100% de aprovação.

3 | RESULTADOS

Durante a aplicação, foi possível observar que os alunos tiveram dificuldades para responder às perguntas na primeira rodada do jogo, em razão da carência de conhecimento sobre a temática da água. No entanto, movidos pela disputa de ganhar o jogo, os alunos se mostraram interessados em jogar assimilando o conteúdo, pois fixaram na memória as respostas das cartas, absorvendo tais conhecimentos intrinsecamente. O resultado foi extremamente satisfatório: 100% dos jogadores aprovaram a atividade. Embora a temática da água seja bastante difundida atualmente, além de ser abordada nas escolas, é necessário que esses jovens possam adaptá-la à sua realidade, reforçando a importância de despertar a conscientização sobre os recursos hídricos, capacitando os estudantes a atuarem como multiplicadores ao aplicarem o jogo “Caminho da Água” em seus grupos sociais.

4 | CONCLUSÃO

O uso de jogo lúdico para mobilização e conscientização sobre a temática água para públicos infanto-juvenis demonstrou resultados positivos. O estímulo da competição e a perspectiva de que ao jogar novamente, com respostas já conhecidas, o jovem obterá uma melhor pontuação, leva à fixação dos conceitos. Desta forma, o jogo lúdico se revela como uma alternativa à metodologia tradicional de ensino, facilitando a adesão dos participantes. Além disso, favorece ao desenvolvimento sustentável e à promoção da solidariedade intergeracional.

REFERÊNCIAS

BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **ODS6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: [s.n.]. Acesso em: 19 de maio de 2019. Disponível em <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>>

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>.

KONDRAT, H.; MACIEL, M. D. **Educação ambiental para a escola básica: contribuições para o desenvolvimento da cidadania e da sustentabilidade**. Revista Brasileira de Educação, v. 18, n. 55, p. 825–846, 2013.

MARCELINO, A. W. **CAMINHO DA ÁGUA Jogo educativo infantil com a temática água**. Niterói, 2018. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Desenho Industrial) – Curso de Desenho Industrial – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

MELO, F. **Direito Ambiental**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO, 2017.

MORGANTI, L. et al. **Gaming for Earth: Serious games and gamification to engage consumers in pro-environmental behaviours for energy efficiency.** Energy Research & Social Science, v. 29, n. May, p. 95–102, jul. 2017.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** 2015. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

UNITED NATIONS (UN). **United Nations Secretary-General ' S Plan: Water Action Decade 2018-2028.** . [S.l: s.n.], 2016. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/wateractiondecade>>.

UNITED NATIONS (UN). **The Sustainable Development Goals Report.** United Nations Publications, p. 1–56, 2017.

VERIATO, M. K. L. et al. **Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 2, p. 17, 2015.

CHROMOSCOPE: ATRIBUIÇÃO DE SENTIDOS A UM MODELO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE COR

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 16/04/2020

Adriane Borda Almeida da Silva

Universidade Federal de Pelotas (UFPel),
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAURB),
Grupo de Estudos de Ensino/aprendizagem de
Gráfica Digital (GEGRADI)

Pelotas – Rio Grande do Sul

<https://orcid.org/0000-0001-6760-6566>

Valentina Toaldo Brum

GEGRADI

Itajaí – Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0002-8201-9383>

Thiago Costa Guedes

GEGRADI

São Carlos – São Paulo

<https://orcid.org/0000-0001-7152-3229>

RESUMO: Representações captam parte das coisas, subtraem, reduzem ou abstraem aspectos. O dispositivo *Chromoscope* resulta 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. Objetiva provocar uma reflexão sobre como atribuir significado a este

modelo para pessoas com deficiência visual. Apoiando-se na teoria da escalada da abstração de Flusser, as representações exercitadas transitam entre o tri e o nulodimensional. Idealizou-se um cubo que internamente se configura como um caleidoscópio, ilustrando a exigência do sentido da visão para perceber o fenômeno da cor-luz. Externamente, de maneira perceptível ao tato, representa-se uma lógica matemática relativa ao modelo em questão. Este exercício, que envolveu o uso de técnicas de desenho paramétrico e fabricação digital, criou uma narrativa que enfatiza aspectos inerentes aos sentidos da visão e do tato, ao trânsito entre modelos físicos, tridimensionais e abstratos, e, fundamentalmente, disponibilizou um recurso didático sobre os conceitos e as técnicas envolvidas.

PALAVRAS-CHAVE: Representação; Flusser; Desenho Paramétrico; Fabricação Digital; Sistema RGB; Modelo tátil.

CHROMOSCOPE: ASSIGNMENT OF SENSES TO A SPATIAL COLOR DISTRIBUTION MODEL

ABSTRACT: Representations capture part of things, subtract, reduce or abstract aspects. The Chromoscope device results from a

representation exercise with the purpose of understanding and interpreting the logic of a spatial distribution model of light color, the Color Cube, used to characterize the digital visual universe. It aims to provoke a reflection on how to assign meaning to this model for people with visual deficiency. Relying on theory of climbing of the abstraction of Flusser, the representations transit between three and null dimensional. It was idealized a cube that internally is configured as a kaleidoscope, illustrating the requirement of vision sense to perceive the color-light phenomenon. Externally, in a perceptible way to the touch, a mathematical logic is represented relative to the model in question. This exercise, which involved the use of parametric design and digital fabrication techniques, created a narrative that emphasizes inherent aspects of vision and touch senses, to the transit between physical, three-dimensional and abstract models, and, fundamentally, provided a didactic resource about the involved concepts and techniques.

KEYWORDS: Representation; Flusser; Parametric Design; Digital Fabrication; RGB System; tactile model.

1 | INTRODUÇÃO

A configuração do dispositivo Chromoscope refere-se ao resultado de uma reflexão sobre como descrever a lógica de um modelo de representação de cor por meio de uma linguagem tátil. Esta reflexão foi impulsionada pelo propósito de trazer a essência da representação gráfica digital que está dirigida ao sentido visual e contrapor as experiências comunicacionais as quais transitam entre o contato direto com as coisas na sua tridimensionalidade e o contato mediado por representações. Este dispositivo, foi desenvolvido para a Expo SiGraDi 3D/20, a qual celebrou a vigésima edição do congresso anual da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital durante o XX Congresso SiGraDi, em novembro de 2016, na cidade de Buenos Aires. As obras desta exposição, representando as vinte edições do congresso, foram produzidas por grupos de arquitetos, designers e artistas ibero-americanos a partir da reinterpretação e ressignificação de seus temas. O caso aqui relatado foi impulsionado pela produção do SiGraDi 2004, o qual apresentou como tema “sentido e universo digital”.

O Chromoscope foi produto do significado que este tema, proposto pela edição de 2004, adquire atualmente junto ao laboratório GEGRADI (Grupo de Estudos para Ensino/Aprendizagem de Gráfica Digital), da Universidade Federal de Pelotas, local em que foi produzido este dispositivo. Neste contexto, a abordagem tem sido direcionada à produção de modelos físicos para a comunicação tátil por meio de fabricação digital. Desta maneira tem-se tratado do trânsito entre o universo digital e o físico, da conexão entre o sentido da visão e o do tato.

As representações captam parte das coisas, subtraem, reduzem ou abstraem aspectos. O universo digital tem em sua essência a representação, pautado na experiência

visual. A atribuição de cor a cada um dos pixels que estruturam a informação é possível a partir da construção de uma lógica algébrica associada ao fenômeno da cor. A Colorimetria, como técnica e ciência, estuda diferentes maneiras de descrever, quantificar e simular a percepção do fenômeno de interação da luz com a superfície dos materiais: a cor. Este fenômeno é percebido pelo olho e interpretado pelo cérebro. Desta maneira, envolve aspectos físicos, psicofísicos, psicométricos e visuais.

Externamente o Chromoscope traz para o tato a abstração de um modelo de distribuição espacial da cor, parte essencial do universo digital. A parte interna deste dispositivo fica dedicada essencialmente ao sentido da visão, onde a cor é percebida em seus valores de tom, brilho e saturação, representada por um caleidoscópio. Os efeitos visuais de um caleidoscópio são representações imperceptíveis aos invisuais tal como as cores no universo digital. Na parte externa, como contraponto, a representação tátil da cor é imperceptível aos visuais, necessitando ser traduzida para atribuir sentido à álgebra das cores. Desta maneira, o dispositivo constrói uma narrativa que explicita uma contraposição entre as representações físicas e digitais, entre um sentido de proximidade, como se configura o tato, com um sentido de distância, como pode ser a visão.

Este exercício, que compreende técnicas de desenho paramétrico propiciou o trânsito entre modelos tridimensionais e abstratos, a partir da construção de definições algébricas utilizando-se de programação visual.

O uso da fabricação digital para a produção do dispositivo se apresenta como veículo de diálogo entre estes dois sentidos, entre o universo físico e o digital, com o propósito de construção de um desenho universal. Nesta direção, o exercício permitiu repensar o tema “o sentido e universo digital” junto a este contexto de produção e considera-lo atualmente pertinente e com potencial para promover novas reflexões.

Como um dos desdobramentos deste trabalho foi construído um material didático envolvendo uma narrativa sobre os conceitos e as técnicas tratadas.

As reflexões foram provocadas especialmente por leituras referentes à teoria da escalada da abstração de Vilém Flusser. Sob a ótica desta teoria, o primeiro nível da escalada é o tridimensional, quando a comunicação se dá mediada pelo corpo. O segundo nível é o bidimensional, relativo ao plano das imagens. O terceiro é o unidimensional, referindo-se ao texto capaz de descrever a imagem. O ápice da abstração é o que Flusser denomina de nulodimensional, referindo-se então ao uso das imagens técnicas que podem ser codificadas por números. Esta lógica induz à associação desta adimensionalidade à linguagem binária das representações digitais. O modelo de cor luz é representado por esta linguagem. O sistema RGB, uma abstração da cor luz, especifica as proporções de vermelho, verde e azul, tendo o problema de não ser nada intuitivo, sendo difícil de imaginar uma cor mediante tais valores. O modelo se configura como um cubo centrado na origem de coordenadas. Os três eixos representam níveis de intensidades das referidas cores, e variam entre 0 e 1 (Foley, 1990). A representação da cor atinge o ápice da abstração, posto

que é traduzida em número.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a concepção da superfície externa do dispositivo Chromoscope partiu-se da lógica do sistema RGB (Red, Green and Blue), um sistema aditivo de cor luz, no qual cada cor é definida pela quantidade de vermelho (R), verde (G) e azul (B) que a compõe, cujos valores podem variar de 0, mínima intensidade, a 255, máxima intensidade (ROCHA, 2010). Neste sistema, é possível associar cada uma das cores com pontos de coordenadas inteiras em um cubo com arestas de comprimento 255 (BRAZIL, 2008). Desta maneira, o sistema RGB pode ser representado a partir do modelo Color Cube, ilustrado pela imagem à esquerda da Figura 01, o qual representa a distribuição dos valores RGB sobre cada uma das faces do cubo. Nesta distribuição espacial, cada um dos oito vértices do cubo representa uma coordenada associada a uma cor: preto (mínima intensidade cromática 0,0,0), as cores primárias do sistema RGB (vermelho (255,0,0), verde (0, 255, 0) e azul (0, 0, 255)), as cores secundárias (amarelo (255, 255, 0), magenta (255, 0, 255) e ciano (0, 255, 255)) e a cor branca (máxima intensidade cromática 255, 255, 255), conforme a imagem à direita da Figura 01.

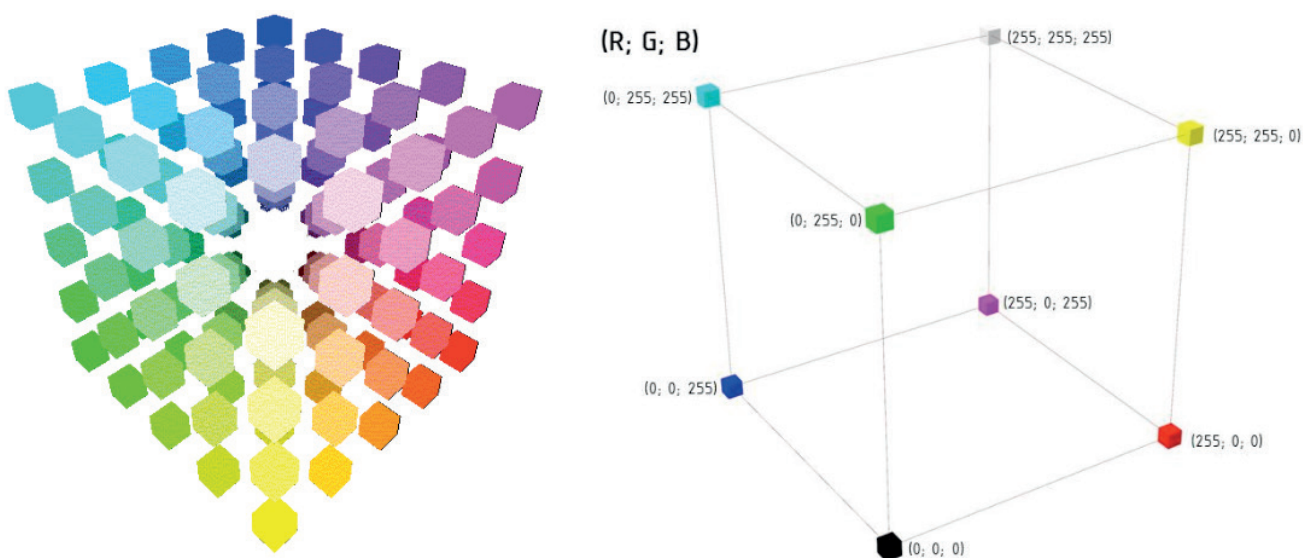


Figura 01: À esquerda, distribuição espacial do sistema RGB no modelo *Color Cube*; à direita representação das cores presentes nos vértices do modelo *Color Cube*.

Fonte: colorcube.com/articles/basics/basics.htm (2000), autores (2016).

A técnica utilizada para associar a lógica do sistema RGB a uma composição formal foi o desenho paramétrico, o qual se desenvolve em ambientes digitais e aplica algoritmos por meio de uma linguagem de programação visual. Algoritmos são entendidos como procedimentos para abordar problemas em um número finito de etapas, envolvendo a extração de princípios lógicos (TERZIDIS, 2006). O desenho paramétrico permite

que as relações entre os elementos sejam explicitamente descritas, estabelecendo interdependências entre os objetos. A atribuição de diferentes valores aos parâmetros gera múltiplas variações, mantendo as condições topológicas da forma (OXMAN, 2006). Neste caso, para o uso do desenho paramétrico foram empregados o software Rhinoceros e o editor algorítmico Grasshopper, que combinados, permitem a geração de modelos associativos por meio de programação visual.

O modelo Color Cube, gerado a partir dos três inputs R (red), G (green) e B (blue), foi interpretado por meio de três formas geométricas associadas a estes valores: o cubo, correspondente à cor vermelha; o cone, à cor verde; e a esfera, à cor azul. O referencial utilizado para esta combinação entre formas e cores baseou-se em um postulado investigado por Wassily Kandinsky, um dos mestres da pintura da Bauhaus. De acordo com Gomez e Castral (2013), Kandinsky explora a relação entre cor, forma e significado, com o propósito de evocar sentimentos universais e elementares. A partir de seus estudos Kandinsky atribui o azul, cor fria e concêntrica, à esfera; o vermelho, com sua força própria, ao cubo; e o amarelo, expansivo e superficial, ao triângulo (GOMEZ e CASTRAL, 2013), como ilustrado pela Figura 02. Para atender à demanda do dispositivo Chromoscope, modelo RGB, a relação entre cor e forma foi adaptada, substituindo-se o amarelo pelo verde, e atribuindo-se tridimensionalidade às formas elementares: círculo/esfera, quadrado/cubo e triângulo/cone (Figura 03).



Figura 02: Relação entre cor e forma, segundo Kandinsky.

Fonte: Gomez e Castral (2013)

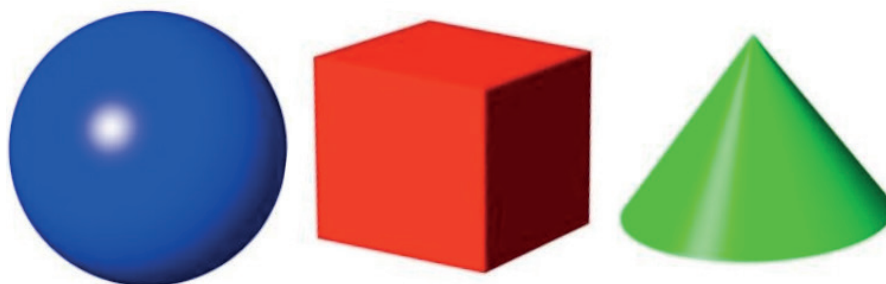


Figura 03: Atribuição de forma aos parâmetros RGB.

Fonte: Autores (2016)

3 | DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO CHROMOSCOPE

A configuração do *Chromoscope* partiu de um volume cúbico, tratando-se cada uma das seis faces como representações das lógicas de distribuição espacial da cor determinada pelo modelo *Color Cube*. Trabalhou-se, então, com interpolações algébricas, nas quais as intensidades das três cores atuaram como parâmetro para estabelecer o tamanho de cada uma das formas geométricas. Desta maneira, o tipo de forma e sua variação dimensional presente em cada face resultaram das interpolações das três cores (formas) associadas a cada um de seus quatro vértices. Nas imagens superiores da Figura 04 pode-se observar esta lógica: à esquerda, estão identificadas as quatro cores que compõem os vértices desta face: ciano (0, 255, 255), verde (0, 255, 0), azul (0, 0, 255) e preto (0, 0, 0); à direita, observa-se a lógica de variação das dimensões das formas que traduz a representação das cores nesta face. Nos cantos superior e inferior esquerdo a cor azul (esfera) está em seu valor máximo (255). Nos cantos da direita a cor azul está em seu valor mínimo (0), tendo-se assim a ausência da esfera ao longo da aresta da direita desta face. A cor verde (cone) está em seus valores/dimensões máximo (255), ao longo da aresta superior, e mínimo (0), ao longo da aresta inferior. Ainda, nesta mesma imagem, pode-se observar que os quatro vértices estão caracterizados com valor zero para a cor vermelha, tendo-se a ausência total da forma cubo nesta face. Já na imagem inferior esquerda, da Figura 4, do dispositivo em perspectiva, pode-se perceber a variação dimensional também da cor vermelha (cubo), ausente na face anteriormente apresentada. Esta imagem auxilia a compreensão da distribuição no conjunto das faces, tendo-se neste caso a ausência de qualquer forma no vértice com ausência de cor (preto). A imagem à direita desta perspectiva refere-se ao esquema da programação visual. Este esquema foi organizado em seis conjuntos, com a lógica de corresponder com as seis faces do cubo. Pode-se observar que existem três destes com a presença de duas cores e não três, tendo em vista que uma delas (R, G ou B) está no valor mínimo (0). O esquema está organizado em três colunas: na da esquerda, tem-se a configuração geométrica do cubo e a declaração dos vértices (coordenadas RGB e a cor correspondente); na coluna do centro, em branco, está a individualização de cada uma das seis faces; e na da direita, divididas nas cores R, G e B, está a programação para interpolar as formas sobre cada uma das faces.

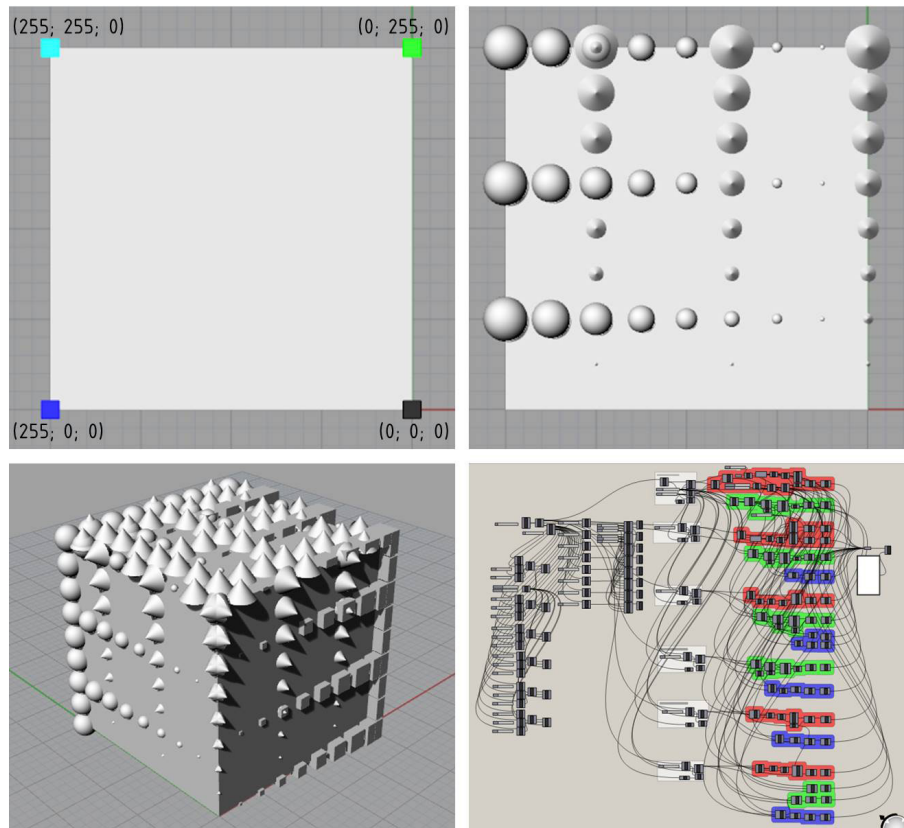


Figura 04: Acima, composição de uma das faces do cubo; abaixo, modelo tridimensional completo e a programação visual que lhe deu origem.

Fonte: Autores (2016)

A prototipagem durante o processo de projeto e a fabricação do dispositivo foram realizadas por impressão 3D pela tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) a partir de filamento de PLA (Poliácido Lático), material biodegradável, produzido a partir de fontes naturais. Assim como no processo de modelagem 3D, cada uma das faces foi impressa separadamente, conforme a Figura 05.

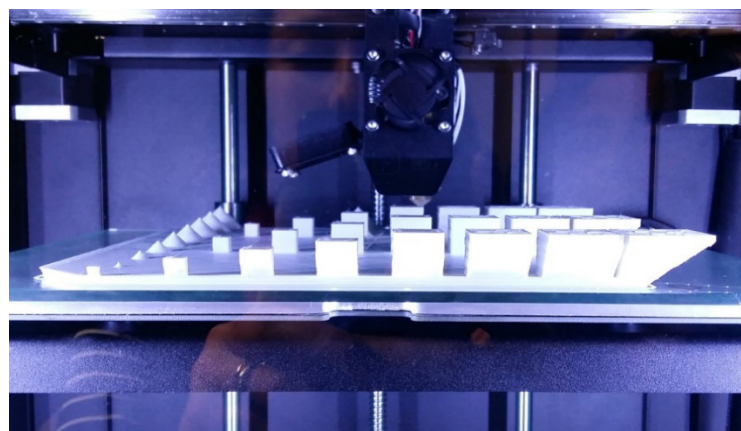


Figura 05: Impressão 3D de uma das faces do dispositivo.

Fonte: Autores (2016)

Após a impressão de todas as faces, o cubo foi montado, utilizando-se de clorofórmio

para conseguir a adesão das partes ao longo das arestas, resultando no dispositivo ilustrado pela Figura 06.

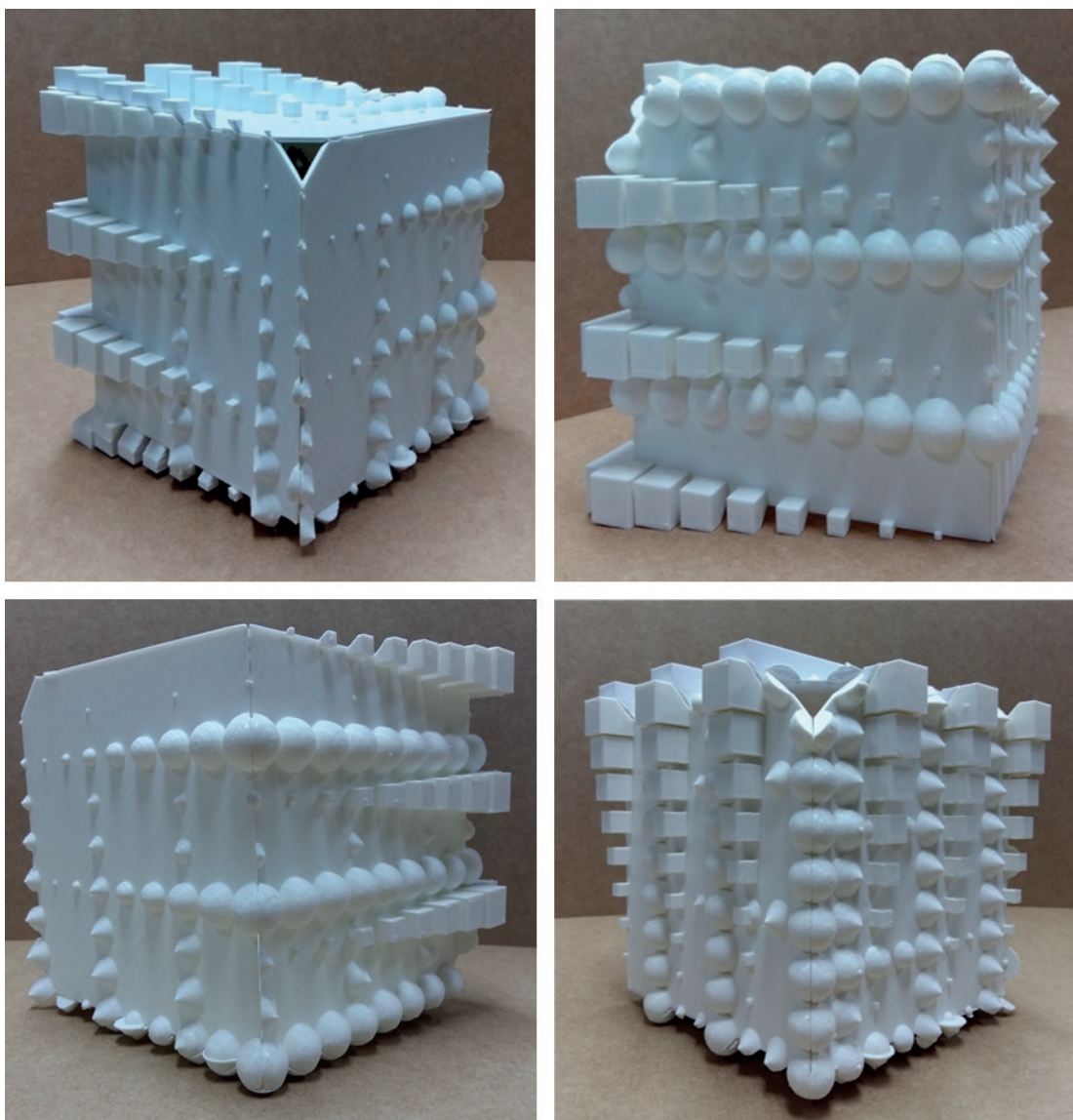


Figura 06: Resultado final do dispositivo Chromoscope.

Fonte: Autores (2016)

Deve-se observar que a forma cúbica sofreu uma subtração, por meio de seções perpendiculares à diagonal que conecta o vértice preto ao branco, para assim configurar um caleidoscópio em seu interior, conforme ilustrado na Figura 07. Junto ao vértice correspondente à posição da cor branca gerou-se um espaço para a entrada de luz, enquanto que, junto ao vértice da cor preta, estabeleceu-se o espaço de produção dos efeitos ópticos de simetrias por reflexão. Para isto, um prisma de espelhos foi disposto no sentido da referida diagonal, tendo então na extremidade do vértice da cor preta, um espaço delimitado por um acetato transparente para confinar o movimento de fragmentos da própria matéria em que foi fabricado o dispositivo: filamentos de PLA nas cores RGB.

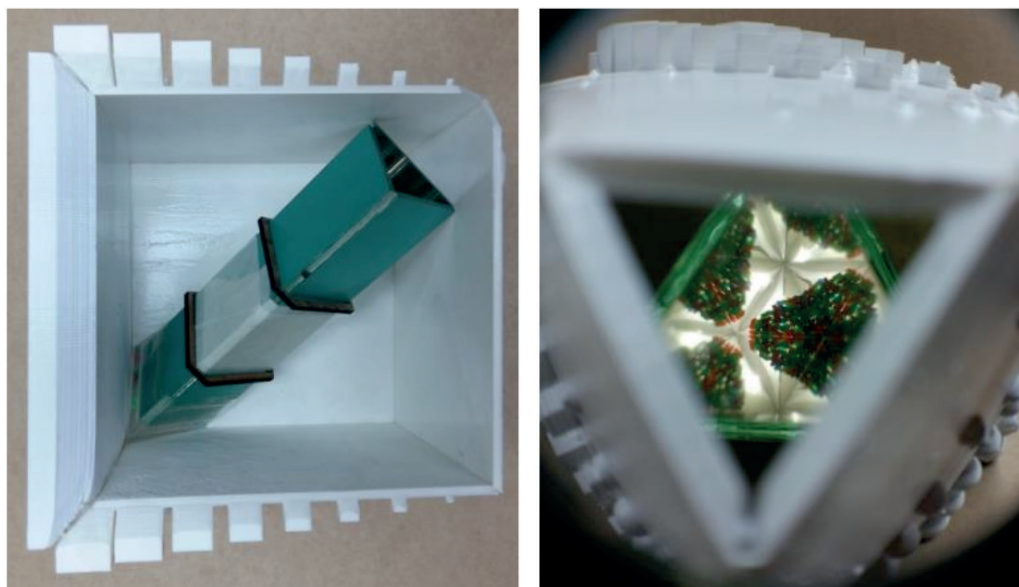


Figura 07: Caleidoscópio presente na parte interna do dispositivo e seus efeitos ópticos de simetrias por reflexão.

Fonte: Autores, 2016.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de desenvolvimento do *Chromosome* acabou provocando a constituição de outras narrativas, além daquela inicialmente pensada para concebê-lo como um objeto de exposição sob o tema “sentido e universo digital”.

A configuração de um caleidoscópio em seu interior, para representar o universo digital, quis destacar a exigência do sentido da visão para aceder ao mundo das imagens técnicas, nulodimensionais, tal como preconiza a teoria da escalada da abstração. Este tipo de instrumento ótico trata de provocar efeitos de simetrias por reflexões de fragmentos coloridos de maneira infinita, percebidos pela presença da luz (local do vértice de cor branca). De imediata compreensão, para quem se posiciona no vértice oposto (local da cor preta), os efeitos são totalmente imperceptíveis para os invisuais.

Externamente, como dispositivo de representação didática do modelo RGB, o *Chromosome* exige um elevado nível de abstração para atingir o seu objetivo de uso. Apoiando-se na teoria da escalada da abstração, o modelo RGB, por conceito, caracteriza-se por sua nulodimensionalidade. Derivado de uma lógica codificada para traduzir o modelo da cor-luz em seu formato digital. Esta lógica não se mostra nada intuitiva para a percepção da cor, em seus parâmetros de tom, brilho e saturação, exigindo também um alto grau de abstração, apoiando-se na linguagem algébrica, para estabelecer tal associação.

A experiência tátil com invisuais ainda não foi acompanhada de maneira sistemática, avaliando-se que a importância do estudo esteve no exercício de reflexão, no esforço de gerar as diferentes narrativas.

Especialmente, para o contexto do estudo o processo de desenvolvimento do dispositivo derivou na configuração de materiais educativos, seja para uma exposição didática do modelo RGB, para indivíduos visuais inclusive, e, por envolver o uso de técnicas de desenho paramétrico associadas à fabricação digital, para a exemplificação de logicas introdutórias ao estudo de tal método de projeto e tecnologias de representação.

Por outra parte, pode-se considerar que o *Chromosome* tem a proposta de promover a experiência com o corpo, a qual envolve o mais baixo nível de abstração, seja por meio do uso do sentido da visão, para os visuais, ou pelo uso do sentido do tato, para os invisuais.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objeto *Chromosome* foi idealizado como um mediador – tátil/visual – que mostra através de seu processo uma experiência expandida dos sentidos. Em meio ao bombardeio imagético na contemporaneidade, este trabalho é apresentado como um convite tátil ao sentido da visão. Propõe-se assim a ir na direção contrária da experiência visual. O excesso de informação visual/digital que recebemos, constituída pela cor/luz, neste exercício foi traduzido a uma representação elementar, compreendendo seu alto grau de abstração para que a lógica do modelo de representação de cor se faça perceptível também tátilmente. É um objeto constituído por camadas de significados. Estes significados resultam da articulação de dados e parâmetros, e não somente de uma escolha ou preferência formal, nesse processo os dados foram induzidos à visualidade que este objeto adquiriu.

Por outro lado, este trabalho é um dispositivo que necessita da ativação do outro, de alguém que o ative. Seu modo de existir, portanto, é enquanto proposição que convida o espectador a colocá-lo em prática, do contrário, torna-se um objeto inerte, limitado ao olhar distante do observador. Ao olhar e sentir este objeto, o que vemos? O que sentimos? Nesse sentido, *Chromosome* propõe a criação de um “olhar-tátil” para dentro de si, sobretudo, na expectativa de provocar modos possíveis de interação e reflexão sobre nossas sensações e capacidades de provocá-las e transmiti-las, estabelecendo-se assim como um dispositivo essencialmente didático.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à UFPel, que apoiaram o desenvolvimento do Projeto ACORDA (Análise e CONstrução de Referenciais Didáticos para Arquitetura: uma abordagem para o Desenho paramétrico e para a prototipagem rápida), subsidiando bolsas de iniciação científica e à SIGRADI (Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital) por ter promovido esta reflexão como parte da exposição ocorrida em 2016 junto ao Centro Cultural San Martín

(Sarmiento, 1551, Buenos Aires) em que o Chromoscope foi exposto. Especialmente aos acadêmicos de Arquitetura e Urbanismo, Gabriel Martins da Silva e Thamara Brugnhago Vitalino, colaboradores no processo de estudo e execução do caleidoscópio.

REFERÊNCIAS

BRAZIL, André Luiz. Path Relinking and AES Cryptography in Color Image Steganography. Dissertação (Mestrado em Computação). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

FOLEY, James, VAN DAM, Andries, FEINER, Steven, HUGHES, John. 1990. Computer Graphics. Principles and Practice. 2nd ed. Addison-Wesley.

GOMEZ, Renan Santos; CASTRAL, Paulo César. Cor e Forma: estudo e análise das estruturas perceptivas representadas no livro 'Noturnos', de Cássio Vasconcellos. In: X International Conference on Graphics Engineering of Arts and Design e XXI Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Florianópolis, 2013.

OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. In: Design Studies 27. London: Elsevier, 2006.

ROCHA, João Carlos. Cor luz, cor pigmento e os sistemas RGB e CMYK. Revista Belas Artes, São Paulo, n. 3, mai/ago de 2010. Disponível em: < <http://www.belasartes.br/revistabelasartes/downloads/artigos/3/cor-luz-cor-pigmento-e-os-sistemas-rgb-e-cmy.pdf>> Acesso em: 06 de abril de 2017.

TERZIDIS, Kostas. Algorithmic Architecture. Burlington: Elsevier, 2006.

FLUSSER, Vilém. O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação. São Paulo: ed. Cosac Naify, 2013, p.224.

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS DO CORPO HUMANO PARA ESTUDOS NA MEDICINA

Data de aceite: 01/07/2020

Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

<http://lattes.cnpq.br/4503060301357142>

Marcio Henrique de Sousa Carboni

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

<http://lattes.cnpq.br/6355737696051618>

Caroline Valetton

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Curitiba- PR

<http://lattes.cnpq.br/9744777530212080>

RESUMO: A utilização de modelos didáticos nos permite colaborar com o aprendizado dos estudantes. Entretanto, nem sempre é possível ter nas aulas de anatomia um modelo biológico. Nessa perspectiva, modelos 3D cumprem esse papel. Este trabalho apresenta um método capaz de reproduzir protótipos de ossos do corpo humano com o auxílio da modelagem 3D e da prototipagem rápida, tornando-se instrumento para a construção de material didático/pedagógico. Ademais, profissionais da área médica também encontram dificuldades, como a falta de modelos de representação

das partes do corpo para uma correta e clara explicação do problema ao paciente. Neste sentido, o presente trabalho contribui com a busca de soluções para este problema.

PALAVRAS-CHAVE: modelos didáticos; modelagem 3D; prototipagem rápida.

DEVELOPMENT OF HUMAN BODY

PROTOTYPES FOR MEDICAL STUDIES

ABSTRACT: The use of didactic models allows us to collaborate with students learning. However, it is not always possible to take anatomy classes in a biological model. From this perspective, 3D models fulfill this role. This work presents a method capable of reproducing prototypes of bones of the human body with the aid of 3D modeling and rapid prototyping, becoming an instrument for the construction of didactic / pedagogical material. In addition, medical professionals also have difficulties, such as the lack of models of body parts representation for a correct and clear explanation of the problem to the patient. In this sense, the present work with a search for solutions to this problem.

KEYWORDS: didactic models; 3D modeling; rapid prototyping.

1 | INTRODUÇÃO

Diante da introdução de novas tecnologias em ensino nos últimos anos, a utilização de modelos didáticos nos permite colaborar com o aprendizado dos estudantes. Com a modelagem 3D e a prototipagem rápida é possível reproduzir qualquer peça com rapidez e praticidade.

Segundo Matozinhos *et. al* (2017), a modelagem 3D consiste em construir superfícies tridimensionais que, por meio de softwares CAD especializados, compõe objetos poligonais, objetos curvos e esculturas digitais. A partir de um sistema de coordenadas (x, y, z) são dadas as primeiras medidas, iniciando sempre com sólidos geométricos simples (esferas, cilindros, paralelepípedos, entre outros) ou com desenhos 2D que devem ser extrudados.

Para uma boa visualização do produto final, é realizada uma renderização (processo onde é gerada uma imagem realista do objeto) ou a prototipagem rápida. Tendo a impressão 3D como método mais usual, a prototipagem rápida é um processo acelerado e econômico na produção em grande escala de objetos e utiliza os modelos de projeto CAD como base e, através do processo aditivo, os objetos são construídos camada a camada de acordo com a programação feita pelo software (MEDEIROS *et. al.*, 2016). Dentre os inúmeros softwares presentes no mercado, os mais utilizados para modelagem 3D são: *SketchUp*, *ZBrush*, *Blender*, *Rhinoceros*, *3Ds Max*, *Fusion*, *Revit* e *SolidWorks*.

Para Donderwinkel *et. al.* (2017), a modelagem 3D e a prototipagem rápida já possuem um amplo mercado e, ainda assim, continuam em processo de inovação constante, utilizando desde os polímeros mais usuais “ABS” e “PLA”, como também novos filamentos como o “*Bioinks*”, substância composta por células vivas utilizada na área da saúde.

Este trabalho apresenta um método capaz de reproduzir protótipos de ossos do corpo humano, com o auxílio da modelagem 3D e da prototipagem rápida, tornando-se instrumento para a construção de material didático/pedagógico. Ademais, profissionais da área médica também encontram dificuldades, como a falta de modelos de representação das partes do corpo, para uma correta e clara explicação do problema ao paciente. Neste sentido, o presente trabalho procura contribuir com a busca de soluções para este problema.

2 | A PELVE

Neste trabalho, o objeto de estudo será o osso da pelve humana feminina. Pretende-se criar um protótipo desta parte com a estrutura óssea e toda parte muscular que compõem o assoalho pélvico.

As disfunções do assoalho pélvico são um grupo de doenças crônicas que atingem principalmente as mulheres na idade reprodutiva e menopausa. Essas disfunções

englobam múltiplos diagnósticos, como: incontinência urinária, prolapsos de órgãos pélvicos, sintomas do trato urinário inferior e incontinência anal e impactam profundamente na qualidade de vida dessas mulheres. Estima-se que 24% das mulheres experimentarão pelo menos um episódio de disfunções do assoalho pélvico em suas vidas e, nos Estados Unidos, o impacto econômico ultrapassa os 20 bilhões de dólares por ano (ENGLISH; ROGO-GUPTA, 2017).

Segundo Ashton-Miller e Delancey (2007) e Neumann et. al. (2006), o assoalho pélvico feminino é uma estrutura do corpo com perspectivas biomecânicas que tem como função evitar as incontinências e os prolapsos durante o aumento da pressão intra-abdominal nas atividades físicas diárias e, ao mesmo tempo, permitir a micção e a evacuação. Sabe-se que em média, de 30 a 50% das mulheres não sabem contrair o seu assoalho pélvico corretamente e a base de treinamento desses músculos implicaria num aumento de força coordenação e velocidade para manter o colo vesical numa posição elevada durante o aumento da pressão intra-abdominal, associada a um adequado fechamento da uretra.

3 | DESENVOLVIMENTO

Muitos modelos 3D estão sendo desenvolvidos com o objetivo de tentar demonstrar os efeitos dos fatores de risco nas disfunções do assoalho pélvico (Parente *et. al.*, 2008). Entretanto, esses modelos ainda são deficitários quanto ao objetivo de educar e instruir as mulheres no entendimento de sua anatomia e funções e, desta forma, os modelos são extremamente escassos no mercado.

3.1 Digitalização do objeto real

A Figura 1 mostra a pelve humana, objeto de estudo, no laboratório para ser escaneada. O osso foi trazido do anatômico da Universidade Federal do Paraná para escaneamento 3D. O osso foi escolhido dentre os disponíveis, a partir de seu estado de conservação.

A Figura 2 mostra a pelve suspensa por fios sendo escaneada com a utilização do Scanner Kinect (Software *Skanect*). O processo de escaneamento levou cerca de 10 minutos.

A Figura 3 apresenta o modelo da pelve escaneada no Software *Skanect*. Devido a composição física dos ossos, o scanner não foi capaz de digitalizar a pelve com perfeição. Para solucionar o problema, técnicas de modelagem 3D estão sendo utilizadas.



Figura 1 - Pelve Humana Utilizada no Projeto

Fonte: Os autores



Figura 2 - Pelve em Laboratório sendo Escaneada

Fonte: Os autores

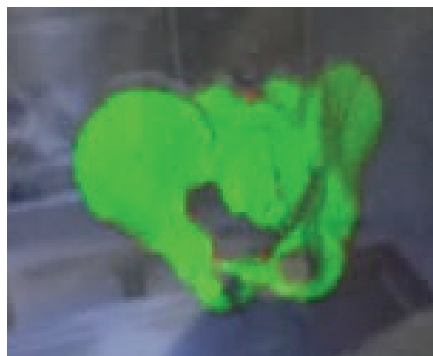


Figura 3 - Modelo Constituído no Software Skanect

Fonte: Os autores

Até o presente momento, o modelo desenvolvido por estudantes bolsistas do curso de Expressão Gráfica da Universidade Federal do Paraná, sob a supervisão e orientação de seus professores pesquisadores, está sendo corrigido com o auxílio do *Software Blender*, de forma a ser o mais fiel possível à pelve humana e assim, ser exportado em formato

“stl” para impressão 3D no Laboratório de modelagem e Prototipagem (LAMP) da UFPR.

4 | CONCLUSÃO

O uso de scanners além de produzir resultados de alta precisão e detalhamento, acelerou, de forma geral, o processo de reprodução virtual dos ossos. Esta reprodução pode ser feita com qualquer tecnologia de escaneamento, mas é importante ressaltar que a resolução e precisão desta tecnologia será de grande importância à qualidade final do objeto 3D. A escolha dos softwares utilizados neste trabalho foi feita principalmente por questão de domínio e disponibilidade dos autores, podendo ser utilizados outros softwares para efetuar as mesmas tarefas. Este trabalho apresenta um método capaz de reproduzir protótipos de ossos do corpo humano, tornando-se instrumento para a construção de material didático/pedagógico e, também auxiliar profissionais da área da saúde, que encontram dificuldades, como a falta de modelos de representação das partes do corpo, para uma correta e clara explicação do problema ao paciente.

REFERÊNCIAS

- ASHTON-MILLER, J.A.; DELANCEY, J.O.L. *Function Anatomy of the Female Pelvic Floor*. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1101: 266-296, 2007.
- DONDERWINKEL, I.; HEST, J. C. M. V.; CAMERON, N. R. *Bio-inks for 3D bioprinting: recent advances and future prospects*. Polymer Chemistry Journal, Issue 31, 2017.
- ENGLISH, E.; ROGO-GUPTA, L. *Impact of distance to treatment center on care seeking for pelvic floor disorders*. *Female Pelvic Medicine & Reconstructive surgery*, V.23, N.06. NOV/DEC 2017, P.438-443.
- MATOZINHOS, I. P. *et al. Impressões 3D: inovações no campo da medicina*. Revista Interdisciplinar Ciências Médicas. Belo Horizonte, p. 143-163, 2017.
- MEDEIROS, I. L. *et al. Impressora 3D tendências para a sociedade do hiperconsumo*. UFSC, 2016.
- NEUMANN, P.B. *et al. Pelvic floor muscle training and adjunctive therapies for the treatment of stress urinary incontinence in women: a systematic review*. BMC Women's health, v.6, 2006, p.6-11.
- PARENTE, M.P.L. *et al. Deformation of the pelvic floor muscles during a vaginal delivery*. International Urogynecology Journal, v.19, 2008, p.65-71.

DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE WEB DE REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL PARA A VISUALIZAÇÃO DOS POLIEDROS DE ARQUIMEDES

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 25/03/2020

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 a construção de poliedros de Arquimedes em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV). Neste ambiente foram utilizadas as transformações geométricas de translação e rotação com a estrutura de hierarquias de páginas HTML, sem o uso das coordenadas de cada vértice do poliedro. O ambiente desenvolvido pode ser usado em sala de aula para a visualização dos poliedros em Realidade Aumentada, com a possibilidade de manipulações das representações gráficas pelos alunos no ambiente criado em Realidade Virtual. Outros estudos que podem ser desenvolvidos com os poliedros modelados são de áreas, volumes e a relação de Euler. Outro conteúdo importante que pode ser desenvolvido

é o de seções planas, pois sete poliedros de Arquimedes são obtidos através de seções planas dos poliedros de Platão. Este capítulo mostra como é possível o desenvolvimento de materiais didáticos com uma tecnologia simples, gratuita e com grande contribuição para a melhoria do ensino da Geometria e também de outras áreas que utilizam objetos 3D.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Visualização gráfica; Poliedros de Arquimedes.

DEVELOPMENT OF A WEB ENVIRONMENT IN AUGMENTED REALITY AND VIRTUAL REALITY FOR THE VISUALIZATION OF ARCHIMEDES POLYHEDRA

ABSTRACT: This chapter shows the development of a web environment for the construction of Archimedes polyhedra in Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR). In this environment we used the geometric transformations of translation and rotation with the structure of hierarchies of HTML pages, without the use of the coordinates of each vertex of the polyhedron. The developed environment can be used in classroom to visualize the polyhedra in Augmented Reality, with the possibility of manipulations of the graphical

representations by students in the environment created in Virtual Reality. Other studies that can be developed with the polyhedra modeled are areas, volumes and the relation of Euler. Another important content that can be developed is truncation, because seven Archimedes polyhedra are obtained through truncation of Plato's polyhedra. This chapter shows how it is possible to develop didactic materials with a simple technology, free and with great contribution to improvement of the teaching of Geometry and also of other areas that use 3D objects.

KEYWORDS: Augmented Reality; Virtual Reality; Graphical Visualization; Archimedes polyhedra.

1 | INTRODUÇÃO

Os conceitos tridimensionais usados em algumas disciplinas podem ser melhor compreendidos pelos alunos com o uso de recursos auxiliares. Hoje em dia os materiais concretos podem ser feitos com impressões 3D para aulas de Biologia (McMENAMIN et al., 2014), Geometria (HULEIHIL, 2017) ou disciplinas com conteúdos que envolvem representações 3D (BASNIAK e LIZIERO, 2017; CASAS e ESTOP, 2015). O desenvolvimento de ambientes ou aplicativos web para o ensino também colabora em visualizações e manipulações de conceitos de Biologia (ATTARDI e ROGERS, 2015) e Geometria (CANTOS, IZQUIERDO e CANTOS, 2016) e tem sido utilizado como uma alternativa atraente para auxílio da aprendizagem dos alunos.

O uso de modelagem com tecnologias virtuais também pode auxiliar na aprendizagem de conteúdos que envolvem conceitos em 3D. A Realidade Virtual (RV) cria um ambiente imersivo com manipulação dos objetos através de controles e óculos imersivos (MORO et al., 2017). Ambientes desenvolvidos em RV podem ajudar na visualização de fenômenos físicos ou biológicos, simulações de situações de treinamentos, jogos educacionais, simulações de construções e outras áreas ligadas à educação.

Os ambientes modelados com a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) são renderizados em dispositivos com câmera para colocar objetos virtuais 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). As aplicações da RA podem auxiliar no ensino de Geometria (GONZÁLEZ, 2017), Engenharia (CERRA et al., 2018), Arquitetura (ABDULLAH et al., 2017) e Medicina (KAMPHUIS et al., 2014). O uso de RA na área educacional demonstra que se trata de uma poderosa ferramenta, pois permite várias formas de interações visuais no aprendizado de diversas disciplinas (CHEN et al., 2017).

A aprendizagem dos conteúdos que envolvem poliedros em disciplinas como Geometria Euclidiana, Geometria Descritiva e Desenho Técnico quase sempre necessita de materiais auxiliares, tais como poliedros planificados, montados com materiais

alternativos, ou impressos em 3D (ANDRADE, SANTOS e MOURA, 2017). Os conteúdos que envolvem visualizações de faces e arestas, além dos cálculos de áreas e volumes podem ser explorados com materiais manipuláveis ou modelados em ambientes virtuais.

O uso da RA pode complementar a utilização dos materiais didáticos tradicionais no ensino dos poliedros, pois os alunos podem interagir e visualizar os sólidos e suas propriedades de maneira mais efetiva e significativa. A RV pode colaborar na interação dos alunos com as representações dos poliedros modelados, facilitando as visualizações e a compreensão dos objetos.

Neste capítulo são mostradas as estruturas de páginas web que possibilitam a construção de um ambiente com as tecnologias de RV e RA para representar os poliedros de Arquimedes. A ideia apresentada é de usar uma página codificada em HTML para RA, com links para as páginas desenvolvidas em RV. Na página em RA, os alunos visualizam os poliedros através de diversos pontos de vista e acessam os sites de RV para manipularem as representações dos sólidos com dispositivos móveis, computadores ou podem até imergirem na cena com óculos de RV.

Como pode ser visto neste capítulo, os comandos usados na construção do ambiente proposto em RA e RV são bastante intuitivos, e exigem apenas um conhecimento básico dos conceitos de HTML. Conforme apresentado Munoz-Crisóbal et al. (2018), algumas dificuldades no uso da RA em sala de aula podem ser contornadas com o uso do ambiente proposto neste capítulo.

2 | MODELAGEM DOS POLIEDROS DE ARQUIMEDES

Um poliedro convexo de Arquimedes é formado por polígonos regulares e cada vértice é extremidade do mesmo número de arestas. Existem 13 poliedros de Arquimedes, onde 7 são obtidos através de seções planas dos Sólidos de Platão. Os vértices destes poliedros são combinações de dois ou mais polígonos regulares diferentes (COXETER, 1973; WEISSTEIN, 2019). Neste capítulo são mostrados os elementos do octaedro truncado e suas respectivas *tags* para visualização em Realidade Virtual. As construções dos demais sólidos de Arquimedes podem ser feitas de forma similar.

O octaedro truncado é um poliedro de Arquimedes formado por 14 faces: 8 hexágonos e 6 quadrados. Este poliedro pode ser construído utilizando-se as simetrias das faces, rotações, translações e a composição de suas partes, sem a necessidade de se fazer os cálculos das coordenadas de todos os seus vértices. Neste tipo de construção, são usadas as hierarquias estruturais das páginas web e transformações geométricas, obtendo-se uma renderização otimizada do modelo em RV e RA.

A primeira face modelada do octaedro truncado é um quadrado. Considerando-se o ponto O como centro da esfera circunscrita ao poliedro de aresta $a = 3$, a distância até

o centro do quadrado do octaedro truncado é $dq = OO' = a\sqrt{2} \approx 4,243$ (COXETER, 1973), onde O é o centro do quadrado. Todas as arestas dos quadrados sofrem translação igual a dq em relação ao centro da esfera circunscrita.

O apótema do quadrado mede a metade da aresta, ou seja, $ap = a/2 = 1,5$. Definindo-se a aresta como um cilindro com altura igual à aresta $a = 3$ e raio da base $r_c = 0,03$, e o vértice da face como uma esfera de raio $r_e = 0,2$, a posição da aresta com vértice A é obtida através da translação na direção OO' com distância dq , com a segunda translação na direção ortogonal a OO' e distância ap' (Figura 1). Os outros três lados do quadrado são obtidos através das rotações de 90° em torno da reta OO' .

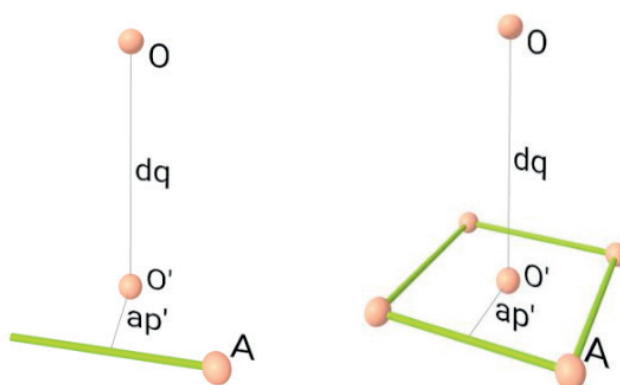


Figura 1. Construção das arestas dos quadrados do octaedro truncado.

A distância do centro da esfera circunscrita ao centro de cada hexágono do octaedro truncado mede $dh = OO'' = a\sqrt{6}/2 \approx 3,676$ e o apótema do hexágono regular mede $ap' = a\sqrt{3}/2 \approx 2,598$. Outra medida utilizada para posicionar os hexágonos adjacentes a cada quadrado é o ângulo diédrico deste poliedro, que mede $\alpha = 125,16^\circ$ (COXETER, 1973; WEISSTEIN, 2019).

A posição da aresta com vértice B é obtida por meio da rotação com ângulo α e centro O , translação na direção OO'' com distância dh , com a segunda translação na direção ortogonal a OO'' e distância igual ao apótema ap'' (Figura 2). Os outros lados do hexágono são obtidos através das rotações de 60° em torno de OO'' .

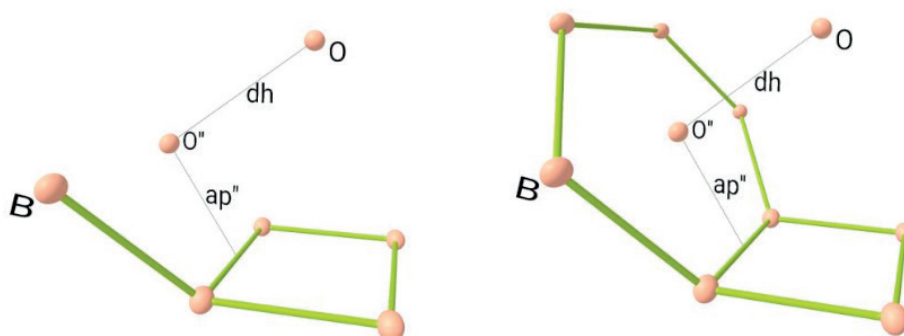


Figura 2. Construção das arestas dos hexágonos do octaedro truncado.

Os outros três hexágonos são obtidos através de rotações de 90° em torno do eixo OO'' (Figura 3). Este bloco representa uma das partes do poliedro, que pode ser encaixado em outro bloco simétrico. Neste poliedro, basta encaixar a parte de cima através de uma rotação de 180° em torno do eixo OO'' e uma translação com medida igual a $2dq$, obtendo-se o octaedro truncado completo (Figura 4). Para melhorar as visualizações, a perspectiva paralela foi usada em todas as representações dos poliedros de Arquimedes em RV.

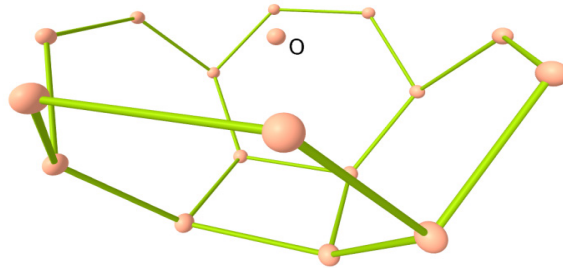


Figura 3. Bloco inferior do octaedro truncado.

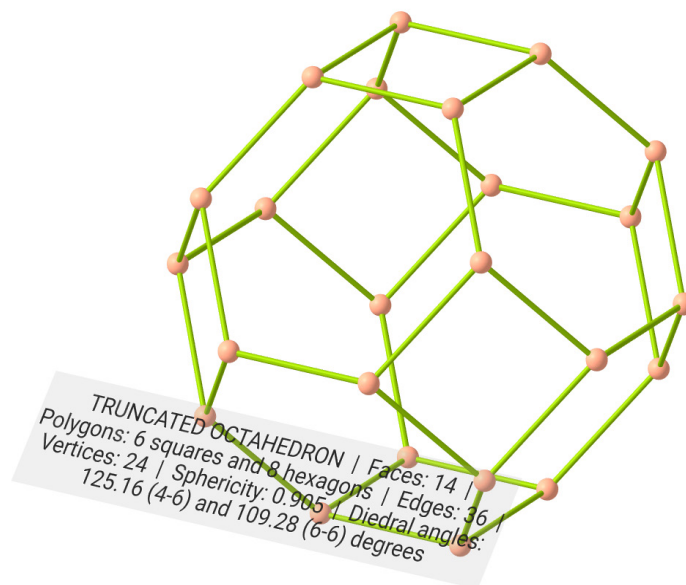


Figura 4. Octaedro truncado completo representado em RV.

Outros poliedros de Arquimedes mais complexos podem ser construídos com a mesma metodologia mostrada, com mais repetições do bloco principal. Por exemplo, o bloco principal do icosidodecaedro é formado por um pentágono regular e cinco triângulos equiláteros (Figura 5).

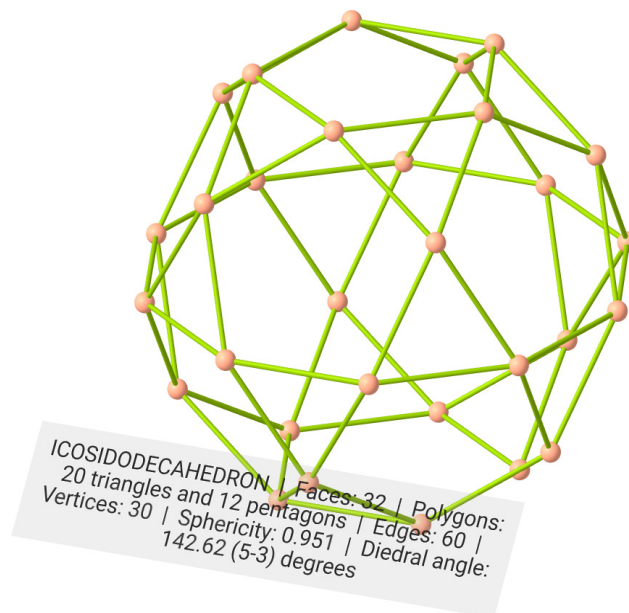


Figura 5. Icosidodecaedro regular representado em RV.

Este módulo pode ser repetido nas laterais, formando-se a parte inferior do sólido. A composição destes módulos pode ser transladada com o dobro da distância do centro da esfera até o pentágono do primeiro módulo e rotacionada com 180° em torno do eixo principal, da mesma forma que foi mostrada no octaedro truncado.

O poliedro de Arquimedes mais conhecido é o icosaedro truncado, sólido utilizado como base para confecção de bolas de futebol (Figura 6). Neste poliedro o bloco principal é formado por um hexágono regular com pentágonos e hexágonos regulares adjacentes intercalados (pode ser considerado também um pentágono com 5 hexágonos adjacentes). Este módulo pode ser repetido 6 vezes nas laterais e depois na parte superior do poliedro.

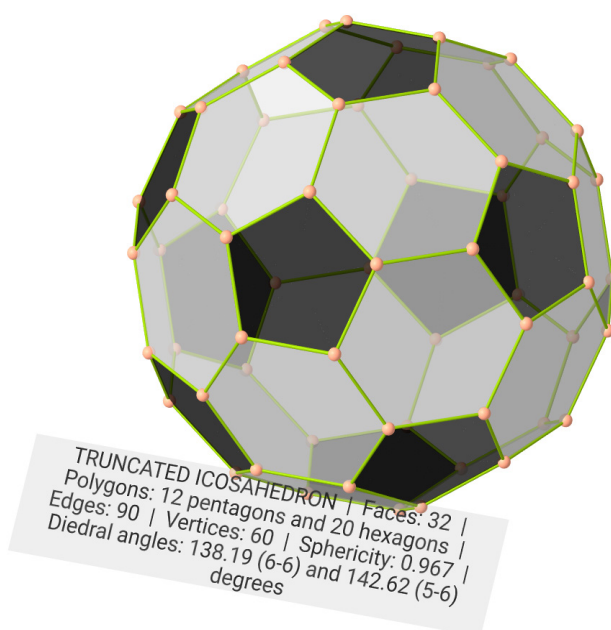


Figura 6. Icosaedro truncado representado em RV.

Com os elementos definidos, os poliedros de Arquimedes podem ser modelados em RA e RV para utilização em sala de aula. A mesma metodologia pode ser usada em poliedros de Platão ou sólidos que tenham simetrias das posições das faces.

3 | REALIDADE VIRTUAL

Em um ambiente programado em Realidade Virtual, ocorre uma simulação dos objetos em 3D, proporcionando ao visitante a sensação de que os objetos programados são reais (MORO et al., 2017). Já o ambiente programado em Realidade Aumentada tem os objetos de RV integrados com as imagens reais da câmera do dispositivo, criando a sensação de que os objetos virtuais fazem parte do mundo real.

As medidas mostradas na seção 2 do octaedro truncado foram programadas tanto em RV quanto em RA. 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 é composta de *tags* com princípios de herança e hierarquia (A-FRAME, 2019).

As principais *tags* da modelagem de uma parte do octaedro truncado são mostradas na Figura 7. As informações colocadas nesta figura incluem as *tags* das arestas do quadrado e de uma das arestas do hexágono do bloco principal do poliedro. As demais *tags* têm estrutura similar e serão omitidas. 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 dentro desta *tag* de cabeçalho.

A modelagem do poliedro está definida nas *tags* do corpo da página HTML. Nas linhas 7 e 8 da Figura 7 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; $y = 2\text{m}$ que representa a altura do observador; e $z = 8\text{m}$ para afastar o observador da origem do sistema, onde está representado o centro do octaedro truncado.

As *tags* que definem as cores, raio das esferas que representam os vértices ($r_e = 0,2$), além do raio ($r_c = 0,05$) e da altura ($a = 3$) dos cilindros que representam as arestas do poliedro estão colocadas entre as linhas 9 e 14 da Figura 7. O código utiliza a função *a-mixin* para acelerar o carregamento da página, pois cada propriedade é definida apenas uma vez e usada no restante da página com sua respectiva referência através dos identificadores (id).

O conjunto de *tags* entre as linhas 15 e 47 representa a construção de parte do octaedro truncado mostrado na seção 2. A *tag* da linha 15 faz a translação do poliedro com a distância do centro da esfera circunscrita ao centro do quadrado ($dq \cong 4,243$). As *tags* entre as linhas 17 e 20 mostram a construção de uma aresta do quadrado, com a

translação igual ao apótema ($ap' = 1,5$). Entre as linhas 21 e 32 estão as rotações para construir as outras arestas do quadrado.

```

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 <a-mixin id="vertices" geometry="radius:0.2;"></a-mixin>
11 <a-mixin id="arestas" geometry="radius:0.05; height:3"></a-mixin>
12 <a-mixin id="mtl1" material="color:#86B404;"></a-mixin>
13 <a-mixin id="mtl2" material="color:#F79F81;"></a-mixin>
14 </a-assets>
15 <a-entity position="0,-4.243,0">
16 <a-entity id="modulo">
17 <a-entity rotation="0,0,90">
18 <a-cylinder mixin="arestas mtl1" position="0,0,1.5"></a-cylinder>
19 <a-sphere mixin="vertices mtl2" position="0,-1.5,1.5"></a-sphere>
20 </a-entity>
21 <a-entity rotation="0,90,90">
22 <a-cylinder mixin="arestas mtl1" position="0,0,1.5"></a-cylinder>
23 <a-sphere mixin="vertices mtl2" position="0,-1.5,1.5"></a-sphere>
24 </a-entity>
25 <a-entity rotation="0,180,90">
26 <a-cylinder mixin="arestas mtl1" position="0,0,1.5"></a-cylinder>
27 <a-sphere mixin="vertices mtl2" position="0,-1.5,1.5"></a-sphere>
28 </a-entity>
29 <a-entity rotation="0,270,90">
30 <a-cylinder mixin="arestas mtl1" position="0,0,1.5"></a-cylinder>
31 <a-sphere mixin="vertices mtl2" position="0,-1.5,1.5"></a-sphere>
32 </a-entity>
33 <a-entity position="0,4.243,0">
34 <a-entity rotation="125.16,0,0"><a-entity>
35 <a-entity position="0,3.674,0"></a-entity>
36 <a-entity rotation="0,60,90">
37 <a-cylinder mixin="arestas mtl1" position="0 0 2.598"></a-cylinder>
38 <a-sphere mixin="vertices mtl2" position="0 -1.5 2.598"></a-sphere>
39 </a-entity>
40 <tags das outras arestas do hexagono>
41 </a-entity>
42 </a-entity>
43 </a-entity>
44 <tags das outras faces do poliedro>
45 </a-entity>
46 <tags da parte superior do poliedro>
47 </a-entity>
48 </a-scene>
49 </body>
50 </html>

```

Figura 7. Tags da página de RV em A-frame para a modelagem do Octaedro truncado.

Nas linhas 33, 34 e 35 estão os comandos para fazer uma translação até o centro da esfera com distância dq (distância do centro do quadrado), a construção do ângulo diédrico $\alpha = 125,16^\circ$ e a translação com distância $dh \approx 3,674$ para posicionar o hexágono. Estes três comandos são necessários para não perder a referência de hierarquia da página HTML. Dentro desta *tag* podem ser feitas todas as construções dos hexágonos adjacentes ao primeiro quadrado construído. Vale ressaltar que as aproximações feitas com 3 casas decimais nas medidas de distâncias e apótemas indicadas não acarretaram imprecisões nas construções dos poliedros.

Entre as linhas 36 e 39 estão as *tags* para a construção de uma aresta do hexágono. Nestas *tags* são feitas a rotação de 60° em relação ao eixo OO'' e a translação com

distância igual ao apótema do hexágono $ap'' = 2,598$. As outras arestas podem ser construídas com *tags* similares de rotações de 120°, 180°, 240° e 300° a partir da linha 40 do código mostrado na Figura 7.

As *tags* das outras faces podem ser inseridas a partir da linha 44, e a repetição para construir a parte superior do poliedro pode ser definida a partir da linha 46, utilizando-se as construções mencionadas na seção 2.

Uma forma de interação com os elementos programados na 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 através do mouse, teclado ou *touch*.

4 | REALIDADE AUMENTADA

Os elementos modelados em Realidade Virtual podem ser misturados com objetos físicos mostrados através da câmera de um dispositivo através da programação em Realidade Aumentada. As mesmas *tags* estruturais mostradas na Seção 3 em RV podem ser usadas na programação de uma página em RA, com a inclusão da *tag* de referência para a 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* de dois poliedros de Arquimedes estão ilustradas na Figura 8. 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 que os objetos virtuais apareçam 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="octat.html" title="VR"></a-link>
11 <a-entity position="1.5 0.8 0" scale="0.25 0.25 0.25">
12 <tags do octaedro truncado>
13 </a-entity>
14 </a-marker>
15 <a-marker preset="kanji">
16 <a-link href="icosi.html" title="VR"></a-link>
17 <a-entity position="1.5 0.8 0" scale="0.15 0.15 0.15">
18 <tags do icosidodecaedro>
19 </a-entity>
20 </a-marker>
```

Figura 8. *Tags* da página de RA em A-frame para a modelagem de poliedros de Arquimedes.

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 marcadores mais comuns são hiro, kanji e os *qr codes* (*quick response codes* – código de resposta rápida), ilustrados na Figura 9.



Figura 9. Marcadores usados no A-frame: hiro, kanji e *qr code* #20.

Os alunos podem acessar de seus dispositivos a página web, visualizam os marcadores programados impressos e os respectivos objetos programados em RV aparecem nas telas dos dispositivos em RA. O marcador hiro foi usado para a visualização em RA do octaedro truncado. A estrutura de suas *tags* está entre as linhas 9 e 14 da Figura 8. Nestas *tags*, *a-entity* serve para agrupar os elementos do poliedro, posicioná-lo sobre o marcador e usar escalas. A *tag link* (linha 10) cria a interação para acesso das páginas programadas em RV através de círculos azuis que aparecem sobre os marcadores. O marcador kanji foi usado para mostrar o icosaedro truncado em RA, com as *tags* entre as linhas 15 e 20 da Figura 8. A Figura 10 mostra os dois poliedros de Arquimedes em RA.

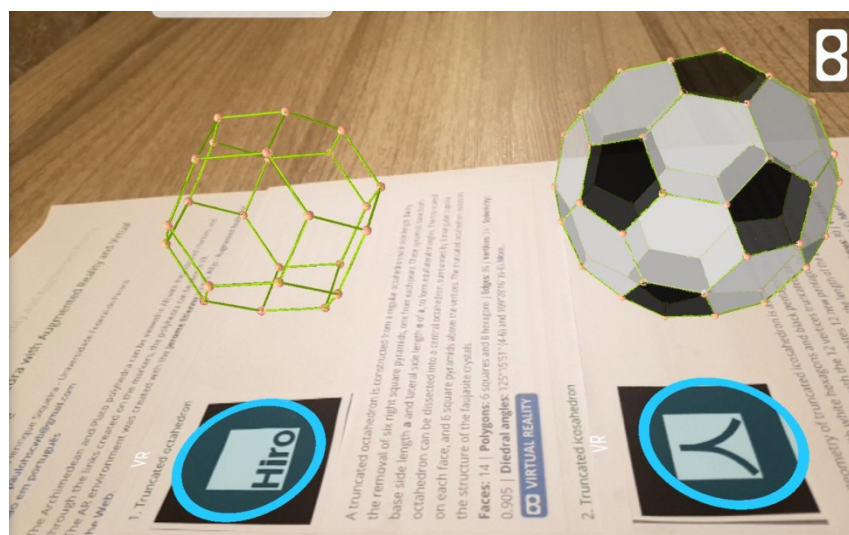


Figura 10. Visualização do octaedro truncado e do icosaedro truncado em RA com A-frame.

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

<https://paulohscwb.github.io/polyhedra/>

5 | CONCLUSÕES

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

A metodologia usada neste capítulo propõe o uso de simetrias, translações e rotações para o posicionamento correto de cada face dos poliedros. Desta forma, a renderização de cada poliedro é otimizada ao usar as hierarquias da programação da página web, facilitando a programação de vários poliedros em uma mesma página. 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 poliedros em seus dispositivos ou que usem os óculos de Realidade Virtual para imersão completa na cena.

O ambiente programado pode ser explorado em aulas de Geometria, auxiliando na compreensão dos elementos dos poliedros ou em tópicos como cálculos de áreas e volumes, relação de Euler, seções planas ou simplesmente na visualização de cada sólido modelado. Os poliedros de Platão e os poliedros duais também podem ser explorados em um ambiente similar ao proposto neste capítulo.

Todos os elementos dos poliedros podem ser visualizados em RA e RV e os alunos podem movimentar a câmera da cena para encontrarem os melhores pontos de vista dos sólidos em RV com ferramentas desenvolvidas para o A-frame para orbitar a câmera em torno dos objetos.

As ferramentas de programação de páginas de web mostradas neste capítulo são simples e intuitivas, e podem ser usadas em salas de aula com materiais impressos. Os alunos acessam o site programado em RA, visualizam os sólidos com seus respectivos marcadores impressos e podem interagir com os poliedros programados em RV. Desta forma, os alunos podem explorar os conceitos geométricos envolvidos de forma mais eficiente e dinâmica.

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 Cálculo Diferencial e Integral, Estatística, Biologia, Química, Física, 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.
- ANDRADE, C. B., SANTOS, J. C. B., MOURA, V. C. S. **Comparação entre os métodos de ensino aprendizagem, com e sem a utilização de materiais manipuláveis.** Revista Científica Doctum: Educação, v. 1, n. 2, p. 1-15, 2017.
- ATTARDI, S. M., ROGERS, K. A. **Design and implementation of an online systemic human anatomy course with laboratory.** Anatomical sciences education, v. 8, n. 1, p. 53-62, jun. 2014.
- BASNIAK, M. I., LIZIERO, A. R. **A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos.** Revista Observatório, v. 3., n. 4, p. 445-466, jul. 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.
- CASAS, L., ESTOP, E. **Virtual and printed 3D models for teaching crystal symmetry and point groups.** Journal of Chemical Education, v. 92, n. 8, p. 1338-1343, 2015.
- CERRA, P. P. et al. **Combining multimedia and self-assessment CAD tools in an interactive web environment to learn engineering drawing.** Interactive Learning Environments, v. 27, n. 2, p. 1-14, set. 2018.
- CHEN, P. et al. **A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016.** In: POPESCU, E. et al. (Org.). Innovations in Smart Learning, Lecture Notes in Educational Technology. Singapore: Springer-Verlag, 2017, p. 13-18.
- COXETER, H. S. M. **Regular Polytopes**, New York: Dover, 1973.
- 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.
- KAMPHUIS, C. et al. **Augmented reality in medical education.** Perspectives on Medical Education, v. 3, n. 4, p. 300-311, jan. 2014.
- 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.

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.

WEISSTEIN, E. W. **Archimedean Solid. MathWorld--A Wolfram Web Resource.** Disponível em: <<http://mathworld.wolfram.com/ArchimedeanSolid.html>>. Acesso em 20 fev. 2019.

ENSINO DE PROJETO E DE ACÚSTICA URBANA

Data de aceite: 01/07/2020

Tarciso Binoti Simas

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará -
Unifesspa; tarcisobinoti@gmail.com

Carlos Maviael Carvalho

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará -
Unifesspa; maviael.mcarvalho@gmail.com

RESUMO: Este artigo tem como objetivo explicar a experiência de ensino de acústica urbana e de projeto de intervenção na paisagem desenvolvido no segundo semestre de 2018 na disciplina de Conforto Ambiental Lumínico e Acústico na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário IBMR. O propósito do exercício é se apropriar dos comportamentos e soluções específicos de conforto acústico sem se distanciar das demais questões que envolvem a qualidade ambiental e a crítica da produção arquitetônica contemporânea sobre a baixa relação com a escala humana e o entorno. Para diagnóstico da área de estudo, os estudantes utilizaram o aplicativo NoiseTube que lhes conferiu um mapa dos ruídos urbanos. Em relação ao projeto de intervenção da paisagem, foram utilizadas diferentes ferramentas analógicas e digitais. Entretanto, a fotomontagem se destacou, neste

exercício, como um eficiente instrumento de apresentação e de projeto da paisagem que demonstrou conferir maior atenção à escala humana, relação com o entorno e acústica urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Acústica urbana; Projeto da paisagem; Crítica da Arquitetura contemporânea; NoiseTube; Fotomontagem.

ABSTRACT: This article aims to present the learning experience of urban acoustics and landscape design developed in Lighting and Acoustic Environmental Comfort subject in Architecture and Urbanism Faculty of IBMR University Center. The purpose of this exercise is to appropriate the specific behavior and solutions of acoustic comfort without distancing itself from other issues that involve environmental quality and criticism of the contemporary architectural production about low relation with human scale and surroundings. To diagnose the study area, the students used the NoiseTube software that gives them a noise map. About landscape design, different analog and digital tools were used. However, photomontage was highlighted in this exercise as an efficient instrument of presentation and landscape design that demonstrated to give greater attention for human scale, surrounding relationship and

urban acoustics.

KEYWORDS: Urban acoustics; Landscape design; Contemporary Architecture Criticism; NoiseTube; Photomontage.

1 | INTRODUÇÃO

A disciplina de Conforto Ambiental Lumínico e Acústico do sexto período do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário IBMR abrange um denso conteúdo a ser lecionado com diversos trabalhos práticos para avaliação e melhor compreensão pelos alunos das aulas expositivas. Acústica urbana é um destes exercícios que visa introduzir o contexto sobre mapeamento de ruídos, poluição sonora e soluções para melhor qualidade ambiental no projeto de intervenção na paisagem. Por se tratar de uma questão muito específica dentro das diversas questões que envolvem o Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, as metas deste exercício de acústica urbana abrangem outras questões que envolvem a qualidade ambiental (como conforto visual e térmico) e a crítica da produção arquitetônica contemporânea sobre a baixa relação com a escala humana e com o entorno. Essa ênfase se deve porque, em alguns casos, a competição pela produção de formas arquitetônicas cada vez mais inovadoras, ampliadas com as novas ferramentas digitais, tem resultado paisagens áridas, sem conforto ambiental e com pouca apropriação da população. Diante de tais questionamentos, construiu-se e aplicou-se o enunciado deste exercício de acústica urbana buscando conciliar questões específicas da disciplina e mais abrangentes de projeto da paisagem, assim como adaptar-se às ferramentas de projeto disponíveis, tais como croquis, fotomontagem e o software NoiseTube. Assim, acredita-se que esta experiência possa contribuir na discussão sobre técnicas de representação de diagnóstico e de projeto da paisagem com ênfase em acústica urbana.

Este trabalho se divide em: seção 2 - *Conforto ambiental acústico*, com uma revisão bibliográfica de parte do conteúdo das aulas expositivas sobre acústica urbana; seção 3 - *Produção arquitetônica contemporânea*, sobre a crítica a projetos de baixa relação com a escala humana e com o entorno e sobre diretrizes para projetos de paisagem e de cidades voltados para pessoas; seção 4 – *Acústica urbana*, com a construção da metodologia, sua aplicação e os resultados alcançados na aplicação, no segundo semestre de 2018, deste exercício da disciplina de Conforto Ambiental Lumínico e Acústico; e, seção 5 – *Conclusão*, com as considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

2 | CONFORTO AMBIENTAL ACÚSTICO

Segundo Corbella e Yannas (2009, p. 249), “uma pessoa está confortável em relação a um acontecimento ou fenômeno quando pode observá-lo ou senti-lo sem preocupação ou incômodo”. Dentre tantas questões que envolvem a qualidade ambiental, destaca-

se neste trabalho o conforto acústico. Embora possa ser uma avaliação subjetiva, o desconforto por um som indesejado (ou um ruído) é entendido como um resíduo e como uma questão de saúde pública. Seus impactos podem ser danosos provocando efeito mecânico (interferência com a comunicação oral); efeitos psicológicos (estresse, tensão, queda de desempenho); e efeitos fisiológicos (perda de audição, aceleração da pulsação, aumento da produção de adrenalina, reação muscular, contração dos vasos sanguíneos, dilatação das pupilas e aumento da pressão arterial) (BISTAFA, 2011, p. 17, 65).

Essa preocupação acústica não é somente uma questão de Arquitetura de Interiores e deve ser pensada também para o meio externo (ou urbano) buscando garantir o controle de ruído e a preservação da qualidade ambiental. A NBR 10.151/2000 estabelece, para o período diurno, limites de 50 decibéis (dB) em área estritamente residencial urbana, de hospitais e de escolas e de 70 dB para área predominantemente industrial; e, para o período noturno (no intervalo de pelo menos 22 horas da noite até 7 horas da manhã ou 9 horas da manhã se for domingo ou feriado), 45 e 60 dB, respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p.3).

No entanto, é comum observar nas principais cidades brasileiras ruídos que ultrapassam tais limites, com destaque para sons oriundos do tráfego motorizado (que em conjunto se caracteriza como uma fonte linear de ruído). Souza *et al* (2006, p. 67) apresentam medições realizadas na Cidade de Curitiba com valores médios de ruídos de 72 dB em via rápida, 106 dB de sirene dos bombeiros, de 106 dB de uma moto de 1.000 cilindradas, dentre outros.

Para atuação em projeto, é fundamental identificar as fontes sonoras (onde se gera o ruído); o meio ou o caminho que percorre (transferência do ruído); e o receptor (o ouvido ou o lugar onde se percebe o ruído). Os dados devem ser coletados por medidores sonoros (sonômetro ou popularmente conhecido como decibelímetro), que registram a pressão sonora em dB e, posteriormente, devem ser processados em mapas de ruídos que auxiliam no diagnóstico e na tomada de decisões de planejamento urbano e de possíveis intervenções (SOUZA *et al*, 2006, p. 62-7).

Esse mapeamento de ruídos fornece uma importante fotografia do comportamento acústico de uma determinada área em um determinado momento. Distinto de alguns países centrais, no Brasil, não há uma política nacional para esse mapeamento. São encontradas ações pontuais por algumas prefeituras e por pesquisas científicas. A pesquisa de mestrado de Débora Pinto (2013) é um desses exemplos que resultou em uma análise na área de influência do estádio Arena das Dunas, na Cidade de Natal. Foram realizadas medições *in loco* (dados coletados de pressão sonora) em 14 pontos de coleta em vias arteriais, coletoras e locais, nos períodos de 7-8 horas e 20-21 horas, durante 10mins nos dias de semana típicos, sem interferências de chuvas e padrão normal de trânsito, conforme Figura 1. A Figura 2 apresenta o mapa de ruídos da área analisada com dados processados no software SoundPLAN. Observa-se a poluição sonora de forma

expressiva nas principais vias oriunda do tráfego rodoviário.



Figura 1 – Pontos de medição acústica na área de influência do estádio Arena das Dunas.

Fonte: PINTO, 2013, p. 49.

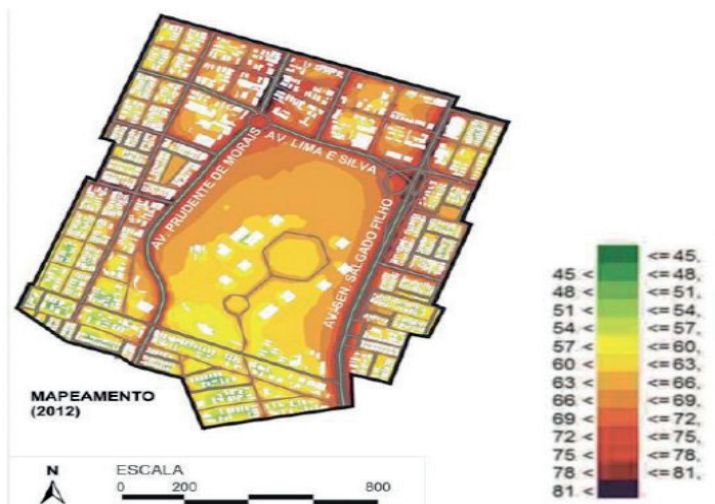


Figura 2 – Mapeamento acústico no período diurno (ano 2012) na área de influência do estádio Arena das Dunas.

Fonte: PINTO, 2013, p. 103.

Após esse diagnóstico, é preciso estudar estratégias para diminuição da poluição sonora. Algumas respostas podem ser resolvidas pela aplicação da legislação local, por substituição do transporte motorizado pelo transporte não motorizado ou transporte público silencioso e por intervenções físicas para amenização dos ruídos. Neste último caso, trata-se de um grande desafio, pois o isolamento acústico é mais difícil em ambiente urbano e boas soluções em acústicas podem ser extremamente prejudiciais em outras questões que envolvem o projeto da paisagem. Entretanto, este tratamento é possível tal como se observa nas estratégias utilizadas no Parque Villa Lobos, em São Paulo, e na *Nauener Platz*, em Berlim. Assim, em ambiente urbano, é possível pensar na diminuição nas fontes de ruído (gerado principalmente pelo fluxo rodoviário), no maior controle do ruído e em estratégias de mascaramento (fontes de água, música etc.). Corbella e Yannas (2009, p. 251-5) chamam de “para-ruídos” as paredes absorventes ou deflectoras ao lado de ruas ou rodovias. Souza *et al* (2006, p. 55-77) ressaltam, para maior eficiência de barreiras acústicas, as características de absorção, estanqueidade, altura, densidade e proximidade em relação à fonte. E Bistafa (2011, p. 201-12) apresenta um resumo dos principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre, tais como: a ampliação de solo mais “macio” acusticamente (vegetação, terra arada etc.) e diminuição de solo mais “duro” (asfalto, concreto, espelho d’água); a criação de “sombra” acústica por barreiras; a atenuação do som por áreas densamente arborizadas etc.

Todavia, embora seja possível alcançar melhor qualidade sonora com tais estratégias, segui-las à risca pode resultar em um projeto de intervenção da paisagem de baixa qualidade como um todo. Segregar ruas e praças com barreiras acústicas seria catastrófico para o ambiente urbano. Por isso, é fundamental vincular este exercício à crítica sobre a

produção arquitetônica contemporânea e ao desafio de projeto de paisagem e de cidade voltado para pessoas, conforme apresentado a seguir.

3 | PRODUÇÃO ARQUITETÔNICA CONTEMPORÂNEA

O desejo de ostentar uma imagem de poder, de “progresso econômico” e de abundância tecnológica fez com que a questão ambiental na arquitetura fosse cada vez mais desconsiderada ao longo do século XX. Isso se observa tanto no interior da arquitetura, com a preocupação ambiental delegada predominantemente a soluções mecânicas, quanto no ambiente urbano, com a formação de paisagens áridas, sem conforto ambiental e com baixa apropriação de pessoas.

Jan Gehl (2013, p. XIV, 194-6) destaca que este pensamento arquitetônico aparece em parte da arquitetura modernista, com planejamento de cidades “do alto e de fora” e com objetos isolados em grandes espaços públicos. Ele chama isso de “síndrome de Brasília”, onde são priorizadas as escalas urbana e do empreendimento, em detrimento à escala humana. E este pensamento vem evoluindo com formas arquitetônicas cada vez mais ousadas até os tempos contemporâneos.

Isso se deve em parte porque, nas últimas décadas, os avanços tecnológicos em ferramentas de projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo estão acirrando também a competição pela forma mais inovadora, sem com isso garantir uma boa relação com seu entorno e com a escala humana. Depois do ganho de agilidade e de produtividade em desenhos digitais proporcionado pelo *Computer-Aided Design* (CAD), o *Building Information Modeling* (BIM) está ampliando novas possibilidades de desenvolvimento de projetos de arquitetura complexa (geometrias não-euclidianas e não-ortogonais) e integração entre CAD, *Computer-Aided Engineering* (CAE) e *Computer-Aided Manufacturing* (CAM) (HENRIQUES, 2016a, 2016b).

Neste sentido, Ignasi de Solà-Morales (2003) destaca que, desde os anos 1960 e 1970 (pós-moderno), observa-se a multiplicação de objetos arquitetônicos heterogêneos, cada um com seus discursos, parciais e fragmentados. Para ele, a arquitetura contemporânea é uma experiência pluriforme e complexa que perdeu as referências absolutas; aumentou a distância entre a prática e a teoria do projeto de arquitetura; e resulta em paisagens desoladas, naturezas mortas e arquiteturas débeis que não estão conectadas ao lugar.

Para Bruno Zevi (2002),

Nós que vivemos numa época em que todos pensam ter uma mensagem de importância universal para transmitir ao mundo, em inventar algo de novo, em se destacar do contexto social, em se sobressair, em que todos creem ser mais astutos do que todos os outros, estamos rodeados por uma arquitetura que pode ter todas as qualidades, mas não é certamente urbana. (...) e quem tem pressa de ser notado tem, com frequência, muito pouco a dizer. (ZEVI, 2002, p. 170-3)

E essa competição por imagens arquitetônicas de poder também se enquadra no

que Guy Debord (2003, p. 6-7) chama de “sociedade do espetáculo”, uma “relação social entre pessoas, mediatizada por imagens” onde “tudo o que era diretamente vivido se esvai na fumaça da representação”.

Vale ressaltar que estas críticas não visam rejeitar novas ferramentas e tampouco a produção de formas de arquitetura complexa. Acredita-se que seja possível pensar em projetos com formas ousadas, desenvolvidos com novas ferramentas e que resultem em cidades, paisagens, edifícios e espaços públicos voltados para pessoas, como defende Jan Gehl (2013). Ou como Edward Hutchison (2011, p. 46-7) reivindica que o projeto da paisagem não pode surgir de uma “folha em branco” (ou de uma tela de computador), pois este “é sempre a conversão de um lugar existente em alguma coisa”. Ademais, no debate sobre ferramentas analógicas e digitais, entende-se, assim como o Professor Paulo Afonso Rheingantz (2016), que seja produtiva sua mescla em um processo híbrido, pois, tanto na prática quanto no ensino de projeto, as duas linguagens não são contraditórias, mas sim necessárias e complementares.

Diante de tais questionamentos, busca-se estudar novas possibilidades de ensino de projeto que reforcem a importância da escala humana, da relação com o entorno e da qualidade ambiental; que nesta experiência teve maior ênfase à acústica urbana, conforme apresentado a seguir.

4 | ACÚSTICA URBANA

Conforto Ambiental Lumínico e Acústico é uma disciplina do sexto período do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário IBMR e tem como pré-requisito a disciplina de Conforto Ambiental Térmico. Seu conteúdo se divide em conforto acústico, lecionado no primeiro bimestre (primeira avaliação); e conforto lumínico, no segundo bimestre (segunda avaliação). O trabalho de acústica urbana, feito em dupla ou individualmente, corresponde a 50% da primeira avaliação da disciplina, que é complementada por outros trabalhos sobre tempo de reverberação, isolamento e isolação. Seu objetivo principal é a apropriação dos conceitos básicos de acústica aplicada em uma intervenção urbana de uma área com problemas de poluição sonora, sem se afastar das demais questões que envolvem um projeto da paisagem. Isso quer dizer que as propostas para amenização da poluição sonora não podem prejudicar a qualidade ambiental como um todo. Como exemplo, a resposta não poderia simplesmente cercar uma praça com grandes barreiras acústicas, pois isso influenciaria na qualidade visual da paisagem, na sensação de insegurança etc.

Por se tratar de um curso de Arquitetura e Urbanismo novo, a disciplina de Conforto Ambiental Lumínico e Acústico foi lecionada pela primeira vez no segundo semestre de 2018, quando esta experiência foi realizada. Neste período, o laboratório de conforto e seus equipamentos (como o decibelímetro) ainda não estavam disponíveis. Com isso,

este exercício foi construído utilizando como alternativa o aplicativo gratuito para celular NoiseTube, na versão 2.1.3.

NoiseTube é um projeto de pesquisa investigativa sobre o assunto [poluição sonora] que se iniciou em 2008 no Laboratório de Ciência Sony Computer em Paris e atualmente organizado pelo laboratório de Software de Idiomas da Vrije Universiteit de Bruxelas, que propõe uma abordagem participativa para o monitoramento da poluição sonora, envolvendo o público em geral. O aplicativo para celular NoiseTube estende o uso atual de telefones celulares, transformando-os em sensores de ruído, que permitam aos cidadãos medir a exposição de som em seu ambiente cotidiano. Além disso, cada usuário pode participar na criação de um mapa coletivo da poluição sonora deste seu ambiente cotidiano, através da partilha de dados de medição georreferenciadas com a comunidade do NoiseTube. (NOISETUBE, 2015, p.3)

O site do NoiseTube (<http://www.noisetube.net/help>) disponibiliza o “Guia para usuário de celular” em português que explica como usar o aplicativo. Há versões do aplicativo para Android e iOS, embora no momento da realização da pesquisa estava disponível somente para Android. Para sua utilização, é necessário criar uma conta no NoiseTube e o aplicativo solicita permissão para gravar som, acesso à rede, usar GPS etc. Durante as medições, o microfone do celular deve estar livre de obstruções, o usuário não pode falar e o celular precisa estar no silencioso. Os dados são registrados em dB(A) na localização do usuário com atualização a cada 1-2 segundos. É possível inserir anotações (*tag*) junto das medições com informações complementares para registrar, por exemplo, a passagem de um avião ou de um ônibus. A medição pode ser feita sem internet e, quando conectado à rede, os dados armazenados no celular são carregados para o site (NOISETUBE, 2015, p. 8-15).

Este software, instalado no celular particular dos estudantes, permitiu maior flexibilidade para construção do enunciado do exercício, pois cada grupo teve liberdade de escolha da área de estudo. Sendo assim, foi solicitado que os estudantes definissem espaços públicos (praça, largo, rua etc.) que aparentemente apresentassem problemas de poluição sonora e facilidade para medição, com atenção à questão de segurança na cidade do Rio de Janeiro. Esta escolha foi feita previamente para que não houvesse área de trabalho repetida. A ida à campo para coleta de dados foi feita de forma simplificada com apenas uma medição em horário de grande movimentação para não gerar grande carga de trabalho em apenas um dos exercícios da disciplina. E como o celular precisa ficar exposto para medição, uma única visita à campo diminuía os riscos em relação à insegurança. Os estudantes foram orientados a passar por diferentes pontos da área de trabalho. Após a medição, o processamento de dados em mapa de ruídos é disponibilizado no site e pode ser visualizado no software Google Earth. É possível produzir mapas bidimensional e tridimensional, conforme Figuras 3 e 4 das respectivas medições na Praça Nossa Senhora da Paz, no bairro de Ipanema, e na Rua Dias da Cruz, no bairro do Méier, ambas na Cidade do Rio de Janeiro.



Figura 3 – Mapeamento de ruídos da Praça Nossa Senhora da Paz

Fonte: trabalho das alunas Flávia Lopes e Natalia Cunha.



Figura 4 – Mapeamento de ruídos da Rua Dias da Cruz

Fonte: trabalho dos alunos Fernando Gonçalves e Marina Curi.

Em relação ao processamento de dados pelo NoiseTube, vale ressaltar que o tempo foi irregular. Por causa de alguns atrasos, alguns alunos reforçaram o pedido enviando e-mail para noisetube@soft.vub.ac.be. No geral, houve casos em que o mapa foi processado em menos de uma semana, outros que demoraram mais e alguns que não foram entregues. Neste último caso, foi comprovada a medição no local pelos alunos e o projeto de intervenção teve que ser feito intuitivamente.

A etapa seguinte do exercício foi a pesquisa de referências e o desenvolvimento das primeiras propostas de intervenção para minimizar os transtornos causados pelos ruídos nos pontos mais críticos da área de estudo. A proposta deste exercício de projeto consiste na comparação entre uma foto do existente e uma imagem do projeto no mesmo ponto de vista, como se fosse um “antes e depois”. Busca-se assim maior ênfase na intervenção da paisagem, tal como o arquiteto paisagista Edward Hutchison (2011, p. 46-7) aponta que “o projeto da paisagem é sempre a conversão de um lugar existente em alguma coisa”. Para as primeiras ideias, foi solicitado que os alunos trouxessem croquis sobre fotos tiradas no local ou extraídas do Google Street View. Após discussão do projeto com orientação do professor, as propostas deveriam evoluir em desenhos para apresentação, desenvolvidos à mão ou digitalmente. Embora tivessem liberdade para escolher a melhor ferramenta de trabalho, foram sugeridos os recursos de croquis e fotomontagem. No entanto, foram poucos alunos que formalizaram suas propostas com desenho à mão pelo receio de não desenvolver uma boa apresentação. Alguns alunos não tinham conhecimento em fotomontagem e optaram por outros de modelagem tridimensional, como o SketchUp. E isso foi positivo pois trouxe uma diversidade de ferramentas de projeto nos trabalhos apresentados.

Dentre algumas propostas, as Figuras 5 e 6 apresentam o “existente” e o “projetado” (ou o “antes e o depois”), através de fotomontagem, de um dos pontos da Praça Nossa Senhora da Paz, onde as estudantes propuseram maior arborização para atenuação do som e elementos de emissão de som para mascaramento. Este último teve como

referência o projeto Soundwave, em Xiangyang, Hubei, na China, do escritório de arquitetura Penda. A referência é composta por peças verticais de aço perfuradas com cores vibrantes e alturas variadas que emitem sons musicais e jogo de luz em LED, formando uma “orquestra de luzes” (ARCHDAILY, 2019). Na comparação entre as Figuras 7 e 8, além da arborização, foi proposto um elemento de madeira absorvedora que, embora não resultasse em grandes ganhos em acústica, tinha como objetivos o acolhimento de pessoas, maior sombreamento e o embelezamento da praça.



Figura 5 – Ponto de observação 1 na Praça Nossa Senhora da Paz

Fonte: Trabalho das alunas Flávia Lopes e Natalia Cunha.

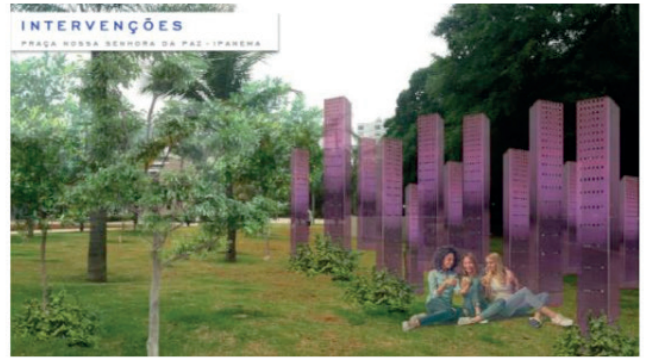


Figura 6 – Proposta de intervenção 1 na Praça Nossa Senhora da Paz

Fonte: Trabalho das alunas Flávia Lopes e Natalia Cunha.



Figura 7 – Ponto de observação 2 na Praça Nossa Senhora da Paz

Fonte: Trabalho das alunas Flávia Lopes e Natalia Cunha.



Figura 8 – Proposta de intervenção 2 na Praça Nossa Senhora da Paz

Fonte: Trabalho das alunas Flávia Lopes e Natalia Cunha.

As Figuras 9 e 10 apresentam o ponto de observação e a proposta de intervenção de *parklet*, arborização e novo mobiliário com materiais absorvedores na Rua Dias da Cruz.

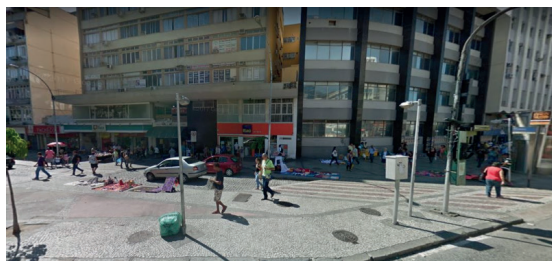


Figura 9 – Ponto de observação na Rua Dias da Cruz

Fonte: Trabalho dos alunos Fernando Gonçalves e Marina Curi.

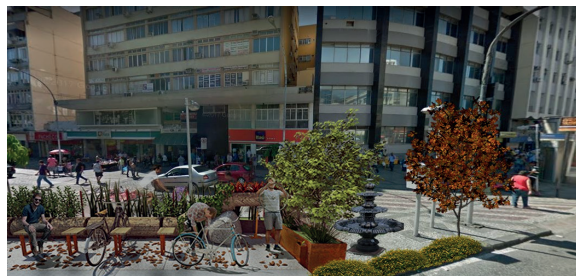


Figura 10 – Proposta de intervenção na Rua Dias da Cruz

Fonte: Trabalho dos alunos Fernando Gonçalves e Marina Curi.

Com isso, os alunos alcançaram o objetivo do exercício proposto com apropriação dos comportamentos acústicos e maior atenção nas propostas de intervenção à paisagem. Observou-se que estas propostas desenvolvidas em fotomontagem alcançaram, além de uma melhor apresentação, uma maior qualidade de projeto em relação às desenvolvidas em software de modelagem. Acredita-se que isso tenha acontecido porque: (1) o software de modelagem digital induz ao projeto como *tabula rasa*, ou seja, como se fosse uma folha em branco ou um *modelspace* vazio, sem considerar elementos existentes na área de estudo; (2) a modelagem eletrônica feita sem o entorno urbanístico perde referências importantes da cidade e pode resultar em um projeto com baixa integração; e, (3) a visualização do modelo digital por “de cima” na câmera do software afasta a preocupação com a escala humana. Além disso, em relação à apresentação, os trabalhos de modelagem digital sem o entorno geram imagens incompletas e prejudicam a qualidade da apresentação. Para produzir modelos completos com o entorno urbanístico, são necessários maiores esforços humanos e tempo do que a realização de fotomontagem. Deste modo, este exercício também serviu para apresentar aos alunos uma metodologia de projeto não tão usual na fase de estudo de viabilidade ou preliminar dentro das faculdades de Arquitetura. Através de menor esforço humano e gasto de tempo, foi possível produzir propostas com maior qualidade projetual e de apresentação para o exercício de concepção no projeto da paisagem. Em um processo de projeto completo, após validação dos usuários, este estudo de fotomontagem pode avançar para desenhos técnicos de projetos com maior probabilidade de acerto e, conseqüentemente, menores chances de revisões e retrabalhos para o projetista.

5 | CONCLUSÃO

Este artigo apresenta a experiência de exercício de acústica urbana aplicada pela primeira vez na disciplina de Conforto Ambiental Lumínico e Acústico no curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro Universitário IBMR, no segundo semestre de 2018. Por se tratar da primeira turma desta disciplina no curso, foi necessário buscar estratégias

e ferramentas disponíveis que se adaptassem à realidade dos estudantes e da própria Instituição que estava em processo de finalização do laboratório de conforto.

Em relação ao NoiseTube, apesar de suas limitações, este aplicativo foi uma importante ferramenta neste processo que aproximou os alunos ao conhecimento sobre poluição sonora e mapa de ruído. Sobre o processo de projeto, observou-se que os estudantes que desenvolveram croquis e fotomontagens alcançaram maior qualidade no projeto e na apresentação, em comparação com trabalhos desenvolvidos em softwares de modelagem, como AutoCAD, SketchUp, Revit etc. Embora seja um tema bastante complexo que não se esgota neste trabalho e requer maior aprofundamento, acredita-se que tais ferramentas de modelagem possam induzir à produção de soluções de baixa relação com a cidade, a paisagem e a escala humana. Pois, sem uma modelagem do existente e de seu entorno, existe maior possibilidade de tratar o projeto como uma folha em branco e visualizado de “cima”. Por outro lado, com o uso de fotomontagens sobre imagens do local, há uma maior chance de desenhar a cidade a partir dos olhos do observador, dentro da escala humana e sobre a paisagem existente convertendo-a em projeto (e não partindo de um papel em branco ou uma tela vazia).

Para trabalhos futuros, sugere-se o incentivo à realização de trabalhos por croquis e mais pesquisas sobre soluções de *traffic calming* e transporte público silencioso e não motorizado. De qualquer forma, apesar das limitações, acredita-se que esta experiência tenha alcançado grande parte dos seus objetivos, tais como o interesse e o entendimento básico sobre comportamentos acústicos na cidade, a busca por soluções para o problema de poluição sonora e a atenção para a escala humana e a melhor relação com o entorno e a paisagem.

AGRADECIMENTOS

A realização deste artigo só foi possível graças à oportunidade de lecionar no Centro Universitário IBMR; à cooperação de toda turma de Conforto Ambiental Lumínico e Acústico do segundo semestre de 2018; e, em especial, aos estudantes Flávia Lopes, Fernando Gonçalves, Marina Curi e Natalia Cunha que gentilmente cederam suas propostas para a escrita deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARCHDAILY. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/771443/soundwave-penda>>. Acesso em 03 de maio de 2019, às 16 horas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

BISTAFA, Sylvio. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Blucher, 2011.

CORBELLA, O. D.; YANNAS, S. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: REVAN, 2009.

DEBORD, G. **A sociedade do espetáculo**. s.l.: eBookBrasil, 2003.

GEHL, J. **Cidades para Pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

HENRIQUES, Goncalo. Responsive Systems: Foundations and Application - The importance of defining meta-systems and their methods. **Smart and Responsive Design** - Volume 1 - eCAADe 34, p. 511-520, 2016a.

_____. Arquitetura algorítmica: Técnicas, processos e fundamentos.. **Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**. Porto Alegre, p. 1-20, 2016b.

HUTCHISON, E. **O desenho no projeto da paisagem**. Barcelona: Gustavo Gili, 2011.

NOISETUBE. **Guia para usuário do celular**. s.l.: s.e., 2015.

PINTO, Débora Nogueira. **Mapeamento Acústico como ferramenta para Predição de Ruído Urbano na área de influência do estádio Arena das Dunas, Natal/RN**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

RHEINGANTZ, Paulo Afonso. Projeto de Arquitetura: Processo Analógico ou Digital?. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 11, p. 95-102, 2016.

SOLA-MORALES, I. **Diferencias Topografía de la Arquitectura Contemporánea**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, SA., 2003.

SOUZA, Lea Cristina Lucas; ALMEIDA, Manoela Guedes de; BRAGANÇA, Luiz. **Bê-a-bá da Acústica Arquitetônica**. 1. ed. São Carlos: EDUFSCar - Editora da Universidade Federal de São Carlos, 2006.

ZEVI, B. **Saber Ver a Arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

ENSINO DO PROJETO DE ARQUITETURA E MODELAGEM ASSOCIADOS AOS SISTEMAS GEOMÉTRICOS DE REPRESENTAÇÃO

Data de aceite: 01/07/2020

Ivan Silvio de Lima Xavier

Escola de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Federal Fluminense. ivan_xavier@
id.uff.br

Denise Vianna Nunes

Escola de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade Federal Fluminense. denisenunes@
id.uff.br

RESUMO: Este trabalho apresenta um método de ensino de projeto de arquitetura, que se apoia em conhecimentos e técnicas oriundos dos sistemas geométricos de representação. O processo se desenvolve em três fases – contextualização, espacialização e materialização. Através da fundamentação teórica e da prática de construção de modelos reduzidos, utilizados tanto para o estudo da forma e da estrutura, como para a visualização das representações ortogonais nos planos horizontal e vertical, os alunos desenvolvem a criatividade, ampliam seu repertório e aprofundam conhecimentos dos sistemas geométricos e estruturais; tornam-se assim capacitados para apresentar soluções projetuais mais complexas, fundamentadas e com boa articulação com o sistema estrutural adotado.

Dessa forma, os projetos dos estudantes adquirem construtibilidade e qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: ensino de projeto; sistemas geométricos de representação; contextualização; espacialização; materialização.

ABSTRACT: This work presents a method of teaching architectural design, which relies on knowledge and techniques derived from geometric representation systems. The process is developed in three phases - contextualization, spatialization and materialization. Through the theoretical basis and the practice of constructing reduced models, used both for the study of form and structure, and for the visualization of orthogonal representations in the horizontal and vertical planes, students develop creativity, expand their repertoire and deepen knowledge of the geometric and structural systems; are thus able to present more complex, grounded and well articulated design solutions with the structural system adopted. Student projects acquire constructability and quality.

KEYWORDS: project teaching; geometric representation systems; contextualization; spatialization; materialization.

1 | INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta um método de ensino desenvolvido no âmbito da disciplina Projeto de Arquitetura III da Escola de Arquitetura e Urbanismo (EAU) da Universidade Federal Fluminense (UFF), que se apoia em conhecimentos e técnicas baseados nos sistemas geométricos de representação. Conteúdos das geometrias plana e descritiva são revistos para fomentar o desenvolvimento do raciocínio espacial dos alunos e a compreensão da organização tridimensional do espaço. Busca-se também nortear a prática de construção de volumes através de modelos reduzidos, utilizados tanto para o estudo da forma e da estrutura, como para a visualização das representações ortogonais nos planos horizontal e vertical.

O processo se desenvolve em três etapas. Na fase inicial - a contextualização – são realizados a análise do contexto, os estudos iniciais, considerando a fundamentação teórica, a ideia, o partido e experimentações, tanto em croquis como volumétricas. Na segunda etapa - a espacialização - procede-se à modelagem dos sistemas estruturais, com a aplicação de referências circulares e ações colaborativas integradas. O período da – materialização - consiste nas representações ao longo do processo de desenvolvimento do projeto, que, de modo geral, se inicia de forma analógica e é finalizado por meio digital; além dos desenhos, os alunos elaboram prancha sùmula e maquete física final cortada e aberta. Obtém-se, com esses procedimentos, soluções projetuais mais complexas, fundamentadas e com boa articulação com o sistema estrutural adotado.

O método tem como aporte teórico textos de Norberg-Schulz (2006) e Martin Heidegger, que contribuem para que os alunos compreendam o significado de pertencer a um lugar concreto (*Genius Loci*) e o sentido ampliado do habitar. Utiliza-se também o trabalho de autores como Heine Engel (2001), Hernández-Roz (2008) e Yopanan Rebello (2000), que tratam de sistemas estruturais de forma experimental e através de uma linguagem mais sintonizada com o campo da Arquitetura. Busca-se aproximar a concepção estrutural à projetual, de modo que o ato de projetar do aluno adquira simultaneamente forma pertinente e construtibilidade adequada, resultando em um projeto de excelência.

2 | CONTEXTUALIZAÇÃO

No mundo contemporâneo cada vez mais se faz presente a necessidade de se pensar a edificação em seu contexto e não mais isoladamente. Como afirma Tschumi (2005), não há arquitetura sem contexto (exceto pela utopia). Um trabalho arquitetônico está sempre localizado em um sítio. O contexto pode ser histórico, geográfico, cultural, político ou econômico. Assim o procedimento de ensino do projeto de arquitetura aqui proposto inicia-se com a observação da paisagem e do meio imediato ao terreno trabalhado e o estudo das interferências climáticas, da incidência solar e dos ventos. Este conteúdo está

contemplado na ementa da disciplina “Projeto de Arquitetura III da Escola de Arquitetura e Urbanismo (EAU) da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Analisado o contexto, os alunos têm como primeira tarefa realizar e apresentar o estudo de referências projetuais e conceituais sobre o tema do projeto (atualmente edifício multifamiliar de uso misto) e promove-se um debate em sala com análises críticas em relação aos seus aspectos funcionais, construtivos e expressivos. Os aspectos funcionais são avaliados considerando a determinação dos acessos, dos fluxos horizontais e verticais, dos compartimentos e suas aberturas, da implantação do edifício no terreno, a caracterização dos cheios e dos vazios das fachadas, a definição dos níveis e das superfícies adotadas, entre outros. Em relação aos aspectos construtivos se verifica as características do sistema estrutural (pilares, vigas e lajes), os elementos de instalações prediais em geral e os principais materiais componentes dos acabamentos. Os aspectos expressivos são observados buscando-se conhecer a intenção projetual do arquiteto e como se deu a sua materialização. Esse exercício permite uma experiência visual e, muitas vezes, sensorial, resultando na ampliação repertorial do aluno e no desenvolvimento da sua capacidade de encontrar boas respostas para problemas arquitetônicos.

A fundamentação teórica é pressuposto da disciplina; objetiva-se que os alunos desenvolvam a capacidade de referenciar o projeto de arquitetura apropriando-se de conceitos teóricos da arquitetura e do urbanismo. Dessa forma a elaboração da ideia, que norteará o projeto, é embasada de maneira consistente e é fundamental para que o aluno defina o seu partido arquitetônico e defenda o seu projeto, como aponta Maria Cristina Cabral (2018):

(...) a ideia é a intenção ou entendimento do projetista. Não a chamamos de conceito. Conceitos aqui são entendidos como desenvolvimentos teóricos de profissionais ou pensadores. Nas etapas de trabalho, a ideia deve ser associada a conceitos dos autores escolhidos como fundamentação teórica. Pelas mãos e mentes de estudantes talentosos, ideias podem transmutar-se em novos conceitos, produzindo teoria (CABRAL, 2018, p. 116).

A partir de um programa de necessidades básico oferecido pelos professores e aprimorado pelas atividades anteriores o aluno realiza o aperfeiçoamento do programa, ampliando seu repertório. Resta ainda, como informação e fonte balizadora do projeto, conhecer os parâmetros da legislação.

Com os conhecimentos até aqui adquiridos o aluno é capaz então de esboçar diagramas contendo fluxograma e a setorização no terreno. Após esta etapa, o aluno inicia seus estudos volumétricos com modelos físicos e/ou digitais.

Os alunos são incentivados a desenvolver o seu processo criativo em relação ao tema proposto, ou seja, a pensar como um arquiteto, através de etapas sucessivas, que permitem idas e vindas, uma vez que o percurso não é linear. O processo é iniciado através do que denominamos de estudo de massa: o aluno elabora uma série de desenhos em forma de diagrama, que se transformarão posteriormente em arquitetura;

nestes desenhos verifica-se a melhor orientação norte – sul, ou seja, a posição do sol da manhã e da tarde, onde serão posicionados os elementos principais do programa e em especial o *core*¹ da edificação; considera-se ainda a influência da direção dos ventos, relacionados aos conceitos de Norberg-Schulz (2006) sobre espírito do lugar². Outros aspectos que aos alunos são chamados a observar são a influência da luz no edifício e as várias possibilidades de transparências, que podem possibilitar volumes, formas e vistas extraordinárias.

Por meio de uma sequência de croquis as “manchas” adquirem traços fortes e a forma vai se delineando, caracterizando um exercício de criação que envolve a mão e a mente; este processo se constitui ao final em um único todo organizado, que foi se definindo através do desenho técnico à mão livre na fase de estudo preliminar e, na fase seguinte do anteprojeto, com a ajuda do computador para a definição de detalhes.

As oportunidades geradas pelo orientação solar, a definição das melhores vistas, as possibilidades de transparências, são dados que vão gerando e construindo o projeto em relação à paisagem e ao lugar. O estudo de massa é o momento de diálogo do aluno consigo mesmo assistido pelo professor, quando o discente procura atender às demandas do cliente (professor) levando em consideração todos os dados estudados anteriormente. Esse processo bem vivenciado, pode gerar ótimos lugares pelo significado do seu design e pela força da criatividade expressada em sua arquitetura (fig. 1).



Figura 1 – Imagens do Processo de Design - croquis que se transformam em diagramas e posteriormente em arquitetura.

Fonte: Imagens do vídeo How to Think like an Architect – The Design Process with Architect Barry Berkus AIA – B3 Architects – a Berkus design Studio. (Disponível em www.b3architects.com)

3 | ESPACIALIZAÇÃO

Nesta fase utiliza-se a modelagem arquitetônica como ferramenta do processo do ensino do projeto de arquitetura; o seu desenvolvimento baseia-se nos fundamentos dos sistemas geométricos de representação e no entendimento dos sistemas estruturais. A introdução destes conteúdos ocorre no primeiro período do curso na EAU-UFF através

1. Termo técnico para designar a área agrupada de infraestrutura e circulações verticais de pessoas e serviços – escadas, elevadores e shafts - de edifícios comerciais em altura.
2. Os referenciais teóricos deste artigo estão mais detalhadamente explicitados no item 4.

das disciplinas Sistemas Geométricos de Representação (sobre a qual trata o item 4 deste artigo) e Fundamentos para Modelagem de Sistemas Estruturais; esta se referencia no trabalho de Engel (2001) com a apresentação dos mecanismos *forma ativa*, *vetor ativo*, *massa ativa*, *superfície ativa* e *sistemas estruturais verticais*. A metodologia desenvolvida nesta disciplina por Xavier (2018) apresenta:

A metodologia compreende quatro etapas básicas no processo denominado Ensino Circular: *Entrada*, *Atividade Inicial*, *Ampliação repertorial*, *Uso e Experimentação*. Essas etapas se fazem necessárias ao aprendizado e ao sucesso do trabalho; na etapa *Entrada* temos o repertório inicial e informal do estudante, na etapa *Atividade Inicial* temos a apresentação do objeto e objetivos da ementa da disciplina e a teoria relacionada ao objeto de trabalho. Na *Ampliação Repertorial* é realizada a apresentação do tema do exercício para os sistemas estruturais por meio de vídeos, consulta a sites e pesquisas bibliográficas; na sequência é efetuada a visita ao campo - que pode ser um museu, uma instalação, etc. No *Uso e Experimentação* elabora-se uma sequência de desenhos em função do repertório adquirido a partir da teoria apresentada. Nesta etapa ocorre a realização dos diversos produtos, podendo estes serem de caráter individual, em grupo ou coletivo, em função da definição do tema e da teoria a ser experimentada (XAVIER *et al*, 2018).

Na disciplina de Projeto de Arquitetura III estes conhecimentos são revistos e aprofundados, através de vários experimentos. O processo de modelagem arquitetônica é dinâmico, não existem regras, as formas estruturais e arquitetônicas são desenvolvidas e definidas pelos próprios alunos sob orientação dos professores; o trabalho pode ser iniciado pela releitura de uma obra arquitetônica icônica ou em consonância com os desenhos e/ou croquis dos próprios alunos; essa prática faz parte do exercício tridimensional, que auxilia no entendimento e no processo de aprendizagem de projeto de arquitetura (fig.2).



Figura 2 – Maquetes desenvolvidas por alunos da disciplina Fundamentos para Modelagem de Sistemas Estruturais (EAU-UFF).

Fonte: SOUZA, Osvaldo Luiz, 2019.

Ao visualizar o produto finalizado os alunos adquirem a percepção da intrínseca relação entre a forma da edificação e o sistema estrutural definido. Além disso podem avaliar de forma concreta o resultado estético das suas escolhas. Através desta dinâmica os alunos adquirem autonomia e segurança no processo de aprendizagem (fig. 3).

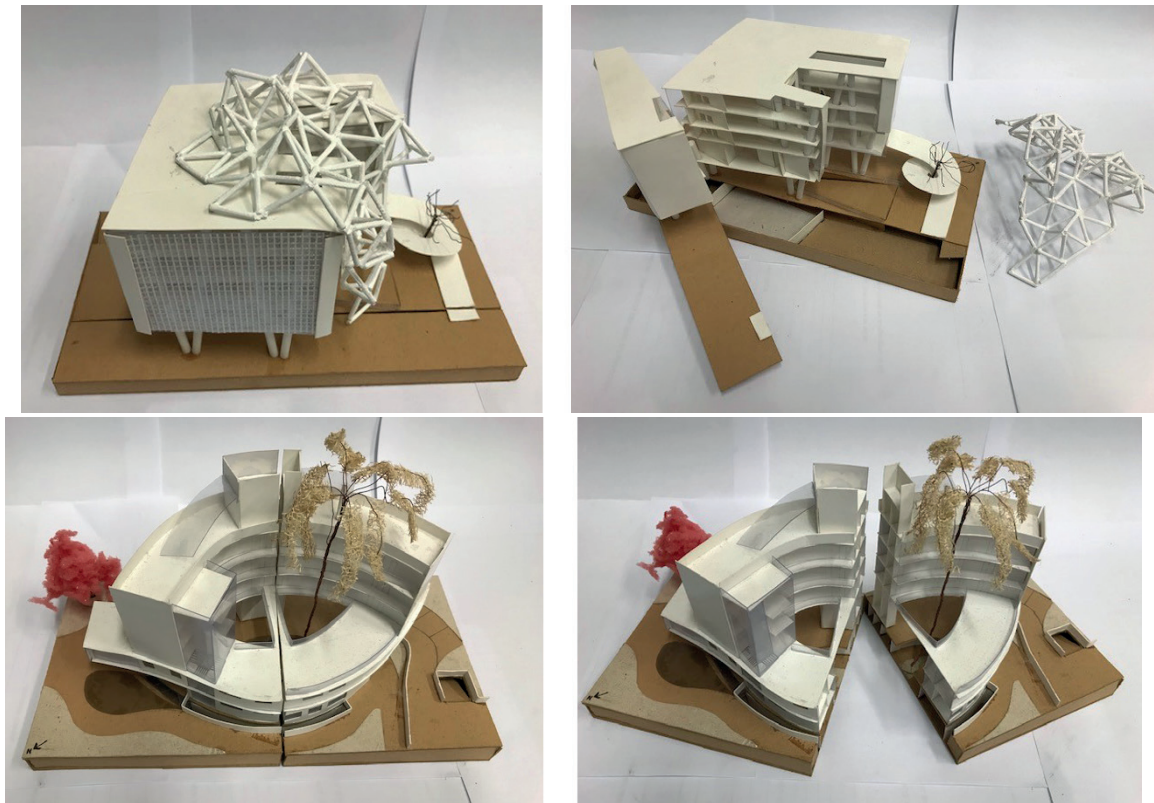


Figura 3 – Maquetes desenvolvidas por alunos da disciplina Projeto de Arquitetura III (EAU-UFF).

Fonte: XAVIER, Ivan, 2019.

Deve-se destacar que a utilização da modelagem arquitetônica não é privilégio dos estudantes de arquitetura, ao contrário, é pratica recorrente de vários escritórios de arquitetura ao redor do mundo, entre eles o de Renzo Piano, de Frank Gehry, de Bjarke Bundgaard Ingels do OMA Office Work, dos brasileiros Angelo Bucci (fig. 4) e Paulo Mendes da Rocha, que a utilizam a para o desenvolvimento dos seus projetos de arquitetura. Segundo este último (2007):

A maquete, muito simples, está realizando uma coisa que você quer ver. O diâmetro certo, a altura certa, a escala humana. Você consegue ser este personagem, ajoelha no chão para ver dentro da maquete, é muito bonito! Fecha a janela, espera de noite, tira o abajurzinho da mesa de luz e traz perto da maquete, vê os efeitos da luz (...) Você vê o tamanho das coisas, a sua proporção, vê as transparências (MENDES DA ROCHA, 2007, p. 58-59).



Figura 4 - Maquetes escritório SPBR arquitetos – Angelo Bucci

Fonte: Escritório SPBR arquitetos. (Disponível em www.spbr.arq.br)

4 | OS SISTEMAS GEOMÉTRICOS DE REPRESENTAÇÃO E SUA APLICAÇÃO EM PROJETO

A disciplina Sistemas Geométricos de Representação tem como objetivo fomentar a competência da abstração no aluno de primeiro período na EAU-UFF. São realizados exercícios que promovem noções espaciais e desenvolvem a linguagem do desenho de arquitetura; utiliza-se noções de geometria plana e descritiva (GD), a manipulação de modelo físico, além dos conceitos da Norma Brasileira de Representação 6492. Os alunos iniciam praticando o manejo dos instrumentos de desenho (esquadros, régua paralela, compasso, escalímetro, etc.). Na segunda etapa, se trabalha a ideia de múltiplas vistas do objeto a partir de figuras geométricas regulares e irregulares. As figuras são estudadas em épura, também por meio de modelo físico e do desenho de suas faces nos diferentes planos para então serem planificadas e montadas (fig. 5). A construção de modelos físicos pelo aluno facilita o entendimento, a apreensão do conteúdo e a abstração toma forma real. Para tornar o exercício de pirâmides mais interessante, as dimensões dos modelos propostos são calculadas de modo que, reunidas, formem uma única esfera (fig. 5), como se vê na imagem a seguir:

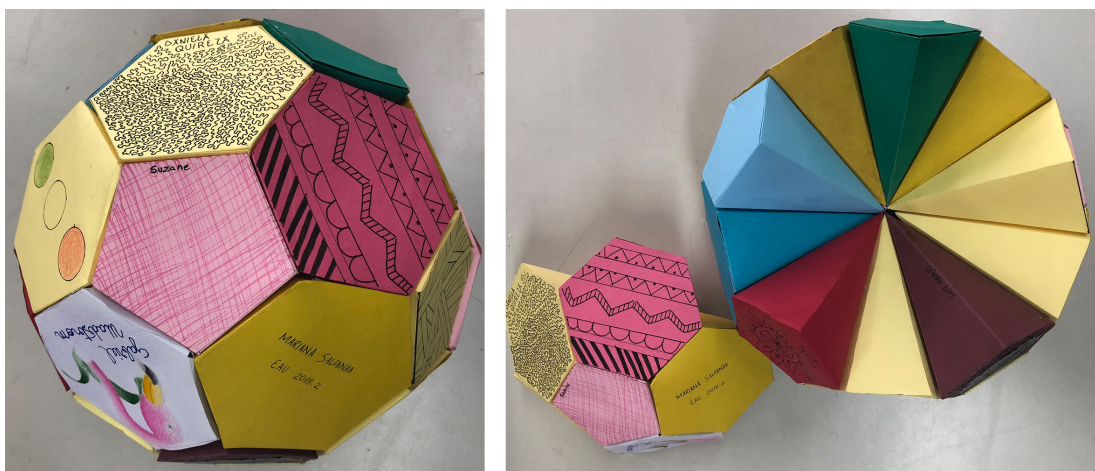


Figura 5 – Esfera composta por pirâmides regulares de base pentagonal e hexagonal

Fonte: Foto de CANTREVA, Philippe, 2018.

O processo relatado anteriormente conduz o aluno ao entendimento do que significa e para que serve rebater o objeto em diversos planos; realiza-se então o painel síntese da etapa (fig. 6), onde o objeto (uma pirâmide irregular) é estudado em épura, planificado e inserido em um contexto arquitetônico³. Desta maneira se estabelece o link entre a Geometria e a Arquitetura e o conhecimento geométrico começa a fazer sentido dentro do campo de conhecimento da Arquitetura.

3. No exercício proposto, o aluno faz uma composição livre com três pirâmides (com o formato estudado na épura) em diferentes posições, inseridas em um pequeno parque, que deve conter vegetação, caminhos e um lago.

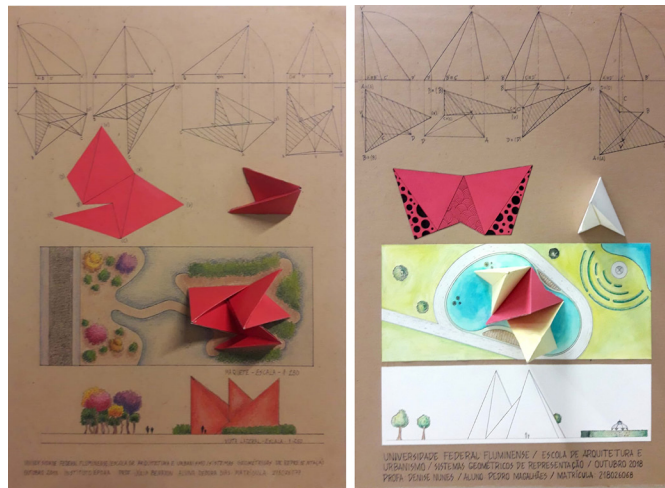


Figura 6 – Painel síntese do conteúdo de Geometria Descritiva.

Fonte: NUNES, Denise – Disciplina Sistemas Geométricos de Representação (EAU-UFF), 2019.

O conhecimento adquirido nesta disciplina de primeiro período do Curso vai possibilitar ao aluno de Projeto de Arquitetura III (de quarto período) pensar um objeto arquitetônico que ainda não existe (seu projeto), a representá-lo e aprimorá-lo cada vez mais. Verificou-se que, na etapa de espacialização do projeto, o aluno desenvolve sua ideia plenamente com criatividade e segurança, se tiver adquirido anteriormente capacidade de abstração e competência de uma representação rigorosa, o que é possibilitado pelo conteúdo dos Sistemas Geométricos de Representação.

5 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como conteúdo norteador da concepção projetual inicial e no desenvolvimento do estudo de massa, indica-se a leitura e a discussão do texto “Fenômeno do Lugar” de autoria de Norberg-Schulz (1988). Este trata da identificação do potencial fenomenológico na arquitetura como a capacidade de dar significado ao ambiente e reintroduz a antiga noção romana do *Genius Loci*, isto é, a ideia do espírito de um determinado lugar. O autor interpreta o conceito de habitar como o de estar em paz num lugar protegido; afirma ainda que isto acontece por meio de construções que reúnem as propriedades do lugar e as aproximam do homem, “logo o ato mais importante da arquitetura é compreender a *vocação do lugar*, dessa maneira, protegemos a terra e nos tornamos parte de uma totalidade compreensível” (1988). Assim, pertencer a um lugar é ter uma base de apoio existencial em um sentido cotidiano concreto. Esta teoria contribui para que os alunos compreendam de forma mais eficaz os conceitos de *identificação* e de *caráter* com o ambiente como aspectos essenciais do estar-no-mundo do homem, ajudando-os a identificar o espírito do lugar, o *Genius Loci*, no sentido de conceber e criar o que mais se adequa ao lugar, e a começar a ter o entendimento do que significa pertencer a um lugar concreto.

O texto de Martin Heidegger (1951) “Construir, Habitar, Pensar” apresenta a questão

do habitar como traço essencial do ser, onde o construir e o pensar são, cada um a seu modo, indispensáveis para o habitar. Deste maneira, como qualquer outra atividade verdadeira, habitar fundamenta o ser do homem. Destaca-se também que, habitar para Heidegger extrapola a ideia de moradia em si. Está em todo espaço, com o qual o ser humano estabelece uma relação de pertencimento; por este motivo, espaços livres, espaços de trabalho e circulação e outros devem ser estudados com a mesma atenção e profundidade que os espaços de morar. Nesta linha de pensamento procura-se mostrar aos alunos a importância do habitar para o ser humano e, portanto, o quão responsável deve ser a atividade do arquiteto.

Outra referência importante neste trabalho está na obra de Heino Engel (2001), que apresenta os principais sistemas estruturais (forma ativa, vetor ativo, massa ativa, superfície ativa e sistemas estruturais verticais), por meio da apresentação da teoria, de imagens e gráficos representativos. O autor contribui para o entendimento do comportamento dos sistemas estruturais e da sua aplicabilidade com diversos exemplos relacionados aos cinco sistemas. Os sistemas híbridos combinados com os sistemas de acoplamento são apresentados de forma clara e concisa pelo autor; a geometria e a imagem de forças das superfícies dobradas e planas, as superfícies curvadas simples em cúpula ou em sela são sintetizadas na conclusão do livro. Na disciplina Modelagem dos Sistemas Estruturais (1º período na EAU-UFF) os alunos realizam modelos referenciados às imagens e gráficos de força do autor; com esta na prática os alunos verificam a teoria e comprovam seus efeitos. Segundo Engel, o entendimento e a definição da estrutura faz com que o arquiteto outorgue existência e sustentação à forma de seu projeto, conferindo construtibilidade à sua obra.

Yopanan Rebello (2000) apresenta diversas possibilidades de concepção estrutural, de formas das seções e uma visão geral dos materiais estruturais (madeira, aço e concreto armado). O pré-dimensionamento dos diversos elementos estruturais, bem como o seu comportamento (arcos, vigas, treliças, pilar, laje, associação de cabo, viga vierendel e pilar, abóbada, cúpula, chapas dobradas, etc.) constitui contribuição relevante do livro. O autor define claramente os limites dos intervalos por meio de tabelas que ajudam o discente a entender os pontos de aplicação e de dimensionamentos máximos e mínimos. Para o aluno que está iniciando os estudos de concepção estrutural aplicada ao projeto de arquitetura, a obra de Rebello (2000) constitui referência fundamental.

A origem do tratamento científico em relação ao problema estrutural, os requisitos estruturais, a estrutura resistente e o desenho das formas estruturais das edificações e a sua complexidade são os temas tratados por Hernández-Roz (2008), que ampliam o debate sobre a intrínseca relação que deve haver entre estrutura e arquitetura. Segundo o autor “o desejo de desenhar estruturas com o menor volume possível de material conduz em geral a desenhos complexos”. O autor apresenta modelos geométricos superficiais e tridimensionais, estabelecendo as relações entre espaço e movimentos e

as suas respectivas deformações; finalmente, orienta o processo de análises, ou seja, como verificar se a estrutura e cada uma de suas partes está em equilíbrio. Esta etapa é fundamental pois instrumentaliza o sistema de modelagem com importante referencial para entendimento dos sistemas estruturais.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução desde o primeiro período do Curso de Arquitetura e Urbanismo de conceitos de sistemas estruturais e geométricos de representação por meio do método do *ensino circular*⁴ e a multiplicidade de tarefas em ambiente de ações colaborativas embasadas nos referências teóricos, estimulam o aprendizado de forma gradativa e eficaz.

A experiência e a liberdade com que os exercícios são realizados resultam em um ambiente propício para o aluno descobrir e desenvolver seu potencial criativo por diferentes formas de experimentação em cada etapa. A apresentação final dos trabalhos e maquetes evidencia o desenvolvimento dos estudantes em relação à criatividade, ampliação do seu repertório e assimilação dos conhecimentos dos sistemas geométricos e estruturais. A resistência em relação ao desafio do aprendizado dos sistemas estruturais é superada com a diversidade vivenciada em sala de aula e em campo, associada à experiência da modelagem e da aplicação dos conceitos oriundos da geometria. As dificuldades iniciais desaparecem e a circularidade dos processos possibilita novas descobertas e talentos. Debruçados sobre o ato da repetição e experimentação com materiais diversificados, a experiência gera conhecimento, motivação e projetos de excelência.

Os resultados verificados até o momento apontam para a conclusão de que o processo de geração da forma arquitetônica se torna mais consciente e seguro quando o aluno compreende simultaneamente o comportamento do conjunto das forças estruturais e testa as formas geradas ou possíveis através da utilização de conteúdos dos sistemas geométricos de representação e da realização de maquetes e modelos tridimensionais. Este conjunto de experiências propicia construtibilidade e qualidade aos projetos dos alunos.

REFERÊNCIAS

BOXWELL, Robert. **Benchmarking for a competitive advantage**. Portland, Or: Book News, Inc., 1994.

CABRAL, Maria Cristina. **O problema da ideia. Manifesto pela qualidade da Arquitetura contemporânea** in. FONTES, A. S. REGO, A. Q. e FEFERMAN, C. Reflexões sobre o ensino integrado do projeto de Arquitetura. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Rio Books, 2018.

ENGEL, Heino. **Sistemas estruturais**. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, S.A, 2001.

4. Ver XAVIER, Ivan S. de Lima; CANTREVA, Philippe; MARINS, Igor. The importance of circular references. Milão: Book of Abstracts - 18TH International Conference on Geometry and Graphics, 2018.

HEIDEGGER, Martin. **Construir, habitar, pensar**, in Ensaios e conferências, tradução de Marcia Sá Cavalcante Schuback, Petrópolis: Ed. Vozes, 2001.

HERNÁNDEZ-ROZ, Ricardo Aroca. **Que es estrutura?** Instituto Juan de Herrera. Madri: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Cuaderno 60.01 / 1-16-08, 1999.

HILSON, Barry. **Basic Structural Behavior: Understanding from Models**. London: Thomas Telford, 1993.

MACLEOD, Virginia. **Detalhes construtivos da arquitetura residencial contemporânea**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2009.

NORBERG-SCHULZ Christian. **Architecture: Meaning and Place, Selected Essays**. New York: Ed. Rizzoli, 1988.

ROCHA, Paulo Mendes da. **Maquetes de papel**. São Paulo: ed. Cosac Naify, 2007.

PERRONE, Rafael A. Cunha e VARGAS, Heliana Comin. **Fundamentos de Projeto: Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo: Ed. USP, 2014.

NORBERG-SCHULZ, Christian. **O Fenômeno do lugar**. In: NESBITT, Kate (org.). Uma Nova Agenda para a Arquitetura. Antologia Teórica 1965-1995. São Paulo: Ed. Cosac Naify, 2006.

REBELLO, Yopanan. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Ed. Zicurate, 2000.

SENNET, Richard. **O artífice**. Trad. de Clóvis Marques. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Record, 2012.

TSCHUMI, Bernard. **Event-cities 3: concept vs. context vs. content**. Cambridge: MIT, 2005.

XAVIER, Ivan Silvio de Lima; CANTREVA, Philipe; MARINS, Igor. **The importance of circular references**. Milão: Book of Abstracts - 18TH International Conference on Geometry and Graphics, 2018.

MAIS COM MENOS – CRIANDO CALIGRAMAS A PARTIR DE CONCEITOS MATEMÁTICOS

Data de aceite: 01/07/2020

Marlon Amorim Tenório

<http://lattes.cnpq.br/8791974658203032>

RESUMO: O objetivo deste trabalho é apresentar conceitos matemáticos a partir de um recurso visual chamado caligrama. Será abordado o processo criativo envolvido, desde a escolha do tema/conceito até a sua finalização. Como procedimento metodológico, conceitos matemáticos são adotados e relacionados a símbolos. Em seguida, são criadas composições minimalistas e sintéticas que resultam em identidades visuais para os conceitos iniciais. Embora o ponto de partida tenha sido a Matemática, conclui-se que a metodologia adotada pode ser aplicada a outras disciplinas.

PALAVRAS-CHAVE: caligrama; design; matemática; educação.

ABSTRACT: This work aims to present mathematical concepts using a visual resource called caligrama. To this, the creative process is explained from the choice of the theme/concept to the finalizing the caligrama design. As a methodological procedure, mathematical

concepts are adopted and related to symbols. Then, minimalist and synthetic compositions are created, resulting in visual identities for the initial concepts. Although Mathematics has been the starting point, it is concluded that the methodology adopted can be applied to other disciplines.

KEYWORDS: caligram; design; mathematics; education.

1 | INTRODUÇÃO

Muitos conceitos matemáticos se utilizam de símbolos para representá-los. Pode-se definir símbolo como sendo um “elemento (objeto, palavra, gesto etc.) que representa outra coisa, seja por possuir algum tipo de semelhança com a mesma, seja por alguma outra característica que une de certa forma o signo e a coisa que simboliza” (VILLELA, 2010).

A partir da observação dos símbolos da matemática e das palavras utilizadas para nomear os conceitos, propõe-se a criação de caligramas, que são textos cujas linhas ou caracteres gráficos formam uma figura relacionada com o conteúdo ou a mensagem do texto. “Os caligramas, em geral, possibilitam

vários percursos de leitura, cabendo ao leitor fazer os seus, assim como recuperar aqueles que o texto sugere.” (FALEIROS, p.38, 2005). Com o intuito pedagógico de tornar a imagem um reforço da mensagem do texto, este trabalho apresenta os resultados da investigação das possibilidades criativas de associação entre conceitos, nomes e símbolos matemáticos.

2 | DESENVOLVIMENTO

Na condição de *designer*, foi possível conceber a possibilidade de apresentar um conceito, que muitas vezes é uma ideia abstrata, através da palavra escrita. E por que a palavra? Porque o intuito é preservar a associação de um conceito a um recurso não figurativo, inspirando-se no que versa McCloud (1995) sobre o “caminhar”, que parte do figurativo até a mais abstrata das representações, com o uso de letras e palavras. Na arte, a palavra vai aparecer no universo da literatura, com seus “subconjuntos”: a prosa, a poesia, o conto, o romance. No “subconjunto” da poesia, a poesia concreta atendeu a esta proposta de síntese, buscando uma forma não convencional de apresentar o texto. Aqui a forma tem tanto poder quanto o conteúdo e os caligramas são ótimos recursos para casar palavra e imagem.

Em uma experiência anterior de criação de caligramas (disponível em (<http://minimalthconcepts.tumblr.com/>)), considerando a universalidade do idioma e o fato de que as palavras escolhidas guardavam alguma relação com a língua portuguesa (são bons cognatos). Todavia, o português é nosso idioma e criar caligramas na língua portuguesa foi um novo desafio. A produção em língua portuguesa foi apresentada no II Simpósio da Formação do Professor de Matemática da Região Sudeste, realizado na Universidade de São Paulo (USP), entre os dias 30/11 e 02/12/2018.

Como este trabalho está inserido em um contexto educacional e pedagógico, foram selecionados conceitos matemáticos. O procedimento metodológico adotado para a estruturação dos caligramas está organizado em três etapas, descritas a seguir.

O primeiro passo para a criação de um caligrama matemático é a escolha de um conceito ou ideia matemática. Este conceito possui um nome que o batiza. A experiência inicial utilizou o nome em inglês por considerar a universalidade do idioma. Posteriormente foi feita uma versão do trabalho para a língua portuguesa.

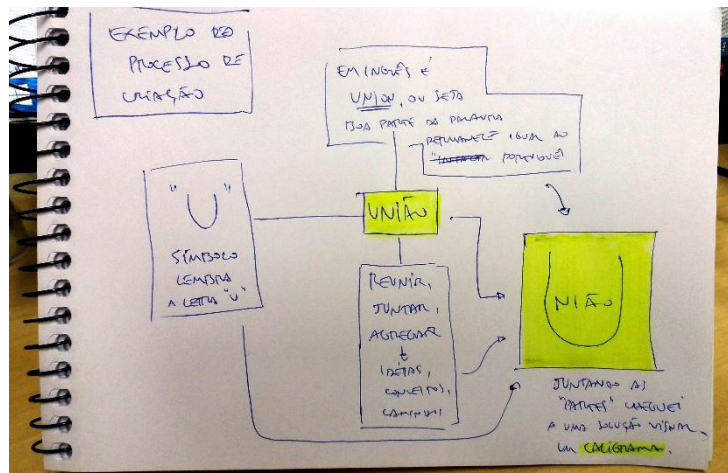


Figura 1. Processo criativo de construção de um caligrama

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a escolha do conceito e seu respectivo nome, o próximo passo é relacioná-los a um símbolo. Na ausência de um símbolo, buscam-se outros elementos que mantenham alguma ligação com o conceito estudado.

O terceiro passo é experimentar relações entre o nome e o símbolo (ou elementos) e o conceito escolhido. Um dos caminhos, por exemplo, é substituir alguma letra do nome pelo símbolo associado ao significado. Em outros casos, uma disposição das letras do nome é suficiente para passar a ideia desejada.

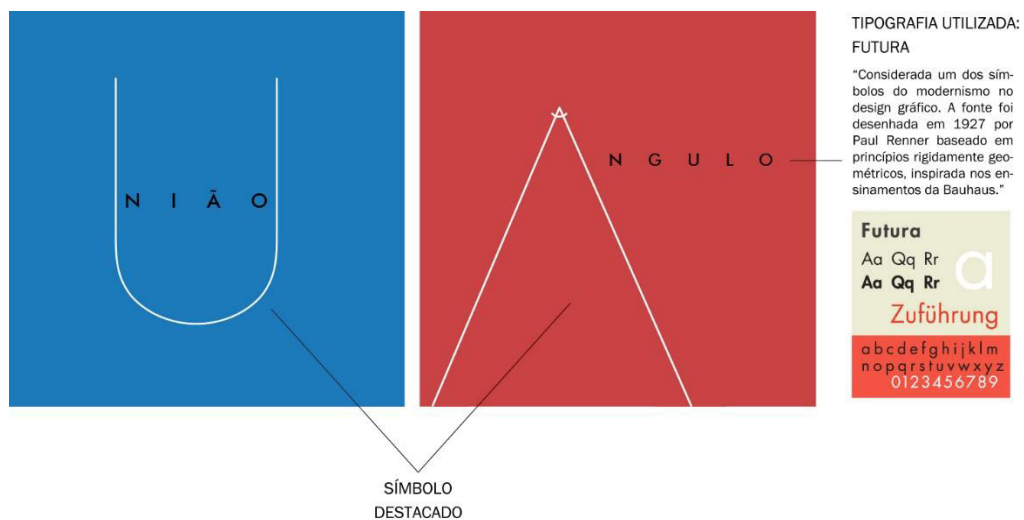


Figura 2. "Anatomia" do caligrama

Fonte: Elaborado pelo autor.

3 | CONCLUSÃO

Os caligramas obtidos são composições minimalistas e sintéticas com algumas características que compõem a identidade visual dos mesmos. A criação dos caligramas foi feita usando programas de edição gráfica, isto é, sua execução foi digital. Para a

MATERIAL DIDÁTICO ADAPTADO NO ENSINO DE CIÊNCIAS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 26/03/2020

Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

<http://lattes.cnpq.br/4503060301357142>

Andrea Faria Andrade

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

<http://lattes.cnpq.br/2344081706824072>

Fernanda Dal Pasqual

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

feerdal30@gmail.com

RESUMO: Com a inclusão de alunos com deficiência visual no ensino regular, a produção de materiais didáticos adaptados torna-se um fator de extrema importância para o ensino/aprendizagem. O presente trabalho tem como objetivo produzir um material didático tátil para a utilização nas aulas de Ciências em turmas regulares do ensino fundamental com alunos deficientes visuais inclusos. Após entrevistas e estudos teóricos, foram produzidos materiais didáticos por meio da modelagem 3D e da prototipagem rápida. Os testes iniciais apontam

que os materiais desenvolvidos, auxiliam o professor e favorecem o processo de ensino-aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

PALAVRAS-CHAVE: Deficiência Visual; Material Didático; Modelagem 3D; Prototipagem Rápida.

TEACHING MATERIAL ADAPTED IN SCIENCE EDUCATION FOR PEOPLE WITH VISUAL DISABILITIES

ABSTRACT: With the inclusion of students with visual impairment in regular education, the production of adapted didactic materials becomes an extremely important factor for teaching / learning. The present work aims to produce a tactile didactic material for use in Science classes in regular classes of elementary school with visual deficient students included. After interviews and theoretical studies, didactic materials were produced through 3D modeling and rapid prototyping. The initial tests indicate that the materials developed, help the teacher and favor the teaching-learning process of people with visual impairment.

KEYWORDS: Visual Deficiency, Didactic Material, 3D Modeling, Rapid Prototyping.

1 | INTRODUÇÃO

A sociedade vive em um mundo onde a visão é amplamente usada para a comunicação, a interação e o conhecimento. Sendo assim, essa questão é fortemente refletida no ensino. Para pessoas com deficiência visual, a busca por um ensino inclusivo ainda possui muitos pontos a serem melhorados.

Segundo Fernandes e Orrico (2011), a acessibilidade é a possibilidade da pessoa com deficiência utilizar com autonomia e segurança os espaços e os artefatos culturais. Neste sentido, a acessibilidade ao currículo é fundamental para o estudante com deficiência visual e um de seus canais de recepção é o tato.

“É importante que o significado das palavras e objetos, já estejam constituídos no pensamento do aluno cego e, para que isto ocorra, é necessário que o educando tenha um contato com o objeto concreto, desta forma, ele poderá construir seu pensamento” (FERNANDES et al., 2012).

Acessibilidade vai além de tornar os ambientes físicos aptos para pessoas com deficiência, no caso dos deficientes visuais, vai muito além, é uma palavra que abrange muitos sentidos, inclusive possibilitar e trazer condições para o conhecimento e satisfação pessoal dos seres humanos com essa limitação. Com isso, pode-se dizer que o conhecimento não precisa ser limitado a leitura, no caso do braille, mas também trazer meios táteis para a análise de imagens, assim como, o ensino de pessoas com visão normal, onde os materiais didáticos são cheios de ilustrações e demonstrações visuais.

Os alunos com deficiência visual, cegos ou com visão subnormal, compõe um grupo que necessita de alguns recursos didáticos e adaptações curriculares para que possam participar ativamente do processo de ensino e aprendizagem. Apesar dos esforços realizados para a capacitação dos professores do ensino regular, a realidade educacional brasileira aponta lacunas e graves problemas no processo de inclusão de alunos com deficiências visuais. (OLIVEIRA, ROSA e OLIVEIRA, 2006)

O objetivo deste trabalho é criar um material didático tátil para a utilização nas aulas de Ciências em turmas regulares do ensino fundamental com alunos deficientes visuais inclusos. O conteúdo apontado pelos profissionais da educação responsáveis pela sala de recursos para o desenvolvimento deste trabalho foi Citologia. Após entrevistas e estudos teóricos, foram produzidos materiais didáticos através da modelagem 3D e da prototipagem rápida.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A deficiência visual

A deficiência visual é o comprometimento parcial (de 40 a 60%) ou total da visão, não

caracterizado pelas doenças de visão que podem ser corrigidas com lentes ou por meio de cirurgias. A deficiência visual é caracterizada por dois grupos de pessoas, nos quais são, incluídos os cegos e os de visão subnormal ou reduzida, com perda de percepção luminosa. “Um indivíduo é considerado com baixa visão quando apresenta desde a capacidade de perceber luminosidade até o grau em que a deficiência visual interfira ou limite seu desempenho” (JORGE, 2010).

Ainda para Jorge (2010), a escala oftalmológica que delimita o grupo de deficientes visuais, divide-se em duas, sendo elas: acuidade visual, que diz respeito à capacidade do olho distinguir detalhes espaciais (identificar contornos e formas) e, campo visual, que é a área que o olho pode alcançar ao seu redor, ou seja, a noção espacial. Os portadores de deficiência visual podem nascer com problemas de visão ou adquirir durante a vida, independentemente da idade. Existe a cegueira congênita, que vem desde o nascimento, devido à má formação ou a alguma doença adquirida pela mãe na gestação e, à cegueira adquirida, onde a pessoa pode, como o nome já diz, adquirir a deficiência visual por meio de acidente ou causas orgânicas.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, atualmente, no mundo, existem 45 milhões de pessoas cegas e 135 milhões com baixa visão. No Brasil, conforme o Censo de 2010, existem mais de 35 milhões de pessoas com deficiência visual. Desse total, 506.377 são cegos, 5.056.533 têm grande dificuldade para enxergar e 29.211.482, têm algum tipo de dificuldade para enxergar (Medeiros *et al.*, 2014, *apud* Sociedade Brasileira de Oftalmologia).

2.2 Produção de material didático adaptável para deficientes visuais

Segundo Sá, Campos e Silva (2007), os professores que têm estudantes com deficiência visual devem buscar estratégias e atividades pedagógicas que atendam às necessidades de todos e, de cada estudante em específico, possibilitando a interação entre eles. Os materiais didáticos podem auxiliar no ensino e na aprendizagem de estudantes com deficiência visual, uma vez que eles estimulam os sentidos remanescentes e também a relação deles com os colegas.

Ventura, Santos e César (2010), também defendem a importância da implementação de práticas de trabalho colaborativo. A interação entre os alunos normovisuais e com deficiência visual, será importante para ambos, pois necessitam adaptar suas formas de comunicação:

O aluno dito normovisual sente a necessidade de comunicar oralmente o seu raciocínio e de explicar qualquer desenho ou esquema que pretenda realizar. Esta atitude torna-se, também, uma mais-valia para o aluno dito normovisual, já que lhe permite desenvolver a capacidade de comunicar matematicamente, de argumentar de forma sustentada, de organizar o raciocínio, bem como, lhe exige um grande domínio da terminologia específica desta disciplina. O aluno cego procura, também, explicar ao colega a forma como procura resolver a tarefa, já que esta não está, muitas vezes, acessível aos colegas restantes, que não dominam, com velocidade de leitura, a grafia Braille ou algumas das

características dos materiais tecnológicos a que os cegos recorrem, em aula. Esta situação exige, por parte do aluno cego, também uma grande organização do raciocínio, já que este dificilmente pode se apoiar em esquemas ou desenhos, bastante rigor na utilização da terminologia matemática e capacidade de argumentação e de perceber, pela entoação do colega, pelos silêncios, se ele está a acompanhar a sua estratégia de resolução, ou não. (VENTURA; SANTOS; CÉSAR, 2010)

No trabalho de Aguiar *et al.* (2018a), foi desenvolvido um jogo de dominó, com a intenção de facilitar o ensino do conteúdo frações e também promover maior interação entre as crianças normovisuais (que não apresentam deficiência visual) e as com deficiência visual. Durante a fase de testes com o material, observou-se que a produção de material didático tátil favorece o processo de ensino-aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

No trabalho de Aguiar *et al.* (2018b), foi criado um “mapa tátil” do Sistema Solar, atendendo as necessidades citadas por profissionais responsáveis pelas salas de recursos. A ideia do trabalho é possibilitar a análise de posição e diferenciação de tamanho dos planetas em uma representação do Sistema Solar. O material foi desenvolvido para atender alunos com baixa visão, alunos com cegueira total e alunos normovisuais.

O trabalho de Monteiro (2018), apresentou uma pesquisa de símbolos com o objetivo de criar uma padronização nos mapas táteis para o ensino de Geografia, testes foram realizados com estudantes com deficiência visual, onde os símbolos pictóricos e abstratos puderam ser testados em ambiente escolar por meio de um mapa do Brasil e seu setor agropecuário. Os mapas foram produzidos a partir do processo de modelagem 3D e de prototipagem rápida, método que facilita a reprodução e a durabilidade do material.

Para Bastos (2011), o uso de recursos didáticos no ensino de células animal e vegetal apresenta suas vantagens, pois melhora a participação dos alunos aumentando o interesse pelo conteúdo e, a interação dentro de sala de aula, principalmente se o uso de maquetes for após uma aula expositiva, pois a conceituação deve ser feita antes da utilização ou elaboração do material.

A utilização de recursos didáticos é de grande importância para o desenvolvimento cognitivo da criança e, proporciona, ainda, ao aluno, a oportunidade de aprender realmente o conteúdo de determinada disciplina de modo mais efetivo (SOUZA, 2008, *apud* BASTOS, 2011, p.4).

2.3 Desenvolvimento do trabalho

Este trabalho faz parte do Projeto de Extensão Universitária, denominado “Produção de material didático para o processo de ensino-aprendizagem por meio do desenho universal.” O projeto conta com a participação de estudantes, de docentes e de pesquisadores da Universidade Federal do Paraná, além da colaboração de entidades externas, como empresas e instituições de ensino ligadas e com necessidade de pesquisa e/ou produção de material didático para o ensino de pessoas com deficiência visual.

O presente trabalho foi dividido em quatro etapas, definidas a seguir: pesquisa para embasamento teórico e informativo, com coleta de dados; modelagem do conteúdo selecionado; impressão do modelo; e testes do material produzido.

Ao analisar os dados sobre a produção de material didático adaptável e definir possibilidades dentro do seguimento de linha de produção que envolve outros trabalhos também relacionados ao Projeto de Extensão do qual esse trabalho faz parte e, após entrevista com profissionais responsáveis pela sala de Recursos Multifuncionais da Escola Estadual Dom Pedro II, sobre a importância da produção de materiais didáticos adaptáveis dentro da disciplina de Ciências no ensino regular, verificou-se a necessidade da confecção de um material didático adaptado para o conteúdo de Biologia Celular e, dessa forma, facilitar a representação e a compreensão dos alunos com deficiência visual sobre o tema.

Surgiu, então, a ideia de possibilitar ao aluno com deficiência visual o contato direto com um material concreto para a representação de células no ensino-aprendizagem da Biologia Celular.

2.4 Célula animal

A célula é a unidade estrutural e funcional de todos os seres vivos, sendo o mais baixo nível de organização biológica onde se manifestam todas as propriedades da vida. No século XX, a invenção do microscópio eletrônico com um poder de resolução de até 600.000 mil vezes, juntamente com os avanços da Bioquímica, Biofísica, Imunologia, Fisiologia e Genética, contribuíram para um conhecimento bastante aprofundado de todos os processos celulares, bem como, sua estrutura interior e composição molecular (BRITO, 1999).

Segundo Maia (2016), a célula animal é constituída por uma Membrana Plasmática, um Citoplasma e um Núcleo. Elas também apresentam algumas Organelas, sendo elas a Mitocôndria, Retículo Endoplasmático Liso e Rugoso, Lisossomos e o Complexo de Golgi. A célula no todo possui inúmeros elementos, porém em sua representação mais simples e mais usada, esses são os elementos que a compõe, conforme indicado na Figura 1.

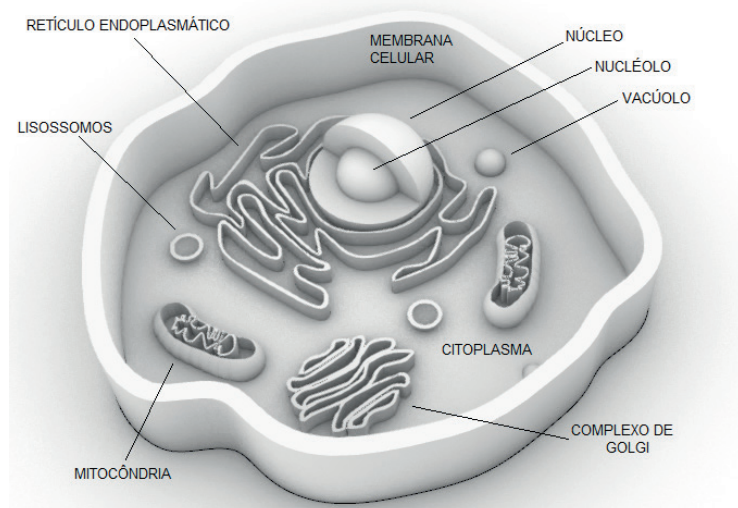


Figura 1 – Célula Animal

Fonte: Os autores (2018)

2.5 Modelagem 3D

Este tópico de desenvolvimento apresenta as principais informações sobre a produção do material didático, desde a criação de sua primeira ideia, de testes, de mudanças, até seu desenvolvimento final. A modelagem do conteúdo Biologia Celular foi desenvolvida em etapas, desde a sua ideia central, até o desenvolvimento do último protótipo. Isso se deu pois, no processo de modelagem, novos refinamentos tiveram que ser realizados e melhorados, até se chegar em seu modelo fiel para a impressão final.

O *Software* escolhido para a modelagem da célula animal foi o *Rhinceros*. Ele é especializado em modelagem 3D e possui recursos que permitem a modelagem em três dimensões, desde as mais complexas formas orgânicas e geométricas, com extrema precisão e com o uso de *plug-ins* que permitem a renderização de imagens foto realistas.

Após um conjunto de testes iniciais, entrevistas com professores e com alunos e, algumas adaptações, foi definido que deveria ser confeccionada uma placa para ser utilizada como legenda e, uma impressão da célula, ambas separadas. Na confecção da placa, os elementos da célula foram posicionados verticalmente na lateral esquerda e, suas legendas, alinhadas logo à direita do elemento. Para facilitar a relação dos elementos internos da célula com os elementos adicionados à placa, cada elemento da célula foi copiado em escala reduzida para que os elementos estivessem ao lado do seu nome em Braille. A escrita do nome dos elementos em alfabeto tradicional em baixo relevo também foi adicionada à placa, pois o material didático produzido neste trabalho, deve servir de apoio para todos os estudantes (com baixa visão, com cegueira total e normovisuais). Na Figura 2, pode ser observada a modelagem da placa (legenda).

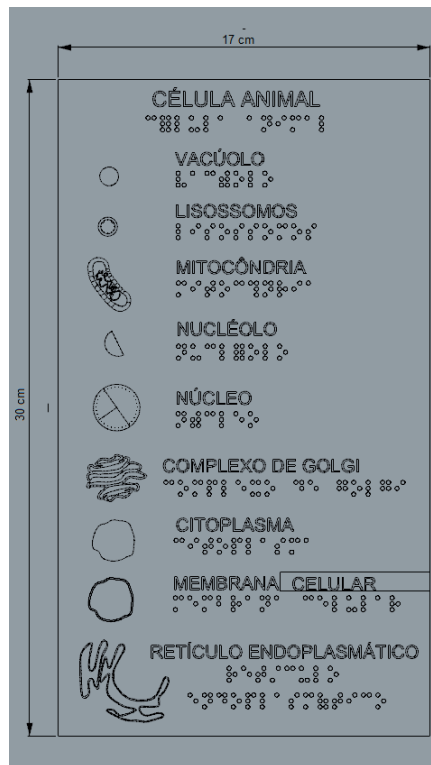


Figura 2 – Modelagem da Legenda

Fonte: Os autores (2018)

Na Figura 3, pode-se observar a modelagem da legenda em perspectiva.



Figura 3 – Legenda em Perspectiva

Fonte: Os autores (2018)

Na Figura 4, podem ser observadas as medidas da modelagem da célula (imagem da esquerda) e a célula em perspectiva (imagem da direita).

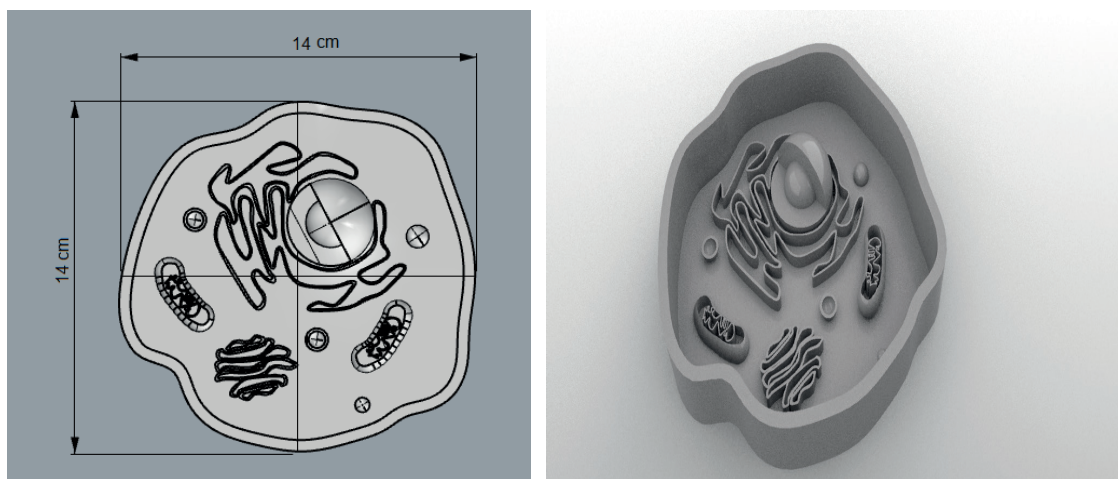


Figura 4 – Célula
Fonte: Os autores (2018)

2.6 Prototipagem

Após a conclusão da modelagem, inicia-se a etapa da prototipagem rápida, onde o que foi modelado, será impresso, transformando a modelagem 3D em objetos físicos táteis e de possível acesso aos alunos com deficiência visual.

A impressão foi realizada na Impressora 3D *Cloner*, no Laboratório de Modelagem e Prototipagem (LAMP) da UFPR. A impressora 3D *Cloner* utiliza a tecnologia de fabricação aditiva conhecida como FDM (Fusão e Deposição de Material). A fabricação usa como matéria prima um rolo de filamento de termoplástico que é aquecido em um bico de extrusão. O material é extrudado sobre uma base em posições determinadas pelo *software* da impressora. Então o que foi modelado torna-se um objeto em várias camadas horizontais sobrepostas. Dentre as tecnologias de impressão 3D, a fabricação aditiva é a que apresenta o melhor custo/benefício. O material do filamento para impressão utilizado foi o PLA (Poliácido Láctico).

2.7 Testes do material produzido

O material foi apresentado aos estudantes e aos professores e, após, foi realizada uma análise/teste de seu funcionamento e dos benefícios que ele poderia trazer ao processo de ensino-aprendizagem.

Os participantes dos testes são alunos com deficiência visual, de ensino fundamental e médio, com média de idade de 13 a 18 anos. Com o acompanhamento dos professores responsáveis, os alunos fizeram a análise do material individualmente, enquanto iam, simultaneamente, respondendo perguntas por meio de um questionário, elaborado previamente. Ao todo, 5 alunos e 2 professores participaram dos testes.

A Tabela 1 apresenta algumas informações sobre os alunos participantes dos testes.

Aluno	Idade (anos)	Série	Condição
1	13	8º Ano	Baixa Visão
2	16	7º Ano	Baixa Visão
3	18	3º Ensino Médio	Baixa Visão
4	18	Ensino Superior	Cegueira Total
5	18	Ensino Superior	Cegueira Total

Tabela 1 – Dados dos Estudantes Participantes

Fonte: Os autores.

As perguntas aplicadas nos testes foram separadas em duas fases. Na primeira fase, as perguntas eram sobre a identificação do material, ou seja, se as palavras em Braille estavam legíveis, se era possível identificar a diferença no formato dos elementos dispostos na célula e, se conforme a relação da legenda com os componentes dentro da célula, eles conseguiriam identificar cada um deles.

Na segunda fase, o questionário procurava saber sobre a importância do material no ensino-aprendizagem. Onde as perguntas foram:

- Você achou que este material te ajudou para um maior entendimento de como é composta e representada uma célula?
- Você acha que este material agrega no ensino-aprendizagem de Biologia Celular na disciplina de Ciências?

Na Figura 5, pode-se observar um dos testes realizados.



Figura 5 – Teste do Material

Fonte: Os autores (2018)

Um dos problemas citados durante a execução dos testes, foi o problema na

impressão em Braille, que se torna, em alguns casos, áspero. Porém de um modo geral, não atrapalhou no entendimento da leitura do conteúdo, apenas de acordo com os alunos entrevistados, não fica tão confortável para a leitura, podendo ser reparado de alguma forma, posteriormente.

De modo geral, as respostas da entrevista dos alunos participantes dos testes foram positivas, podendo, com pequenos ajustes, fazer uso do material produzido como um material de apoio, facilitando o ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual.

Além dos alunos, os professores responsáveis ofereceram opiniões sobre a produção dos materiais, apontando alguns elementos a serem melhorados para trabalhos futuros. Uma ideia apontada é a mudança de cor da placa de legenda para a cor branca, para que possibilite que as palavras escritas em baixo relevo possam ser pintadas com uma cor escura, como preto, por exemplo, possibilitando assim, o estudo da legenda, não somente para quem entenda Braille, mas também para alunos com baixa visão. Dentro dessa mesma visão do uso das cores, surgiu a ideia de pintar cada elemento da célula de uma cor, assim como é feita na representação da imagem em livros didáticos, tornando assim, o material mais interativo.

3 | CONCLUSÃO

Conforme as experiências vivenciadas ao longo desse trabalho, notou-se que a utilização de materiais didáticos adaptáveis contribui significativamente no processo de ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual, possibilitando um contato direto dos estudantes com materiais concretos e proporcionando análises de representações de imagens, que antes ficavam apenas na imaginação.

Com o desenvolvimento do trabalho, foi possível perceber que a modelagem 3D e a prototipagem rápida são fortes aliados na produção de materiais didáticos táteis. Possuem diversas possibilidades de criação de formas e flexibilidade no momento de efetuar alterações. Também são vantajosas pela durabilidade do material produzido e, pela capacidade de através de um único modelo, fazer a produção em larga escala.

Trabalhos como esse, abrem caminhos para a busca de parcerias para a produção de materiais didáticos adaptados em diversas áreas do conhecimento, possibilitando uma infinidade de conteúdos que podem ser modelados e prototipados, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem de alunos com deficiência visual.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos alunos com deficiência visual por participarem dos testes e por suas contribuições para a melhoria deste trabalho. Às pessoas ligadas e responsáveis ao LAMP, aos profissionais do Instituto Paranaense de Cegos e da Escola Dom Pedro II, que

possibilitaram colocar em prática este projeto e, ofereceram seus conhecimentos para a melhoria dele.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins; ANDRADE, Andrea Faria; AGUIAR, Giancarlo de França; CODEN, Quelen Silveira (a) **Production of Didactic Material for the Visually Impaired in Mathematics Teaching**. In: 4º CONGRESSO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINAR PHI 2018: MODERNIDADE: FRONTEIRAS E REVOLUÇÕES, 2018, Ponta Delgada - S. Miguel, Açores, Modernity, Frontiers and Revolutions, p. 221-226, 2018.

AGUIAR, Bárbara de Cássia Xavier Cassins; ANDRADE, Andrea Faria; AGUIAR, Giancarlo de França; CODEN, Quelen Silveira (b) **Production of Didactic Material for Visually Impaired Children in Science Teaching**. In: 4º CONGRESSO INTERNACIONAL MULTIDISCIPLINAR PHI 2018: MODERNIDADE: FRONTEIRAS E REVOLUÇÕES, 2018, Ponta Delgada - S. Miguel, Açores, Modernity, Frontiers and Revolutions, 2018. p. 215-220.

BASTOS, Keine Maria de; FARIA, Joana Cristina Neves de Menezes. **Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula animal e vegetal, um estudo de caso**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.13, p. 1867, 2011.

BRITO, Elias Avancine, et. al. **Biologia**: volume único. 1. ed. São Paulo: Moderna, 1999.

FERNANDES, Edicléa; ORRICO, Helio. **Acessibilidade e inclusão social**. Rio de Janeiro: Deescubra. 2011.

FERNANDES, Edicleia Mascarenhas; ANDRADE, Cristiano Cezar dos Santos; SOUZA, Simone Caires. **Estratégias Pedagógicas Tutoriais para Acompanhamento de Alunos com Deficiência Visual do Consórcio CEDERJ**. Anais do III Seminário sobre Inclusão no Ensino Superior O estudante cego e surdo-cego (SIES). UEL, 2012.

JORGE, Viviane. **Recursos didáticos no Ensino de Ciências para alunos com deficiência visual no Instituto Benjamin Constant**. Rio de Janeiro. p 1-34, 2010.

MAIA, Sheila Fernandes Tavares. **A Contribuição do Software Educacional Célula no Conteúdo de Citologia na 1ª Série do Ensino Médio a Luz da Teoria da Aprendizagem Significativa**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Roraima, MPEC, Boa Vista, 2016.

MEDEIROS, Ivan Luiz de; Pupo, Regiane; Kegler, Alexandre José Muller; Braviano, Gilson. **Prototipagem Rápida e Design de Produto Assistivo**. 11º P&D Design, Blucher Design Proceedings, n. 4, v. 1, Nov. 2014.

MONTEIRO, Caroline. **Cartografia tátil utilizando a prototipagem rápida: um estudo sobre a padronização de símbolos para o mapeamento temático no ensino da geografia**. UFPR, Curitiba: 2018.

OLIVEIRA, A.M.; ROSA, A. C.; OLIVEIRA, F. I. W. **A Inclusão de alunos deficientes Visuais na rede pública de Marília: algumas experiências na educação infantil, no ensino fundamental e médio**. In: Jornada de Educação Especial, 2006, Marília. Anais da Jornada de Educação Especial, 2006.

SÁ, Elizabet Dias de; CAMPOS, Izilda. Maria; SILVA, Myriam Beatriz Campolina. **Atendimento educacional especializado: deficiência visual**. SEESP / SEED / MEC Brasília, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ae_dv.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016.

VENTURA, C.; SANTOS, N.; CÉSAR, M. **Comunicar sem ver: um estudo sobre formas de comunicação com alunos cegos em aulas de matemática**. 2010. Disponível em: <http://spiem.pt/DOCS/ATAS_ENCONTROS/2010/2010_07_CVentura.pdf>. Acesso em 10 dez.2017.

MODELAGEM 3D E PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA PRODUÇÃO DE JOIAS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 26/03/2020

Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

<http://lattes.cnpq.br/4503060301357142>

Giancarlo de França Aguiar

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

<http://lattes.cnpq.br/6186868500737410>

Eduardo Augusto Goldbach

Universidade Federal do Paraná

Curitiba- PR

dudugoldbach@hotmail.com

RESUMO: O mercado de joias tem apresentado mudanças nas últimas décadas e atualmente a diversidade de estilos que o compõem é ampla. Essa variedade trouxe uma ampliação cultural e de repertório para o segmento joalheiro, possibilitando a introdução de materiais alternativos, processos e formas modernas, trazendo resultados antes inimagináveis. Este trabalho apresenta 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.

Também foram produzidas algumas peças com materiais alternativos. Para a produção das peças, foram estudados processos produtivos, as tecnologias e os materiais mais utilizados na produção de joias. As peças apresentadas neste trabalho foram desenvolvidas com lápis de cor e resina.

PALAVRAS-CHAVE: joalheria; prototipagem rápida; materiais alternativos.

3D MODELING AND FAST PROTOTYPING IN THE PRODUCTION OF JEWELRY WITH ALTERNATIVE MATERIALS

ABSTRACT: The jewelry market has undergone changes in the last decades and today the diversity of styles that compose it is wide. This variety brought a cultural and repertoire enlargement for the jeweler segment, allowing the introduction of alternative materials, processes and modern forms, bringing results previously unimaginable. This paper presents a study on the importance of rapid prototyping in jewelry and the technological advances that have aided current manufacturing, reducing the production time of a part, as well as its total cost and loss of materials in the process. Also some parts with alternative materials were produced. For the production of the pieces, productive

processes, the technologies and materials used in the production of jewels were studied. The pieces presented in this work were developed with crayons and resin presented in this work were developed with crayons and resin.

KEYWORDS: jewelry; rapid prototyping; materials.

1 | INTRODUÇÃO

As escavações arqueológicas evidenciam os adornos sendo tão antigos quanto a própria civilização, dando origem ao que hoje chamamos de joia. Não se sabe ao certo quando o ser humano desenvolveu o primeiro adorno, mas isso contribuiu para a evolução das civilizações, desempenhando um papel no desenvolvimento cultural e despertando um senso estético. Para o homem “primitivo” o adorno utilizado como talismã passa a ser eficaz tendo pleno efeito quando acreditado (SKODA , 2012).

Gola (2008, pg.19) cita que desde os primórdios onde o homem necessitou utilizar roupas de peles e penas criaram-se novos diferenciais onde o olfato e o visual começaram a ser importantes, possuindo valores simbólicos, que deram início a novas criações de adornos, equipamentos, perfumes, acessórios decorativos, começando uma nova identificação social, evoluindo ao longo das eras, novas tecnologias e uma necessidade de consumo.

A produção atual de joias com metais nobres e gemas pode ser dividida em duas categorias: Produção Artesanal e Produção Industrial. De acordo com Carvalho *et al.* (2012), a produção artesanal cria peças com baixas unidades ou únicas e elaboradas somente pelo ourives, com pouca utilização de maquinário, tendo assim um custo elevado. O processo de fabricação industrial utiliza máquinas para auxiliar o ourives, facilitando a produção em escala, reduzindo o custo, diminuindo a perda de material e produzindo peças padronizadas. Com o avanço da industrialização na joalheria, novos ramos de trabalho são implantados, e futuramente a possibilidade do processo de prototipagem rápida (Batista, 2013).

Segundo Monteiro (2015) a joalheria foi um dos primeiros segmentos a implantar modelos virtuais e impressão tridimensional em sua produção, auxiliando na etapa de fundição por cera perdida que era um processo realizado manualmente por um artesão.

O presente trabalho busca mostrar através de pesquisa bibliográfica a importância da prototipagem rápida na joalheria auxiliando a manufatura atual reduzindo o tempo de produção de uma peça, assim como o seu custo total e perda de materiais no processo, visando o desenvolvimento de peças com a utilização de materiais alternativos. Para a produção das peças, primeiramente foram estudados os métodos e características da joalheria artesanal e industrial, os processos produtivos, as tecnologias e os materiais mais utilizados na produção de joias. O conjunto de peças apresentado neste trabalho foi desenvolvido tendo inspiração nas joias da Secret Wood e bijuterias feitas de lápis de cor

e resina.

Com o avanço da tecnologia muitas empresas investem em sua produção, a Prototipagem Rápida aplicada na produção de protótipos ou na confecção do produto final cria objetos com geometrias mais complexas e mais detalhes em suas dimensões, beneficiando a Técnica da Fundição por Cera Perdida (NISHIMURA, RODRIGUES, 2014).

2 | UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE JOIAS

Conforme o mercado da joalheria vem crescendo e os materiais nobres vão ficando mais raros e mais caros, o ramo joalheiro vêm apresentando inovações, com a utilização de materiais alternativos, rompendo a ideia do clássico e caro.

Carlota (2015) cita que além dos metais nobres e convencionais como ouro, prata, platina e paládio, uma nova tendência é utilizar em conjunto com as ligas metálicas materiais mais baratos como madeira, vidro e polímeros na produção de uma joia. Kátia Faggiani (2015) aponta que com a preocupação ambiental as empresas buscam inserir novas tendências não convencionais assim reduzindo a utilização dos metais preciosos, tornando a joia valorizada não somente pelo metal utilizado.

Ceratti (2013) afirma que a joalheria contemporânea abre espaço para uma criação mais livre, sem preconceitos com produtos inovadores, onde cada designer tem o seu método de inspiração e confecção, mesmo ainda estando ligada a joalheria tradicional de luxo. Com essa metodologia houve muita confusão sobre o conceito de joia, bijuteria, semi joia entre outros, criando assim o que Ceratti (2013) denominou “Quadro 5” para distinguir cada categoria, classificados como:

- Adorno, “Objeto com finalidade de ornamentação ao corpo, materiais de baixo custo como conchas, ossos, pedras e penas”;
- Joias, “Peças confeccionadas com materiais com determinada raridade como gemas preciosas e metais nobres”;
- Joia contemporânea, “Joias confeccionadas com adição de materiais não convencionais como: madeira, vidro, polímeros, couro, etc.
- Bijuteria, Joia Fantasia, Joia Folheada, “Peças de pouco valor intrínseco como: latão, zamac, entre outros, e banhadas a ouro, prata e ródio.”
- Bio-Joia, “Produzidas com materiais orgânicos como: folhas, sementes, frutos, animais, couro, chifre, entre outros, empregando ou não metais nobres.

2.1 Resinas

As resinas na joalheria são utilizadas para produção de formas inusitadas que as gemas dificilmente alcançariam e de forma barata, sem perder a ideia de brilho e cores exuberantes.

Castro (2003) define o termo plástico como bastante utilizado para designar

materiais que podem ser moldados ao menos uma vez, restringindo a macromoléculas de origem sintética excluindo materiais moldáveis de origem mineral do tipo cerâmico ou cimento. A resina vem como componente base dos plásticos, sendo um material que é possível amolecer e torna-lo fluido podendo ainda ser moldado. A reação de polimerização necessita de iniciadores como luz, calor ou reagentes. Quando se inicia resulta em ligações cruzadas entre os componentes possuindo uma rigidez e boa resistência mecânica. Denomina-se de termofixa a resina que não pode ser remodelada após sua cura, diferente da termoplástica. A Figura 1 apresenta uma peça que combina madeira e resina termofixa colorida.



Figura 1 - Resina Poliester na joalheria

Fonte: designergh

2.2 Madeira

A madeira traz a joalheria uma beleza natural, podendo acrescentar uma ideia rústica às peças com tons mais escuros, ou uma ideia de calma com tons mais claros. Pode ser usada também para contrastar com os metais nobres e pedras preciosas.

Porfirio e Bizinelli (2016) afirmam que por ser um material proveniente de um ser vivo a madeira deve ser rigorosamente selecionada por suas características, mesmo não possuindo uma padronização em sua formação por fatores naturais como particularidades do solo onde a árvore cresceu, o clima da área em sua existência, impactando na coloração da madeira e em suas marcas e texturas.

Porfirio e Bizinelli (2016) afirmam ainda que atualmente a moda permite a liberdade de expressão, trazendo peças não tradicionais na joalheria, modelos de determinados grupos sociais ganhando destaque, com diversos designers destacando: Gustav Reyes, por exemplo, elabora suas peças com madeira curvada honrando a história da matéria prima e como ela é trabalhada há séculos; Inge Rens, holandesa que trabalha com um mix de madeira e metais, apresentando peças em formatos geométricos e minimalistas; Iker Ortiz, é da quarta geração de uma família de ourives mexicanos. Ele cria peças contemporâneas que “primam pela experimentação”, trabalhando com madeira e prata; Eleni Dagaki é grega e trabalha com formas artesanais em madeira, inspirada na

arquitetura e geometrismo. A Figura 2 apresenta algumas peças confeccionadas com madeira e prata.



Figura 2 – Peças com madeira e prata.

Fonte: Porfirio e Bizinelli (2016)

3 | DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Este trabalho apresenta o processo de fabricação de uma joia com a utilização de materiais alternativos. A ideia foi criar um conjunto de pingentes utilizando lápis de cor, resina e prata. A partir de um modelo virtual, renderizações e a confecção do protótipo através de prototipagem rápida, foram produzidos cinco pingentes no processo descrito a seguir.

3.1 Modelagem

O trabalho de Batista (2013) apresenta *softwares* para o desenvolvimento dos protótipos, sendo os mais utilizados o Rhinoceros, Jewel CAD, Flamingo 3D e 3DS MAX,

estes são usados para a criação de modelos virtuais para mostrar o produto, facilitando a comunicação entre os profissionais que irão fazer a produção e o cliente final.

A modelagem do protótipo foi realizada com auxílio do *software* Rhinoceros 5.0 . O desenho do protótipo foi construído com base em um croqui e posteriormente renderizado no *software* KeyShot. A Figura 3 apresenta as vistas do projeto: superior, frontal, lateral direita e perspectiva, no modo de visualização *wireframe* para mostrar com detalhes todas as formas do projeto. A Figura 4 mostra o render das peças que serão produzidas, para a verificação da harmonia das cores e materiais utilizados. O modelo foi salvo na extensão STL (*stereolithography*) para reconhecimento nas impressoras 3D. Na Figura 5 pode ser observada a impressão da peça.

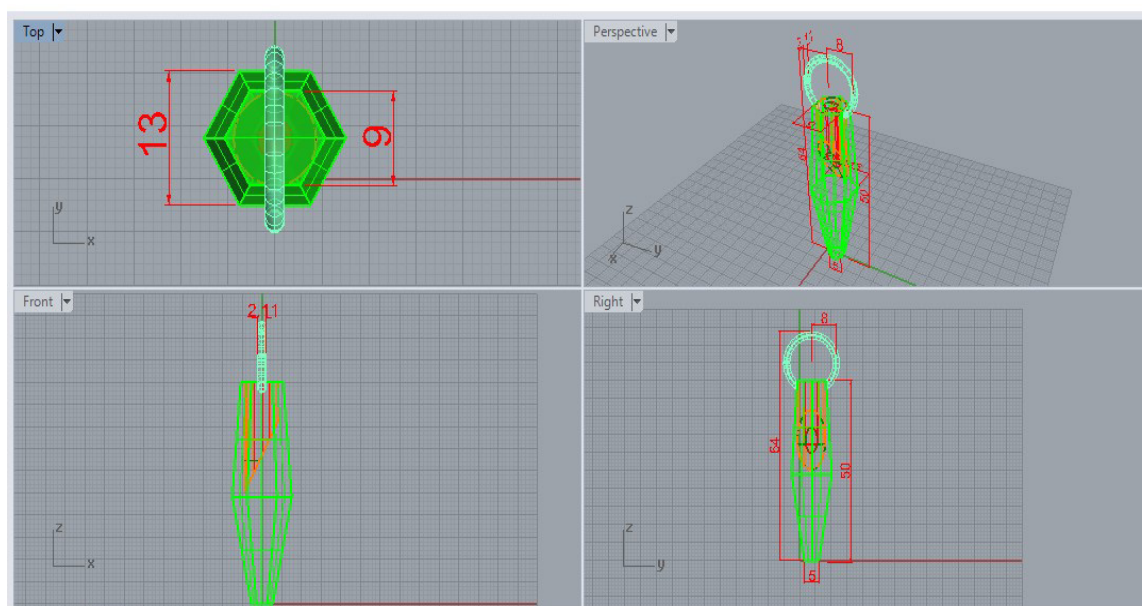


Figura 3 - Vistas da Modelagem Virtual

Fonte: O autor.



Figura 4 - Render do Modelo Virtual. Fonte: O autor.

Fonte: O autor.

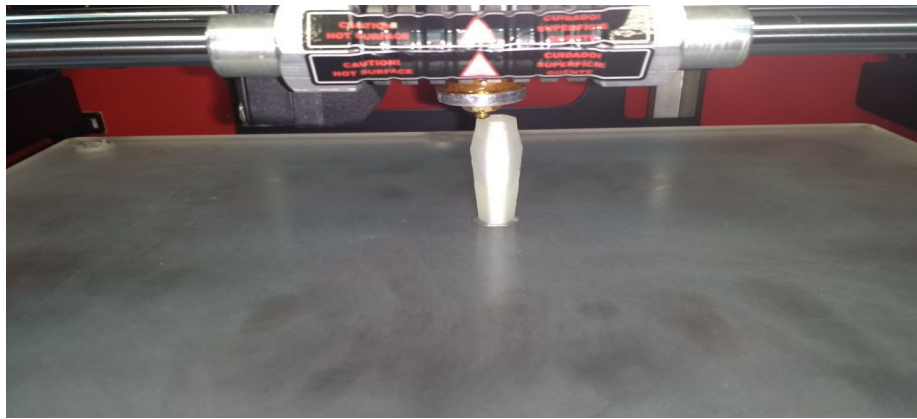


Figura 5 - Modelo em processo de impressão.

Fonte: O autor.

A confecção das peças seguiu as seguintes etapas: escolha das cores, confecção do molde em borracha para aplicação da resina, acabamento com lixas, perfuração para a argola de prata e polimento para dar brilho a peça.

O molde de borracha foi construído dentro de um cilindro de diâmetro 13mm e altura 50mm. O recipiente foi vedado na parte inferior para que a borracha líquida não escorresse, a fórmula adicionada ao cilindro é uma mistura de borracha e catalisador, que conforme especificado na embalagem deve ter de 3% a 5% de catalisador por volume em mililitros de borracha. O protótipo de PLA foi fixado à superfície para obter sua forma negativa.

3.2 Preparação do Lápis de cor

A coloração escolhida do lápis foi definida através de cores análogas e complementares com os corantes adquiridos. A preparação do lápis foi feita com o lixamento em posição angular obtendo uma face. A figura 7 apresenta a ponta do lápis lixada para mostrar o grafite no interior do lápis.



Figura 7 - Preparação do lápis de cor.

3.3 Preparação da Resina Cristal e aplicação no molde negativo

A resina foi preparada em um recipiente plástico, aplicando primeiro o corante definindo a cor idealizada, mexendo o líquido para tornar a substância homogênea,

posteriormente aplicando a solução catalisadora sendo ela de 8% a 10% por mililitros de resina, derramando o material no molde em borracha e por último o ajuste do lápis de cor posicionando no local desejado para a secagem do produto. As Figuras 8 mostra o Catalisador MEK específico para resina cristal, o corante para definir a coloração da resina e um recipiente de medição com resina azul preparada para a aplicação. A Figura 9 mostra a resina e o lápis de cor aplicados no molde negativo em processo de secagem.

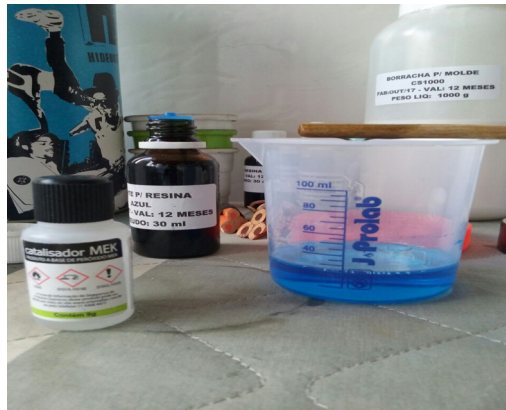


Figura 8 - Preparação da resina para aplicação.



Figura 9 - Aplicação dos materiais e secagem.

A peça passou por diversos processos de acabamento, começando sendo lixada face por face em duas sessões, uma para retirar todas as imperfeições das faces com uma lixa d'água para metais número 600, seguindo com a lixa d'água número 1200 para diminuir a rugosidade da peça para aplicação do polimento para dar brilho. Cortando a peça do lápis de cor com uma serra simples de madeira, aplicando novamente o processo de lixamento na base cortada da peça. A Figura 10 apresenta a peça após o processo de lixamento para polimento, onde as faces da peça ficam com uma coloração opaca. A Figura 11 apresenta duas peças cortadas com a serra para madeira, onde será aplicado o lixamento na base e polimento na peça.

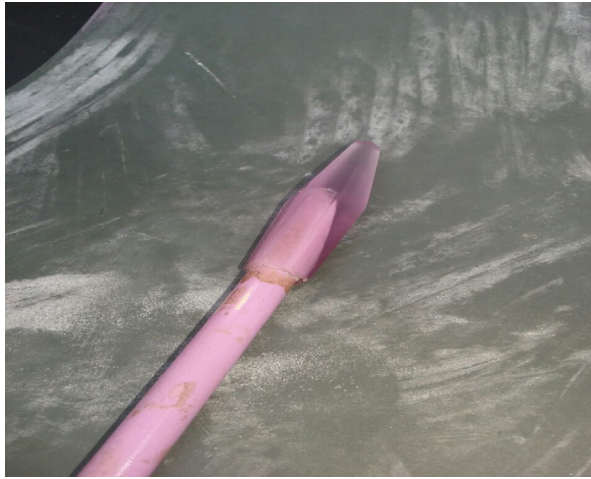


Figura 10 - Lixamento da peça para polimento.

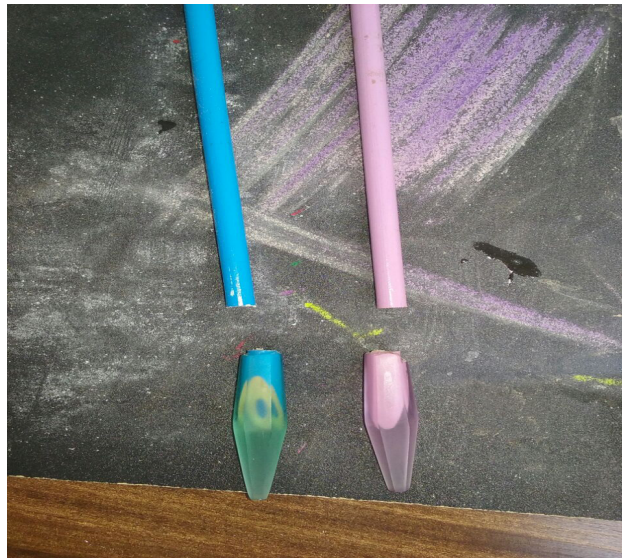


Figura 11 - Separação da peça do lápis de cor.

Após o processo de lixamento da base foram feitos dois furos simétricos para a colocação da argola de prata.

A Figura 12 apresenta o resultado final da produção de peças com madeira, resina e prata.



Figura 7- Conjunto de peças.

Fonte: O autor.

4 | CONCLUSÃO

A joia faz parte da história das civilizações, sendo usada pelas pessoas como forma de enfeitar o corpo, acompanhar as tendências da moda, presentear, mostrar personalidade, poder, religiosidade e muitos outros significados.

Os designers de joias precisam conhecer e trabalhar com modelagem 3D e prototipagem rápida. Além das vantagens que se abrem com o uso dessas tecnologias, como maior precisão, possibilidade de fazer mudanças e experimentações ainda durante o processo de criação e a agilidade no tempo de produção, o designer ganha uma ferramenta que lhe permite explorar novas alternativas formais e estéticas, e criar joias que não eram possíveis de serem confeccionadas manualmente.

Este trabalho apresentou as etapas necessárias para o desenvolvimento de joias contemporâneas, utilizando materiais convencionais e não convencionais no processo de fabricação. Trata-se de uma proposta que visa acompanhar o desenvolvimento tecnológico e atender a demanda do mercado joalheiro, que necessita da formação de profissionais habilitados para utilizar os recursos da modelagem 3D e da prototipagem rápida com o objetivo de reduzir o tempo de produção das peças e maximizar a utilização dos recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS

BATISTA, Claudia Regina. **Modelagem 3D Digital de Joias e o Processo de Prototipagem Rápida**, 2013.

CARLOTA, Jean Carlos. **Design de Joias: Aplicação de Materiais Alternativos no Mercado Joalheiro do Extremo Sul de Santa Catarina**, 2015.

CARVALHO, Laura de Souza Cota, OLIVEIRA, Leonardo Geraldo, PINTO, Marcelo Silva, JÚNIOR, Márcio Miguel Pinto. **Sistemas de Produção na Joalheira do Projeto À Entrega do Produto Final**, 2012.

CASTRO, Alessandro Justino. **Resina Poliéster: Caracterização e Estudo das Condições de Cura e Propriedades Mecânicas**. 2003.

CERATTI, Luciana Jacociunas. **Design de Joias Contemporâneas: Soluções Leves e Versáteis**, 2013.

FAGGIANI, Kátia. **Joalheria contemporânea feita de materiais não convencionais naturais brasileiros: a importância do designer na sua sobrevivência**. Disponível em: <http://www.portaldasjoias.com.br/Junho_04/Joias/Joias.htm>. Acesso em: 12 out. 2015.

GOLA, Eliana. **A joia História e Design**, 2008.

MONTEIRO, Marco Túlio Ferreira. **A Impressão 3D No Meio Produtivo e o Design: Um Estudo na Fabricação de Joias**, 2015.

NASHIMURA, Paula Lumi Goulart, RODRIGUES, Osmar Vicente. **A Prototipagem Rápida Aplicada À Joalheria**, 2014.

PORFIRIO, Renato, BIZINELLI, Ticiane Harasim. **O Design de Joias e a Reutilização de Madeiras: Novas Tecnologias Aplicadas ao Design de Joias Autorais e a Reutilização de Madeira Nobre Descartada**, 2016.

SKODA, Sonia Maria de Oliveira Gonçalves. **Evolução da Arte da Joalheria e a Tendência da Joia Contemporânea Brasileira**, 2012.

TESTA, Diego Giordani. **Os Processos Produtivos no Design de Joias: Coleção Fundadores**, 2012.

MODELAGEM ARQUITETÔNICA, PROJETO DIGITAL E AÇÕES COLABORATIVAS

Data de aceite: 01/07/2020

Ivan Silvio de Lima Xavier

ivan_xavier@id.uff.br

Universidade Federal Fluminense

RESUMO: Este trabalho apresenta as potencialidades da modelagem arquitetônica no processo de ensino na disciplina Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais - EAU, incorporando novos métodos de aprendizados utilizando os processos de referências circulares. A baixa qualidade dos projetos em termos de *design*, de representação e de compatibilização ainda são os principais problemas na arquitetura. Apesar dos modelos CAD, BIM e demais softwares, detectamos erros nos diversos tipos de projetos (arquitetura - estrutura - instalações prediais, etc.). A origem desses ocorre de forma sistemática em função do desconhecimento das possibilidades estruturais e digitais associadas à não valorização dos sistemas de modelagem e das ações colaborativas integradas neste processo que podem ser experimentados já no início da formação do futuro arquiteto. As experiências e os trabalhos realizados demonstra que esta combinação reforça os

conceitos teóricos aumentando de forma significativa o potencial criativo em integração com o aprendizado dos sistemas estruturais.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem, projeto digital, ações colaborativas.

ABSTRACT: This article presents the potentialities of architectural modeling in the learning process of Fundamentals of Structural Systems Modeling discipline - EAU, incorporating new learning methods, making use of circular references processes. The low quality of the projects in terms of design, representation and compatibility still are the major problems in architecture. Despite of CAD, BIM and other modeling software, mistakes were detected in many types of projects (architecture – structure – building installations, etc.). The origin of these occurs in a systematic way, due to the lack of knowledge of the structural and digital possibilities, associated with the non-valuation of the modeling systems and the collaborative actions integrated in this process, which can be experienced already at the beginning of the future architect's formation. The experiences and the tasks performed demonstrate that this combination reinforces the theoretical concepts, enhancing significantly the creative potential in integration with the learning of structural

systems.

KEYWORDS: modeling, digital project, collaborative actions.

1 | MODELAGEM ARQUITETÔNICA

O estudo dos Sistemas Estruturais no curso de arquitetura apresenta lacunas no que se refere ao entendimento dos seus principais conceitos e em muitos casos não incorpora os processos criativos para este aprendizado; o cálculo estrutural e as referências matemáticas são introduzidas aos alunos do primeiro período como uma disciplina do curso de engenharia. Dessa forma o trabalho de Engel (2001) - Sistemas Estruturais, com a apresentação dos sistemas *forma ativa, vetor ativo, massa ativa, superfície ativa e sistemas estruturais verticais* foi a fonte inspiradora para os alunos que desejavam uma nova metodologia no aprendizado em sistemas estruturais na EAU (Escola de Arquitetura e Urbanismo).

O estudo através da modelagem mostrou-se mais promissor em relação ao é o entendimento de como a forma afeta a estrutura e vice-versa e como irão ocorrer as deformações devido as cargas atuantes. A compreensão dos conceitos estruturais permite ao estudante produzir diferentes formas com *segurança, habilidade e agilidade*, proporcionando diversas vantagens no processo de aprendizado, como entender como o conjunto das forças estruturais se comportam.

No curso da EAU, houve uma reforma curricular em 2014, na qual novas disciplinas foram implementadas, com o objetivo de facilitar o entendimento de determinados conteúdos que antes eram vistos de maneira abstrata. A disciplina de Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais foi incorporada à nova grade. Sua metodologia consiste na realização de croquis, maquetes e ferramentas digitais que promovam a criatividade e permitem ao aluno compreender o funcionamento das estruturas e como as cargas se comportam nas mesmas, após o entendimento dos conceitos teóricos.

Como declarou Rebello: Mas o que é a estrutura afinal? ...a estrutura se encontra em todas as áreas de conhecimento humano, e pode ser entendida como "um conjunto de elementos - lajes, vigas e pilares - que se inter-relacionam - laje apoiando em viga, viga apoiando em pilar - para desempenhar uma função" (REBELLO, 2000, p. 15).

Para o aprendizado das estruturas, a realização de desenhos, maquetes e a interpretação gráfica de projetos em plataformas digitais tem como objetivo mostrar como as forças atuam dentro daquele sistema e as possíveis soluções para eventuais problemas de sustentação sem perder o partido arquitetônico proposto.

Desta forma foi possível o aprendizado por parte dos alunos das diferentes formas que um projeto pode tomar, dependendo do programa que se deseja seguir, da melhor proposta estrutural e da definição estética. De maneira complementar os alunos do primeiro período

se apoiam no conteúdo da disciplina dos Sistemas Geométricos de Representação que é fundamental para a compreensão e a percepção das formas. Deste modo, na sistemática do ensino dos sistemas estruturais, somam-se os conceitos de ações colaborativas por meio do compartilhamento das experiências realizadas no ambiente coletivo, contribuindo para a melhoria do desempenho.

Este artigo aborda a integração da modelagem, projeto digital e ações colaborativas como uma nova ferramenta de pensar a arquitetura e os sistemas estruturais, não como sistemas separados, mas sim integrados, conforme declara Rebello:

“Na maioria das vezes, o ensino da estrutura pressupõe que existam duas vertentes de aprendizado: o da arquitetura e o da engenharia, sendo visto, contudo, como um grande equívoco, já que não há dois estudos separados para este mesmo assunto, havendo talvez, somente uma diferença de aprofundamento. (YOPANAN REBELLO, 2000, p. 15-21).

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bibliográfica relacionada ao artigo encontra em Engel (2001) - Sistemas Estruturais a grande base teórica para a realização deste trabalho. A obra descreve de forma detalhada os principais sistemas estruturais (*forma ativa, vetor ativo, massa ativa, superfície ativa e sistemas estruturais verticais*) e de como o entendimento destes contribuem no ensino dos sistemas estruturais.

Nesta literatura diversos exemplos são demonstrados nos cinco sistemas. Além dos conceitos teóricos, a obra demonstra por meio de gráficos e imagens como as forças estruturais se comportam. Engel (2001) fundamenta a base sistemática do aprendizado explicando o que é significado e função, deixando claro que a estrutura ocupa na arquitetura uma posição que executa duas funções: outorgar existência e sustentar a forma, deixando claro que o agente responsável pela arquitetura, seu projeto e sua realização é o arquiteto. O autor relata ainda que o arquiteto deve desenvolver o conceito de estrutura para os seus projetos em linguagem profissional.

Além dos principais sistemas estruturais Engel (2001) apresenta os sistemas híbridos, combinados e sistemas de acoplamento. Na parte final de sua obra apresenta a forma estrutural, conceituando a geometria e imagem de forças, as superfícies dobradas e planas, as superfícies curvadas simples, cúpula e em sela.

Os exemplos de imagens e gráficos de forças foram experimentados pelos alunos no processo de modelagem realizados em sala de aula, ou seja, a prática verifica a teoria e a comprovação é realizada na aplicação do trabalho.

No texto de Rebello (2000) em relação a concepção estrutural e a arquitetura estabelece uma visão geral das diversas relações entre os materiais estruturais - madeira, aço e concreto armado - e das diversas variáveis de sua utilização, como esforços atuantes,

formas das seções, forma de obtenção e aplicações.

Outro aspecto relevante do livro é o pré-dimensionamento dos diversos elementos estruturais bem como o seu comportamento (*arcos, vigas, treliças, pilar, laje, associação de cabo, viga vierendel e pilar, abóbada, cúpula, chapas dobradas, etc.*), além da aplicação e os limites de utilização.

Em relação à aplicabilidade o autor define claramente os limites em torno dos intervalos por meio de tabelas de pré-dimensionamento, que ajudam o discente a entender os intervalos de aplicação e de dimensionamento máximos e mínimos.

As tabelas são construídas de modo a facilitar o entendimento e a visualização da compatibilidade entre os sistemas estruturais e os diversos materiais. Outro aspecto interessante são as diversas possibilidades de associação de elementos construtivos por meio de várias intersecções entre os diversos elementos, com associações internas mais simples e complexas - associações de arcos de concreto. Outra possibilidade é o uso de aço ou de madeira, com treliças de aço ou madeira e integração com cabos.

A obra de Rebello (2000) constitui referência importante para o aluno que esta iniciando os estudos da concepção estrutural e a arquitetura, revelando a importância do entendimento e da aplicabilidade do pré-dimensionamento, mostrando os elementos constituintes dos sistemas como formadores das composições arquitetônicas.

No texto de Hernandez-Ros (2008) *O que é estrutura?*, amplia-se o debate em relação à estrutura e à arquitetura como a ciência das estruturas e a origem do tratamento científico em relação ao problema estrutural, os requisitos estruturais, a estrutura resistente e o desenho das formas estruturais das edificações e a sua complexidade: "o desejo de desenhar estruturas com o menor volume possível de material conduz em geral a desenhos complexos" (HERNANDEZ-ROZ, 2008, p. 19).

O autor apresenta os modelos geométricos superficiais e tridimensionais, estabelecendo as relações entre espaço e movimentos e as suas respectivas deformações. Finalmente, Hernandez-Ros (2008) orienta para o processo de análises, ou seja, a verificação se a estrutura e cada uma de suas partes esta em equilíbrio. Esta etapa é fundamental pois instrumentaliza o sistema de modelagem com importante referencial para entendimento dos sistemas estruturais.

3 | PROJETO DIGITAL

No cenário arquitetônico, a partir da última década do século XX, começam a surgir projetos com particularidades no sistema de produção. O desenho paramétrico, a fabricação digital, a automação, a aplicação de sistemas responsivos e a possibilidade de simulações tornam-se poderosos instrumentos de inovação tecnológica, os quais ainda são capazes de transformar as diretrizes dos atuais processos de representação.

O surgimento e o acesso facilitado aos equipamentos de ponta que ocorreram a

partir da última década não provocaram ainda no ambiente acadêmico a experimentação de processos com estas tecnologias, com escopo e potencialidade de alterar o discurso arquitetônico e urbanístico do ensino. As universidades têm aberto o que podemos chamar de "*ilha tecnológica*" com laboratórios de design diferenciado e aparelhos de última geração que compõem um ambiente criativo, oferecendo cursos na área do *design*, tecnologia e gestão. Esses laboratórios oferecem também criação gráfica, *design* de serviço, *marketing* de relacionamento e *design thinking*, com objetivo específico de aprender de forma prática e acessível as inovações tecnológicas, fundamental para a ampliação deste universo.

Temos consciência de que o entendimento deste novo ferramental é capaz de influenciar e modificar a nossa capacidade projetual, modificar os processos de representação e de utilização de materiais, bem como reformulando o processo produtivo e o entendimento da forma arquitetônica.

Esta realidade estabelece um desafio nos sistemas atuais de ensino e pesquisa e nos oferecem os recursos para definir uma nova linguagem de aprendizado na arquitetura. Verifica-se uma discussão ainda rarefeita e lenta no sentido de incorporar estes processos no ambiente da escola de arquitetura e urbanismo.

Alguns tópicos de interesses nos envolvem e temos consciência de sua importância. O estudo do desenho paramétrico, desenho generativo, fabricação digital, modelagem paramétrica, desenho responsivo, interação humana robótica e ambientes de simulação são temas fundamentais no processo projetual.

A nossa experimentação consiste a partir da teoria dos sistemas estruturais dos edifícios (ENGEL, 2001) como os sistemas se comportam e suas diferentes tipologias e técnicas. A técnica se inicia de diversas formas, não existindo modelo previamente definido. As referências circulares são as fontes inspiradoras neste processo. Podemos começar por um vídeo de apresentação de uma obra arquitetônica (Zaha Hadid Architects - Edifício Bee'-ah) ou vídeo que demonstra a potencialidade da aplicação do bambu numa obra arquitetônica (Elora Hardy: Magical houses, made of bamboo - TED) ou simplesmente fornecer um projeto em CAD (Casa Y - Chita, Aichi, Japão). Estes exemplos podem ser explorados para o desenvolvimento da modelagem do sistema estrutural, para a elaboração de modelos de releitura de determinado projeto arquitetônico ou apenas observar e desenhar o modelo arquitetônico no campo.

Segundo Senett (2012), o arquiteto Renzo Piano explica da seguinte maneira o seu método de trabalho.

Começamos fazendo esboços, depois traçamos um desenho e em seguida fazemos um modelo, para então chegar a realidade - vamos ao espaço em questão -, voltando mais uma vez ao desenho. Estabelecemos uma espécie de circularidade entre o desenho e a concretização e de volta novamente ao desenho. Sobre a repetição e a prática, observa Piano: "É perfeitamente característico da abordagem do artífice. Ao mesmo tempo pensar e fazer. Desenhamos e fazemos. O ato de desenhar (...) é revisitado. Fazer, refazer e fazer mais uma vez" (SENNETT, 2012, p. 52).

As referências circulares ou a circularidade ajuda neste processo "o medo de cometer erros é de vital importância em nossa arte (...) para atingir esta meta, o processo de trabalho precisa fazer algo que desagrade à mente organizada: conviver temporariamente com bagunça..." (SENNETT, 2012, p.181).

As atividades são contínuas na sala de aula, laboratório e no campo, a cada semana um novo desafio. O produto de cada aluno nestes desafios busca uma personalidade própria, uma marca registrada, um design novo e inspirador. Se a nossa atividade fosse somente pautada pelo CAD, estaríamos remontando a alguns problemas básicos ligados inicialmente pela subutilização do software, como problemas da compreensão entre as diversas etapas do projeto e a visão limitada da imagem na tela, com os efeitos do zoom que escondem os problemas e as falhas de projeto. Também podemos citar os diferentes pontos de vista pelo "*girar da imagem*", as falhas de precisão pela inserção dos pontos referenciais que aparentemente podem estar corretos mas que no detalhamento do zoom nos mostra imprecisão. Outro fator relevante é a desconexão que envolve a avaliação das proporções que se apresenta na tela do projetista, pelo manuseio das possibilidades de uso de diferentes escalas, e que jamais será substituído pela observação de alguém que está no campo, que executa o desenho, que constrói o modelo, ou seja, o que aparece na tela representa soluções que nunca se verificarão na visão experimentada do campo e do modelo.

A experimentação da circularidade no ambiente coletivo da sala de aula, do laboratório e do campo possibilita a interação e a troca entre os indivíduos, ao nível das experiências e dos resultados finais. O trabalho final exige o modelo, a apresentação digital e verbal, o conhecimento da teoria da concepção estrutural e as referências arquitetônicas e bibliográficas além do processo de realização. Todo o processo é interativo e a criação dos grupos geram conhecimento e inovação.

4 | AÇÕES COLABORATIVAS

Atualmente já é consenso que grupos de profissionais e de empresas compartilhem conhecimento sobre determinada área específica e/ou situação problemática, sendo que os participantes esperam realizar as melhorias com base no que aprenderam com o grupo (BOXWELL, 1994). O compartilhamento de conhecimento por meio do *benchmarking* é fundamental para o desenvolvimento de indicadores, permitindo comparação de desempenho, compartilhamento de práticas relativas ao processo projetual, processos gerenciais e de indicadores nas ações relativas ao projeto arquitetônico, construção e à sustentabilidade.

A criação de grupos de *benchmarking* colaborativo pode ser centrada tanto nos indivíduos participantes quanto empresas e instituições. No processo projetual por exemplo, por meio de redes sociais na internet poderá receber sugestões de ideias úteis para a

concepção, necessárias ao processo de criação; formas e modelos de representação, as unidades do projeto, áreas privativas e coletivas do projeto, tecnologia a ser empregada, sistemas de planejamento, gerenciamento e sustentabilidade.

Posteriormente constitui-se as atividades inerentes à criação de toda a infraestrutura necessária por meio de ações colaborativas pela apropriação de materiais locais, e sistemas eficientes para construção de equipamentos solares, sistemas alternativos de saneamento, reciclagem e abastecimento de água, reaproveitamento de rejeitos da construção civil e beneficiamento da matéria prima local.

A criação de grupos de *benchmarking* colaborativos envolve a concepção de projetos de design inteligente, implementação e avaliação. Com a adoção destas ações, associadas ao processo de modelagem, representação gráfica digital e de desenvolvimento tecnológico, geram conhecimento, inovação, dão transparência ao processo, estabelecem um ambiente aberto, igualitário e de confiança para as trocas e, principalmente, para gerar compromisso entre os participantes.

5 | A APLICAÇÃO DA MODELAGEM

A aplicação da modelagem nas atividades coletivas em sala de aula é o momento crucial para o verdadeiro entendimento do conteúdo teórico que o aluno experimenta. É através dos materiais escolhidos, da concepção gráfica do projeto e o modo como as amarrações, articulações e a fixação do projeto à base são feitas e da maneira como a forma arquitetônica é organizada no espaço disponível e seguindo os parâmetros estruturais propostos. O modelo elaborado serve para o aluno verificar a estabilidade e a eficiência de seu projeto. É o momento de tensão, experimentação e medo. A constatação realizada no ambiente se caracteriza pela apreensão e muitos destes acreditam que o produto não saíra do papel. A circularidade desenha, experimenta, desmancha, desenha e constrói se repete várias vezes - o medo é eliminado e a criação surge! É o êxtase!

Trata-se de um intenso exercício de tentativa e erro que acontece devido a distribuição de forças ao longo do sistema criado, considerando que as cargas simuladas nos modelos irão se comportar diferentemente de acordo com o tipo de estrutura estudado. Dessa forma, a disciplina fornece uma base de como tais formas se comportariam na construção real.

É de máxima importância, portanto, que qualquer um preocupado com o desenho de estruturas deva ter a habilidade de visualizar como uma estrutura irá se comportar em um determinado cenário de circunstâncias, e como a forma da estrutura irá influenciar este comportamento. O desenhista deverá desenvolver um sentimento intuitivo para o comportamento estrutural para que quando todas as escolhas importantes da forma estrutural a ser usada, serem tomadas, sejam tomadas corretamente. O resultado satisfatório de um projeto em termos da estética, economia e segurança depende desta importante decisão" (HILSON, 1993, p.3).

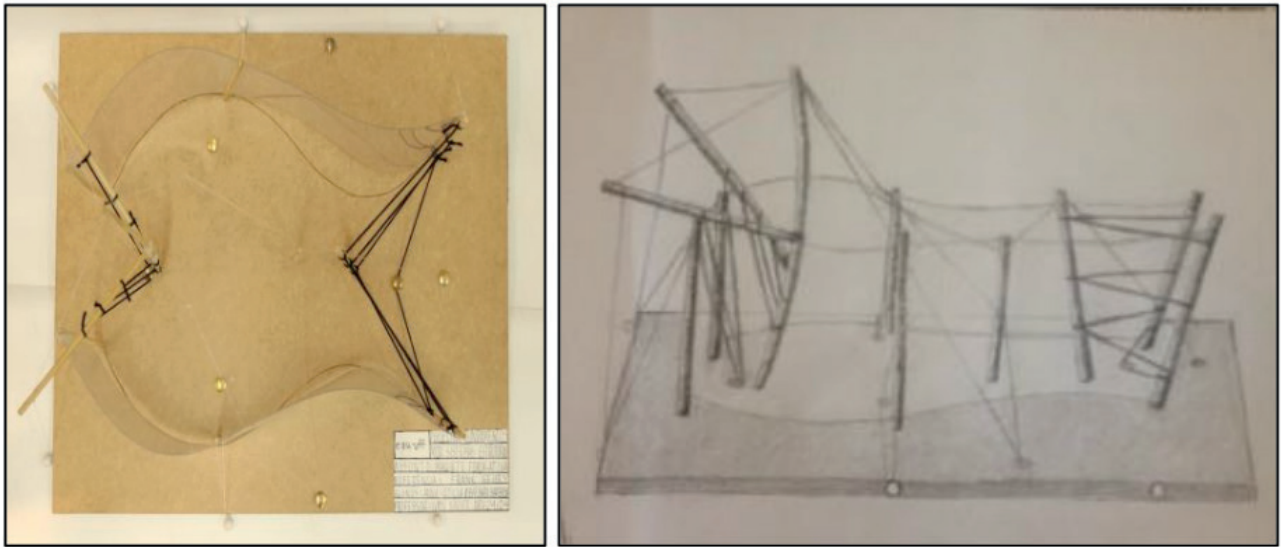


Figura 1: Trabalho de modelagem

Fonte: Fundamentos para modelagem dos sistemas estruturais 2017-1 EAU

A atividade de modelagem é associada ao desenho e o entendimento da linguagem digital, permite romper barreiras de complexidade estrutural e arquitetônica por meio da circularidade das diversas atividades conforme sugere Renzo Piano para a atividade projetual do arquiteto.

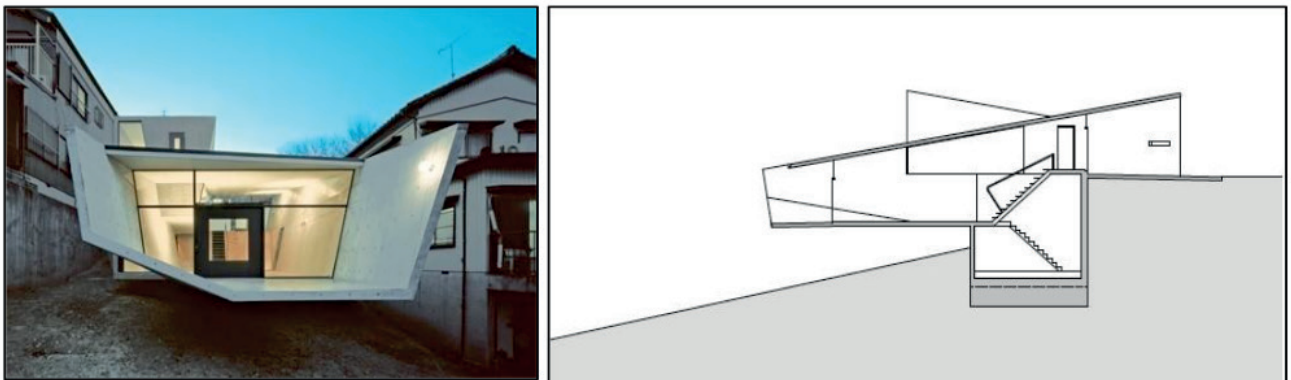


Figura 2: Projeto selecionado para a atividade de modelagem

Fonte: Casa Y - Chita, Aichi, Japão - MacLeod (2009).

A partir da seleção de projeto com busca livre na internet das imagens e o fornecimento do projeto eletrônico em CAD, o desafio proposto aos alunos é a constituição e o entendimento dos sistemas estruturais a partir dos dados fornecidos no sentido da constituição da concepção do sistema estrutural.

O trabalho teve início e a primeira dificuldade foi o manuseio do sistema CAD, uma vez que o projeto definido não continha parâmetros e informações dimensionais e muitos alunos deste primeiro período não tinham conhecimento de como utilizar o sistema digital. Superada a etapa inicial de entendimento do projeto e do próprio dimensionamento

projetual, iniciou-se a etapa de conceituação do sistema estrutural e como o autor do projeto conseguiu resolver o problema estrutural diante da forma e do material utilizado na construção.

O entendimento destes aspectos possibilitou aos alunos desenvolverem a próxima etapa do trabalho, com a construção e modelagem do referido projeto em escala apropriada que demonstrasse claramente o sistema estrutural do referido edifício.

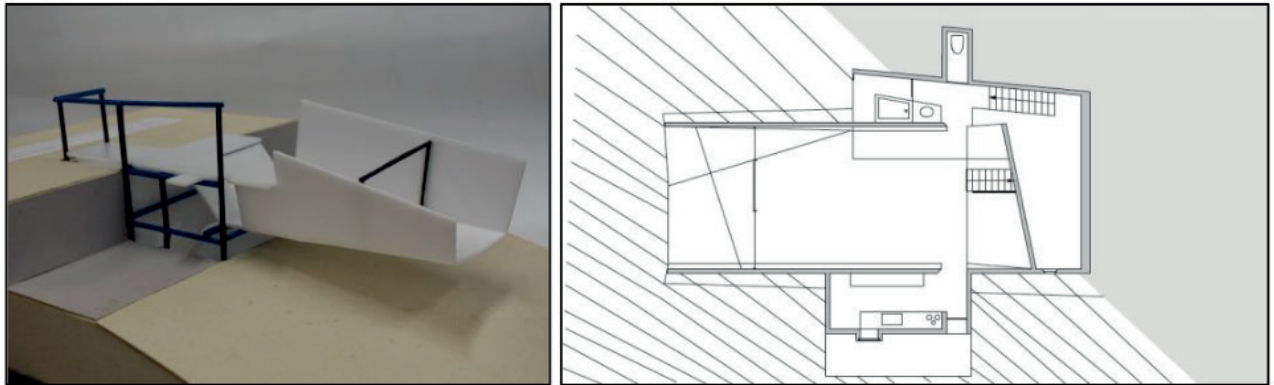


Figura 3: Modelo elaborado a partir do projeto CAD fornecido

Fonte: Fundamentos e modelagem dos sistemas estruturais 2016-2 EAU e MacLeod (2009).

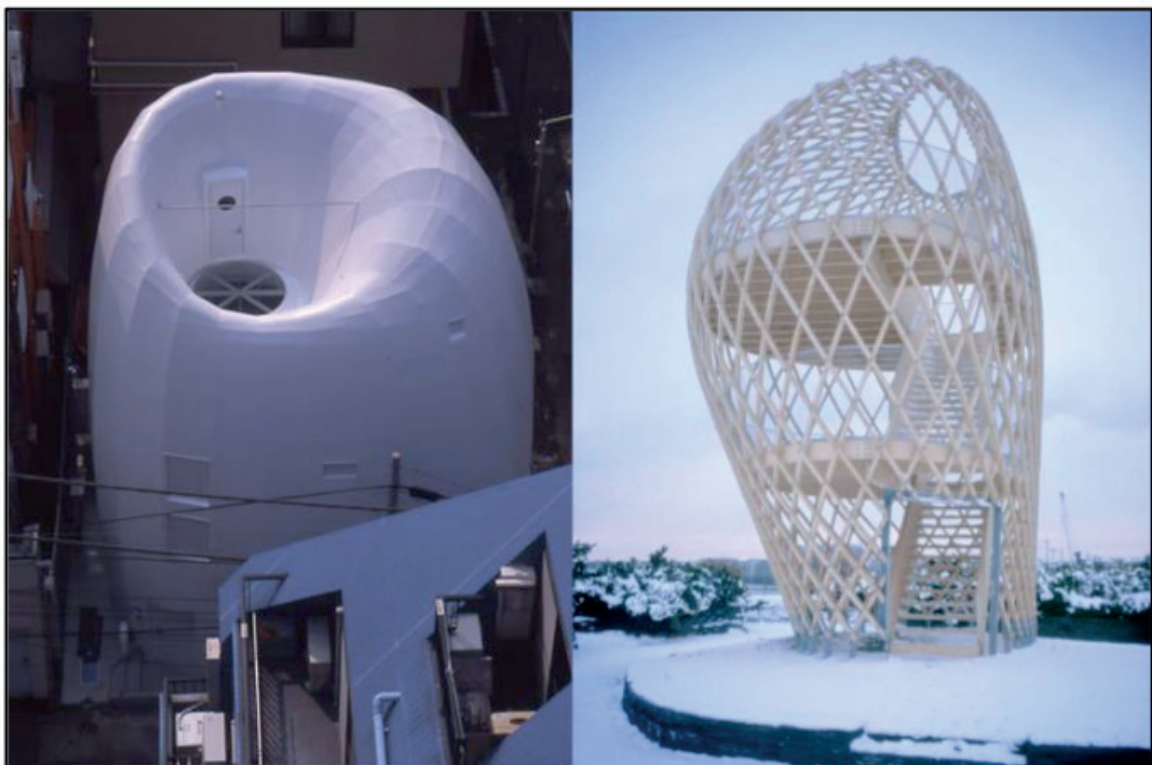


Figura 4: Projeto selecionado para a atividade de modelagem

Fonte: Casa Elipse Natural Tóquio, Japão - MacLeod (2009).

A elaboração dos trabalhos pela maioria dos alunos ocorreu por meio da experimentação das circularidades apresentadas através do entendimento do projeto, a partir da gráfica digital e a sua consolidação na modelagem por meio do experimento

nos modelos. As diversas tentativas complementadas pelo debate teórico dos sistemas estruturais e a sua concepção associada às ações colaborativas entre os participantes do grupo contribui para a criação de modelo do referido projeto com características estruturais claras e adequadas, consolidando o aprendizado.

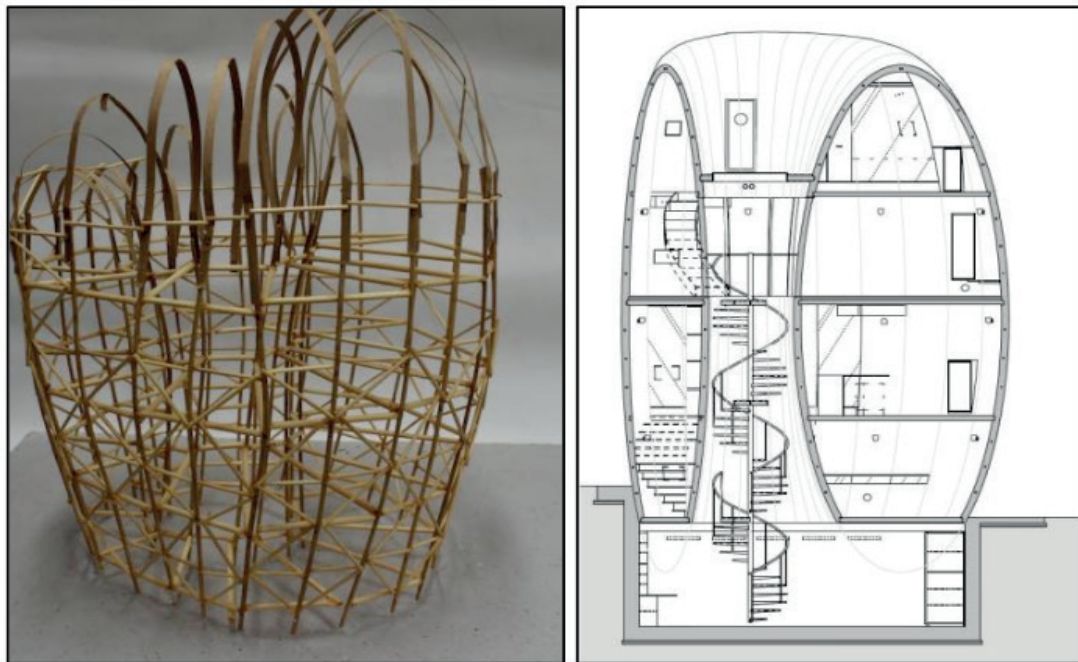


Figura 5: Modelo elaborado a partir de projeto CAD fornecido

Fonte: Fundamentos e modelagem dos sistemas estruturais 2016-2 EAU e MacLeod (2009).

A atitude experimental, a repetição a cada período e a aplicação dos cinco sistemas estruturais proposto por Engel (2001) consolida a experiência e o avanço sistemático gerando novas possibilidades de criação. Os aspectos criativos vão se concretizando com as novas formas estruturais onde podemos comprovar no modelo os requisitos estruturais: resistência, rigidez e estabilidade.

A experiência é concluída quando os grupos envolvidos nos trabalhos concebem os modelos com estrutura diferenciada, verificando a possibilidade de aplicações com outros materiais melhorando a qualidade do desenho e do modelo.

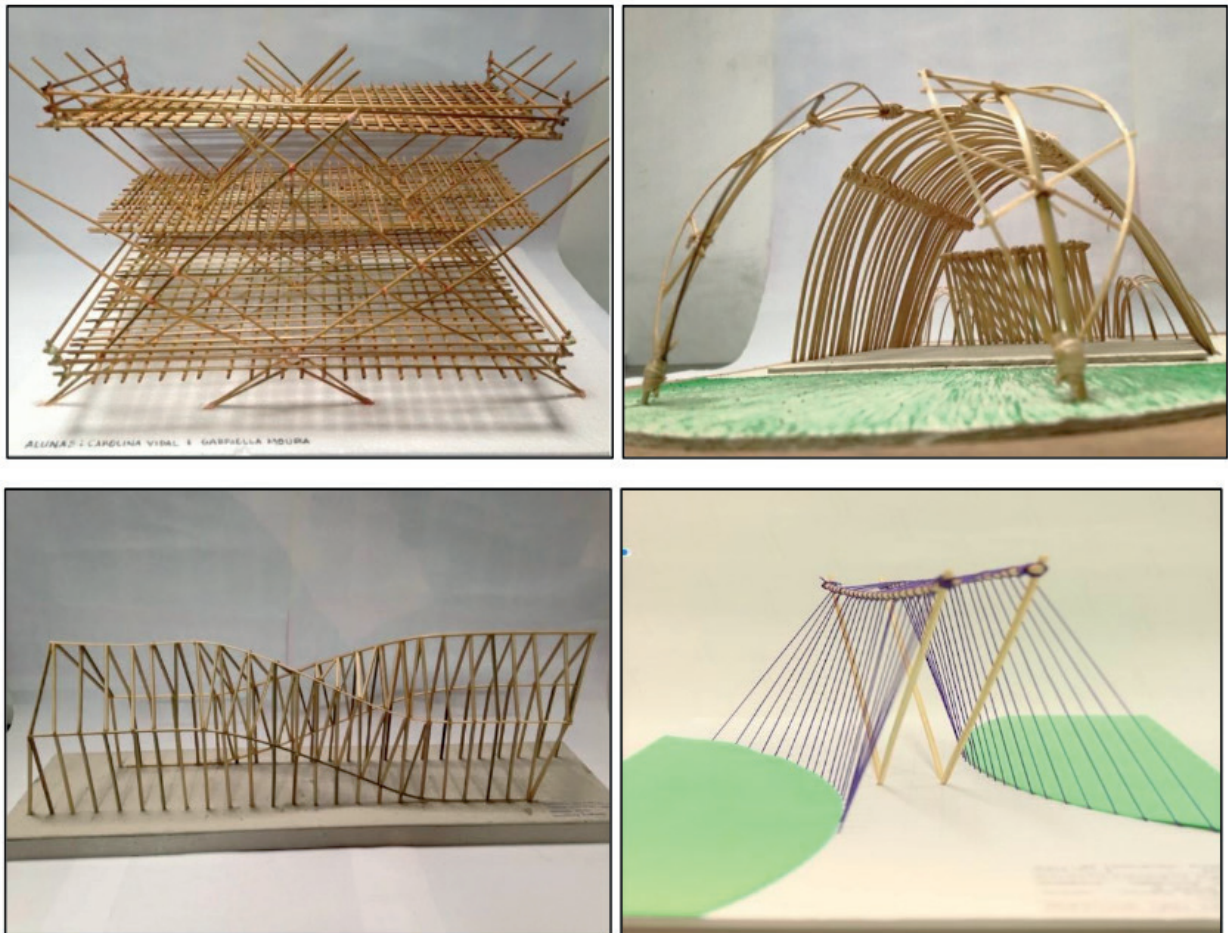


Figura 6: Modelo elaborado a partir de projeto CAD fornecido
 Fonte: Fundamentos e modelagem dos sistemas estruturais 2016-2 EAU

6 | CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A introdução da multiplicidade de tarefas no ambiente de colaboração embasada nas referências teóricas estimularam o aprendizado na área de conhecimento dos sistemas estruturais. A introdução aos alunos do projeto digital (CAD) com leitura e entendimento, o projeto de representação (desenhos e croquis), a modelagem, e suas experimentações estruturais associados aos conceitos de Engel (2001) fez surgir a criatividade na disciplina de Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais - EAU.

A resistência em relação ao desafio de aprendizado dos sistemas estruturais foi superada com a diversidade vivenciada em cada aula. O medo desapareceu e a circularidade dos processos possibilitou novas descobertas e talentos. Debruçados sobre o ato da repetição e experimentos com materiais diversificados, os resultados geraram conhecimento e motivação. Lemos, desenhamos e fazemos. O ato de projetar, aprender é revisitado.

AGRADECIMENTOS

Aos monitores e a todos os alunos da disciplina de Fundamentos para Modelagem dos Sistemas Estruturais da EAU-UFF.

REFERÊNCIAS

BOXWELL, Robert. **Benchmarking for a competitive advantage**. McGraw Hill, 1994.

ENGEL, Heino. **Sistemas estruturais**. Versão portuguesa de Esther Pereira da Silva, arqta. Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2001.

HERNÁNDEZ-ROZ, Ricardo Aroca. **Que es estructura?** Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Cuaderno 60.01 / 1-16-08.

HILSON, Barry. **Basic Structural Behavior: Understanding from Models**. London: Thomas Telford, 1993.

REBELLO, Yopanan. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora. 2000.

SENNET, Richard. **O artífice**. Tradução de Clóvis Marques. - 3ª ed. – Rio de Janeiro: Record, 2012.

MACLEOD, Virginia. **Detalhes construtivos da arquitetura residencial contemporânea**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2009.

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.

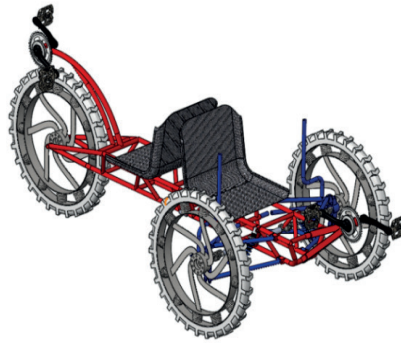


Figura 4 – Modelagem em 3D do primeiro protótipo

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 (LAMMOC), 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.

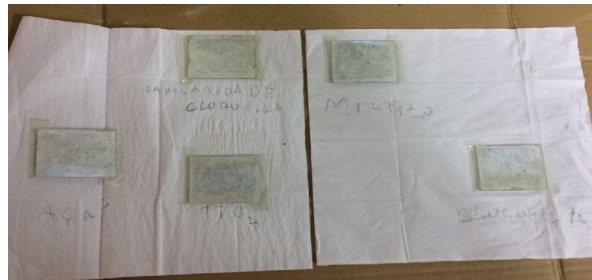


Figura 6 – Células Solares Sensibilizadas por Corantes Naturais

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.

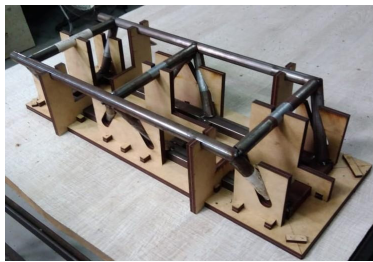


Figura 7 – Modelagem computacional

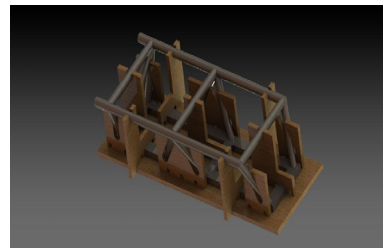


Figura 8 – Montagem real

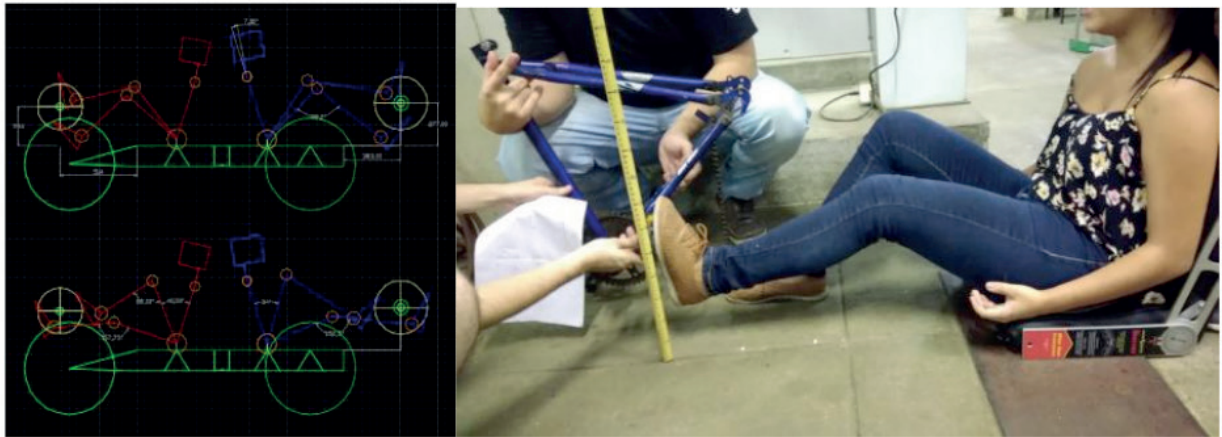
Fonte: GOMES, Karina. Escola de Engenharia UFF – Rio de Janeiro, Brasil (janeiro, 2019)

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.

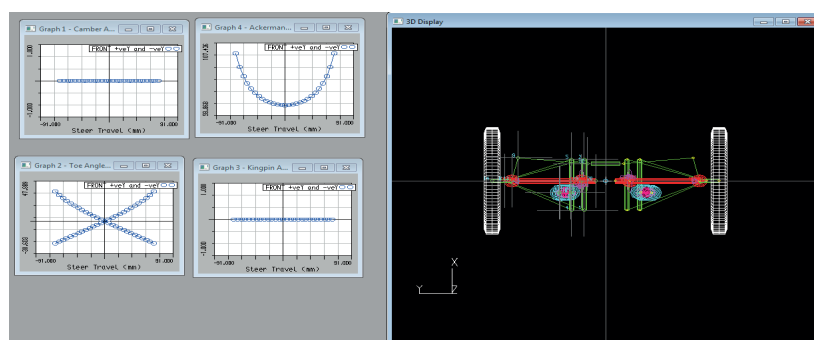


Figura 11– Projeto NUT: Análise computacional da geometria do projeto de suspensão

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.

QUALIDADE E EFICIÊNCIA EM RECONHECIMENTO FACIAL USANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E REDES NEURAS COMPLEXAS PARA ANIMAÇÕES AUDIOVISUAIS

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 30/03/2020

Daniel Rodrigues Ferraz Izario

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp
Campinas - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9174775045358016>

Yuzo Iano

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp
Campinas - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1819902045004845>

João Luiz Brancalhone Filho

Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel
Santa Rita do Sapucaí - Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0001-9086-3915>

Karine Mendes Siqueira Rodrigues Ferraz Izario

Faculdade Anhanguera - Anhanguera
Indaiatuba - São Paulo
<https://orcid.org/0000-0001-9848-7029>

RESUMO: Este artigo aborda uma aplicação que utiliza reconhecimento facial, inteligência artificial e redes neurais complexas juntamente com um processamento computacional, para reconhecimento de padrões e aprendizagem automática, com qualidade e eficiência. Proporciona aos especialistas ter uma análise

completa da face de um ator de cinema ou televisão e aprender seus movimentos para, posteriormente, anexá-la a uma animação computadorizada 2D/3D. Todas as aplicações inerentes da ferramenta favorecem a área de filmes de animação e programas de televisão, além de proporcionar a redução do tempo no processo da criação.

PALAVRAS-CHAVE: 2D/3D, Animações, Inteligência Artificial, Reconhecimento Facial e Redes Neurais.

QUALITY AND EFFICIENCY IN FACE
RECOGNITION USING COMPLEX
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND NEURAL
NETWORKS FOR AUDIO-VISUAL
ANIMATIONS

ABSTRACT: This article addresses an application in which facial recognition, artificial intelligence and complex neural networks are approach along with computational processes, in order to achieve pattern recognition and machine learning with quality and efficiency. It provides an entire analysis of the movement of TV's and cinema's actors, learning their movements in order to later attach a 2D/3D computerized version animation of them. All the

tool's inherent applications favor the animations and TV programs areas, as well as reduce the time of the creation's processes.

KEYWORDS: 2D/3D, Animations, Artificial Intelligence, Facial Recognition, Neural Networks.

1 | INTRODUÇÃO

A animação audiovisual é uma das técnicas mais utilizadas para o desenvolvimento de desenhos animados e nas produções de cinema. A técnica *stop motion* foi a primeira a ser utilizada para a criação de filmes, tanto em animações, quanto em *live-action*, gerada a partir da junção de várias imagens 2D (duas dimensões), sendo este o motivo pela qual foi deixada de lado na era digital. A tecnologia era estruturada de maneira a ser uma série de desenhos feitos em papel com o objetivo de todos ficassem alinhados, tanto no momento de sua criação como no momento de junção final, para formar uma determinada cena com movimentos no tempo.

Com a evolução da tecnologia, surgiram os desenhos em 3D (três dimensões) juntamente com modelo digital que permitiram a criação de camadas, além de diferentes ângulos nas animações, sendo esses fatores fundamentais para o desenvolvimento das animações 3D atualmente utilizadas no mercado. O ponto considerado crítico para esta tecnologia é o tempo gasto de desenvolvimento das animações, já que são utilizados os mesmos padrões de criação em 3D (Gulati, 2017) (Thalmann, 1991).

Com a aplicação desenvolvida, é possível extrair informações, utilizando ferramentas de reconhecimento facial, que possibilitam a obtenção de movimentos faciais com precisão e qualidade para gerar as futuras animações, se baseando nos movimentos do próprio rosto do intérprete. Para cada frame capturado é feito uma varredura de análises matemáticas para o aprendizado da “máquina” através da tecnologia de inteligência artificial.

Para realizar todas as etapas corretamente, a ferramenta *web* foi desenvolvida seguindo uma ordem sequencial de passos, o primeiro, é gravar a interpretação do ator, fazendo a captura de todos os movimentos e expressões da face. Para cada frame coletado é feito o uso da inteligência artificial para aprender como cada movimento é realizado sendo armazenado no banco de dados para posterior uso.

O próximo passo é criar uma pré-modelagem 3D do rosto, utilizando processamento digital (Izario, 2019), para dar início a criação do personagem, por fim, um histograma gerado que permite analisar os padrões de cores RGB (R - *red*, G - *green*, B - *blue*) por camada e verificar possíveis discrepâncias.

2 | METODOLOGIA

A aplicação criada está presente em um *website*, que é uma ferramenta desenvolvida

para proporcionar a criação das animações, baseando-se na interpretação facial do autor, em tempo real. Para o desenvolvimento foi utilizado *Angular 2+*, no *front-end*, juntamente com a linguagem de marcação HTML5 (*HyperText Markup Language*) (Keith, 2016), a de estilização CSS3 (*Cascading Style Sheets*) (Cederholm, 2015) e a de programação *JavaScript* (Flanagan, 2011). No *back-end*, foi utilizado *.net core*, para criar todas as APIs (*Application Programming Interface*, em português, Interface de Programação de Aplicação - IPA), com o conjunto de rotinas e padrões desenvolvidos para serem usadas pelo *Angular 2+*.

A primeira etapa é a dublagem do personagem, onde é possível dar vida a animação, algo muito normal para as gravações de filmes, já que, atores precisam dublar os personagens interpretados por eles. Os atores interpretam as mesmas cenas durante horas, em frente a telas e microfones, para obtenção de uma boa dublagem para que o personagem animado possa realmente passar a expressão do sentimento exigido na cena. Utilizando da necessidade recorrente apresentada, a aplicação faz a captação dos movimentos passados, identificando cada movimento facial e armazenando os respectivos pontos gerados, como apresentado na FIGURA 1.

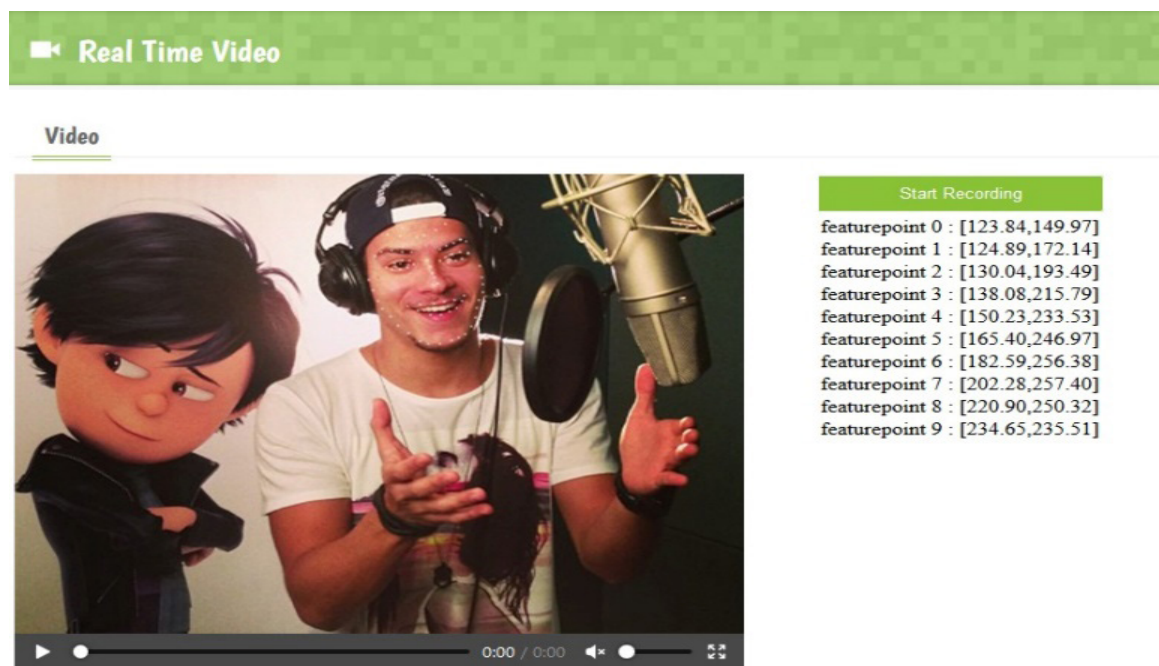


Figura 1: Dublagem do personagem e captura dos pontos faciais.

Esses pontos gerados são utilizados para pré modelar posteriormente o personagem, mas o mais importante, é utilizá-los para fazer um aprendizado de máquina, no qual, um algoritmo desenvolvido procura determinados padrões dentro de um conjunto de dados para reproduzi-los quando solicitado, essa técnica é uma das áreas mais relevantes dentro da inteligência artificial.

Como já mencionado, os pontos armazenados são utilizados para pré modelar a

face do personagem. A face da animação segue padrões e é construída após algumas etapas, como visualizado na FIGURA 2.

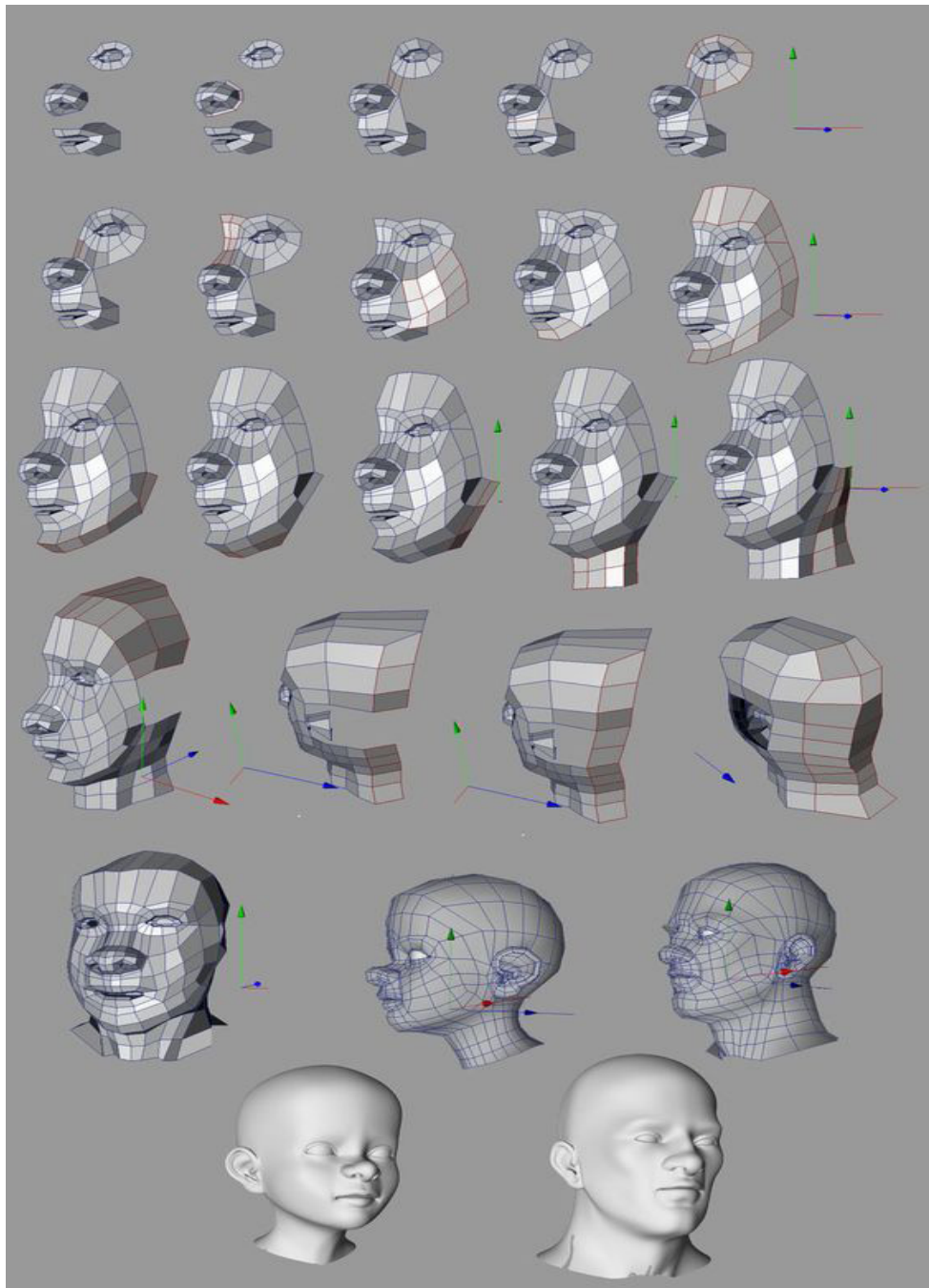


FIGURA 2: Exemplo de uma modelagem padrão - Personagem.

A ferramenta desenvolvida utiliza de planilhas de modelos, que são grupos de imagens criadas por pontos que mostram todas as possíveis expressões que um personagem pode ter, e todas as posições distintas que podem adotar sendo estas capturadas de acordo com as gravações realizadas anteriormente (Bouaziz, 2013). Sendo assim, a ferramenta consegue gerar uma face padronizada com a do dublador, em modelagem real, reduzindo a duração das produções audiovisuais.

As planilhas são criadas para manter os detalhes do personagem e possibilitar que o

desenho seja uniforme, perante os diferentes animadores que atuam nas várias tomadas das filmagens. As expressões capturadas são catalogadas e armazenadas gerando molduras específicas, como apresentado na FIGURA. 3.

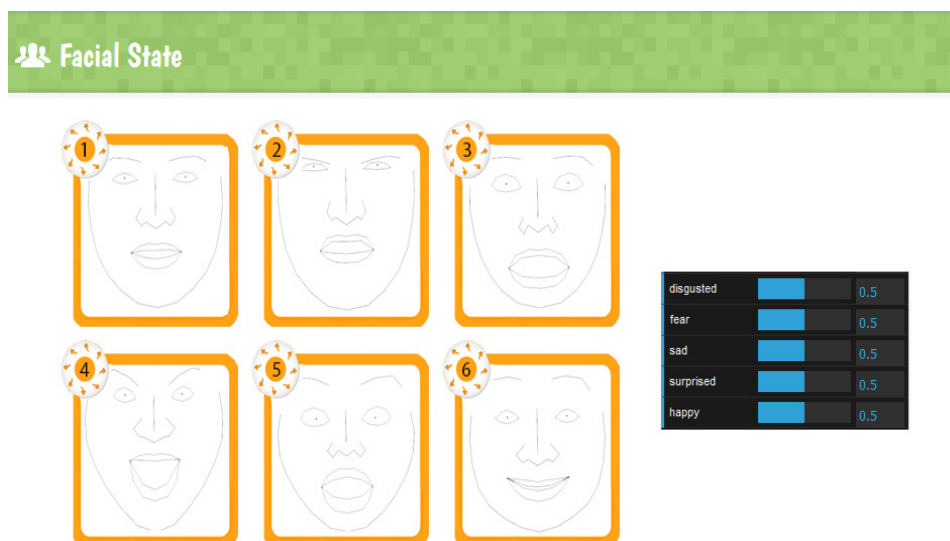


FIGURA 3: Modelagens faciais padronizadas - Expressões Faciais.

Portanto, os animadores podem, ao decorrer das edições, escolher para uma determinada cena, um estado da face do personagem, facilitando toda a etapa de criação.

Com a modelagem finalizada, inicia-se o processo de fabricação das camadas de cores, utilizado o RGB na aplicação como padrão (Izario, 2019). A ferramenta faz com que o usuário insira as três camadas criadas, sendo gerado um histograma de cores, também conhecido como distribuição de frequências das cores, que é uma representação gráfica em colunas com os conjuntos de dados previamente tabulado e dividido em classes automaticamente para verificar as possíveis discrepâncias da imagem, como apresentado na FIGURA 4.

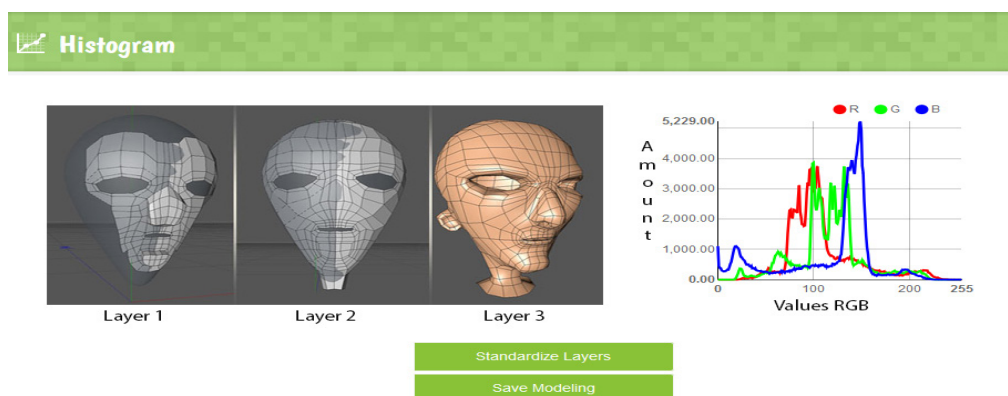


Figura 4: Modelagem analisada por camadas e verificando padronização de cor.

Havendo alguma discrepância, o sistema acusa e dispõe ao usuário a opção de corrigir o modelo para um padrão catalogado pela aplicação, após a correção, pode ser salvo e a etapa seguinte ser aplicada.

A modelagem nessa etapa está crua, somente a camada foi feita com as cores por frequências, sendo agora necessário adicionar as texturas, que são criadas para se encaixarem nos conceitos artísticos planejados com o enredo criado pelo escritor do filme ou desenho. Essas texturas são criadas na forma de mapas e associadas ao modelo, como visualizado na FIGURA 5.



FIGURA 5: Textura criada em forma de mapa.

No resultado, a aplicação permite gerar a face modelada e o upload da textura para após unificar e formar o arquivo final, como apresentado na FIGURA 6.



Figura 6: Exemplos de modelagens faciais, com textura mapeada aplicada.

2.1 Inteligência Artificial

Um sistema de Inteligência Artificial (IA) não é capaz somente de armazenamento e manipulação de dados, mas também da aquisição, representação, e manipulação de conhecimento. Esta manipulação inclui a capacidade de deduzir ou inferir novos conhecimentos (novas relações sobre fatos e conceitos) a partir do conhecimento existente, e utilizar métodos de representação e manipulação para resolver problemas com alto grau de dificuldade que são frequentemente não quantitativos por natureza (Harlan, 2009).

Desse modo, a criação da aplicação visa fazer com que a “máquina” aprenda com os movimentos feitos pelo autor na hora da interpretação do personagem, e deste ponto em diante ser capaz de modelar a face da animação utilizando dos pontos armazenados previamente no banco de dados.

Ao todo são 312 pontos faciais capturados e armazenados, representados de forma vetorial (x, y, z) no ambiente gravado, sendo os valores obtidos convertidos para binário para melhor processamento e entendimento da “máquina” (Hsu, 2002). Os números são expressos e utilizados em módulo, então caso um número negativo seja encontrado no plano de gravação, ele será acrescido em complemento de dois. Outra observação relevante, em casos de ponto flutuante, normalmente, o valor é arredondado, de modo a poder ser escrito no número finito de *bits* onde precisa ser armazenado. Dessa forma, é, automaticamente, introduzido um erro e ele não mais representa o número desejado, mas sim uma aproximação do valor esperado.

O importante é analisar que, em binário, o número é formado pela soma de potências de dois, potências positivas e negativas. Quando um número não pode ser formado por um número finito dessas potências, aparecerá dízimas, necessitando de infinitos *bits* para representá-lo. Como, em ponto flutuante, temos um número finito de *bits*, o número será arredondado, ocorrendo o erro em sua representação, sendo que para inteligência artificial algo irrisória para curva de aprendizagem da máquina. Se esse valor for maior que metade da unidade representada pelo último *bit*, arredonda-se para cima, somando-se um ao último *bit* representado. Se esse valor for menor que metade da unidade representada pelo último *bit*, arredonda-se para baixo, eliminando-se os *bits* a partir do vigésimo quarto. O diagrama com todos os passos percorridos pela ferramenta desenvolvida, é visualizado na FIGURA 7.

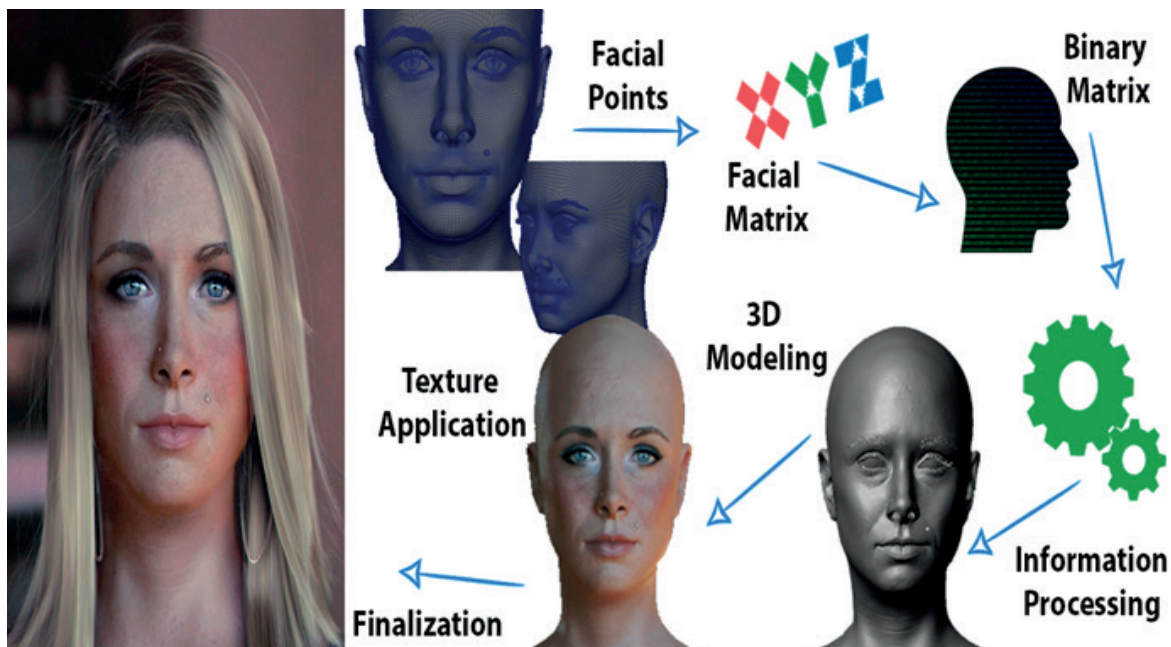


Figura 7: Diagrama do processo completo de modelagem.

Com o decorrer do uso da ferramenta, o sistema será cada vez mais preciso e eficiente, já que, é uma aprendizagem lenta, e necessita de um número de dados alto para realizar ações próximas da realidade. Devido a isso, o *software* somente está armazenando os pontos e movimentos para treinar a rede, mas ainda não é capaz de gerar uma animação completa, com todos os movimentos moldados.

A varredura da rede atualmente existente está constituída dentro de uma quantidade finita de dados para o treinamento, em uma análise matemática, uma função que se aproxime da verdadeira função $f(x)$ (a qual gerou os dados), teria uma resultante com muitos erros catalogados, como visualizado na FIGURA 8.

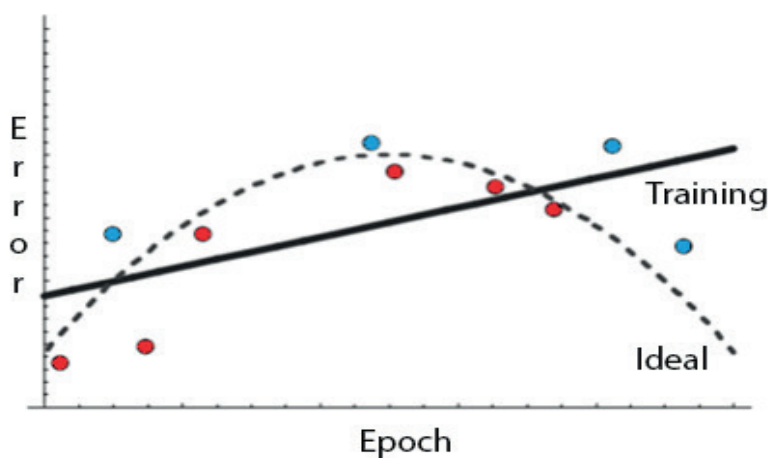


Figura 8: Exemplo de aprendizado com muitos erros catalogados.

Com a utilização do *software* a aplicação conseguirá ser treinada adequadamente

chegando a um nível ideal, mas ainda com aparições de pequenos erros durante o processo que serão imperceptíveis, como visualizado na FIGURA 9.

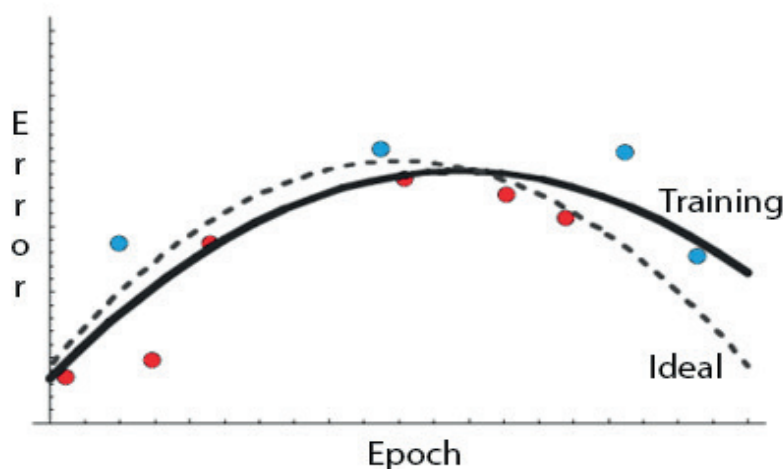


Figura 9: Exemplo de aprendizado com muitos erros catalogados.

2.2 Redes Neurais

Redes neurais artificiais são técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. São utilizadas para solucionar problemas de IA onde um cérebro humano é simulado, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas (Hagan, 2014) (Akça, 2004).

Na ferramenta desenvolvida foi usado o modelo de *Hopfield*, essa rede serve como sistema de memória de conteúdo direcionável com nós de limite binário. Garante-se que nesse modelo, se baseando nos pontos capturados, a animação seja convertida a um mínimo local, ou seja, resultado esperado, mas às vezes convergirão a um falso padrão, através de testes de análises matemáticas, esse último caso aparece em apenas 12% de todo o conteúdo gerado, não afetando a sua utilização.

Toda a rede é baseada pelo conceito de alimentar a sua saída nas suas próprias entradas, ou seja, as unidades assumem um estado binário (ativo ou inativo) e estas unidades estão conectadas entre si por arestas simétricas com pesos, se a aresta tiver peso positivo indica que as duas unidades tendem a ativar uma a outra, caso for negativo indica que uma unidade ativa pode desativar outra unidade (Rowley, 1998). O modelo matemático para essa representação é (1):

$$s_i \leftarrow \begin{cases} +1 \text{ :} \cdot \sum_j \omega_{ij} s_j \geq \theta_i \\ -1 \text{ :} \cdot \rho \end{cases} \quad (1)$$

Onde, ω_{ij} é a força do peso da conexão da unidade j a unidade i (o peso da conexão);

s_j é o estado da unidade j ; θ_i é o limite da unidade i ; e p é de outro modo.

A última análise é a configuração da energia de uma rede, destacando o estado atual da rede (acima do vale), um estado atrativo ao qual eventualmente convergirá, um nível mínimo de energia e uma bacia de atração sombreada, como apresentado na FIGURA 10.

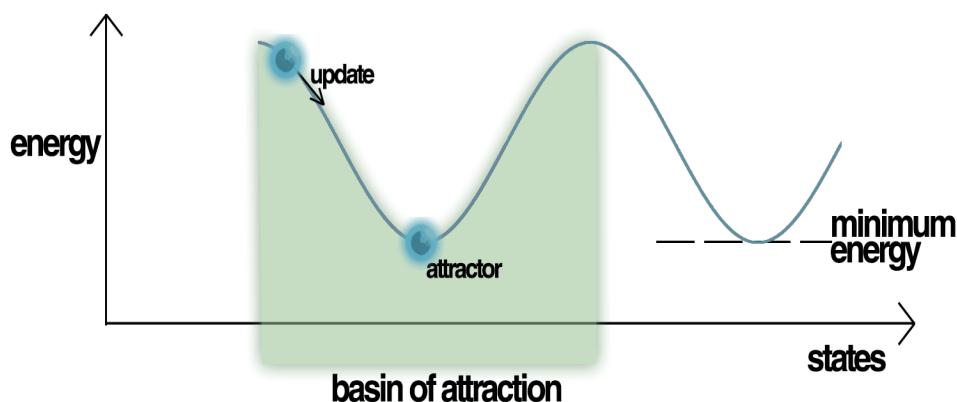


Figura 10: Exemplo de configuração da energia na rede Hopfield.

A energia (E) representada em (2) tem sua definição que garante, quando as unidades a serem atualizadas são aleatoriamente escolhidas, a energia diminuirá em valor ou permanecerá a mesma (Rowley, 1998).

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} \omega_{ij} s_i s_j + \sum_i \theta_i s_i \quad (2)$$

3 | RESULTADOS

A aplicação desenvolvida permite ao usuário aproximar o contorno de uma face. Isso pode ser ajustado em relação à perspectiva da animação que está sendo usada na cena. Após o processo de mapeamento facial gerado por um computador, é possível alterar os pontos para o padrão desejado, criando uma tabulação, conforme mostrado na FIGURA 11.

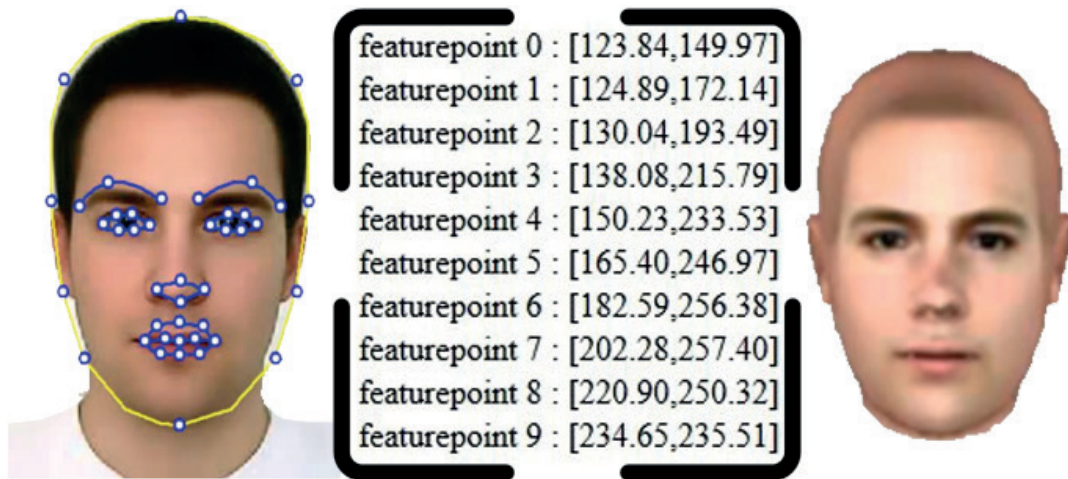


Figura 11: Resultado testado com os pontos.

4 | CONCLUSÃO

Esse estudo aborda uma ferramenta simples, de fácil aplicação e de alto grau de importância para uso das indústrias cinematográficas. O uso da inteligência artificial permitiu a ferramenta um aprendizado capaz de ser utilizado em qualquer geração de animações futuras, agregando funcionalidades que permitem ajustar o rosto do personagem, ao rosto de seu intérprete, ajustes estes que são essenciais para dar vida a uma animação 2D/3D.

Em uma melhoria futura a aplicação será capaz de criar automaticamente pré-modelos de faces e movimentos utilizando sua inteligência artificial aprendida pelas redes neurais de complexidade alta e armazenada com baixo uso da memória, facilitando as novas criações de animações e dando sugestões de padronizações inteligentes as camadas de cores da modelagem facial obtidas pelo histograma.

REFERÊNCIAS

D. Cederholm, **CSS3 for Web Designers**, 2nd ed., *A Book Apart*, 2015.

D. Flanagan, **JavaScript: The Definitive Guide**, 6th ed., *O'Reilly Media*, 2011.

D. Izario; Y. Iano; B. Izario; D. Castro. **Technical review on digital image/video processing algorithms.** *SET International Journal of Broadcast Engineering*, p. 34-39, 2018. [ISSN Print: 2446-9246]. [ISSN Online: 2446-9432]. [doi:10.18580/setijbe.2018.4].

D. Izario; Y. Iano; B. Izario; D. Castro; C. Marins. **Edge-Detection Noise-Smoothing Image Filter Techniques.** *Proceedings of the 3rd Brazilian Technology Symposium*. 1ed. *New York/United States: Springer International Publishing*, 2019, v. 1, p. 117-122. [ISBN Print: 978-3-319-93111-1]. [ISBN Online: 978-3-319-93112-8]. [doi:10.1007/978-3-319-93112-8_13].

H. Akça; R. Alassar; V. Covachev; Z. Covacheva; E. Al-Zahrani, **Continuous-time additive Hopfield-type neural networks with impulses**, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, vol. 290, p. 436-451, 2004.

H. A. Rowley; S. Baluja; T. Kanade, **Neural network-based face detection**, *IEEE Transactions on Pattern*

Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, 23 - 38, 1998.

J. Harlan; J. Struthers; C. Baker, **Artificial Intelligence**, 1st ed., *Thames and Hudson*, 2009.

J. Keith; R. Andrew, **HTML5 for Web Designers**, 2nd ed., *A Book Apart*, 2016.

M. T. Hagan; H. B. Demuth; M. H. Beale, **Neural Network Design**, 2nd ed., *Martin Hagan*, 2014.

N. M. Thalmann; D. Thalmann, **Complex Models for Animating Synthetic Actors**, *Journal IEEE Computer Graphics and Applications archive*, vol. 1, p. 32-44, 1991.

P. Gulati, **Step-by-Step: How to Make an Animated Movie**, *Envato Tuts+*. Disponível em: <<https://cg.tutsplus.com/articles/step-by-step-how-to-make-an-animated-movie--cg-3257>>. Acessado em: 22 de abril de 2020.

S. Bouaziz; Y. Wang; M. Pauly, **Online Modeling For Realtime Facial Animation**, *Journal ACM Transactions on Graphics*, vol. 32, 2013.

Rein-Lien Hsu; M. Abdel-Mottaleb; A.K. Jain, **Face detection in color images**, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 290, p. 696 - 706, 2002.

QUEM SOMOS? O QUE FAZEMOS? PARA ONDE VAMOS? UMA REFLEXÃO EPISTEMOLÓGICA SOBRE A GEOMETRIA GRÁFICA

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 03/04/2020

Andiara Valentina de Freitas e Lopes

Universidade Federal de Pernambuco
Laboratório de Estudos em Tecnologias de
Representação Gráfica
Recife- PE

<http://lattes.cnpq.br/4432621010560686>

Mariana Buarque Ribeiro de Gusmão

Universidade Federal de Pernambuco
Laboratório de Estudos em Tecnologias de
Representação Gráfica
Recife- PE

<http://lattes.cnpq.br/1958307725663592>

Maximiliano Carneiro-da-Cunha

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife- PE

<http://lattes.cnpq.br/0105516187749549>

Este trabalho foi publicado inicialmente numa versão mais ampla na Revista Geometria Gráfica sob o título “Quem somos? Uma abordagem epistemológica sobre a Geometria Gráfica e suas práticas” (LOPES, CARNEIRO-DA-CUNHA, GUSMÃO, 2018).

RESUMO: Esse trabalho tem como objetivo fazer uma reflexão epistemológica a respeito

da Geometria Gráfica. A ideia central partiu de questionamentos sobre os motivos que levaram a Geometria Gráfica a se encontrar estanca como ciência e limitada em seu desenvolvimento e uso à área de ensino. Nesse sentido, procurou-se discutir: 1) a identidade da Geometria Gráfica como ciência, cujo resultado final está vinculado ao estudo e a representação gráfica da Forma; 2) a carência de um consenso com relação à identidade dos seus profissionais bem como das suas práticas, que durante muito tempo foram se fragmentando devido ao uso de diferentes nomenclaturas, tais como “desenho”, “desenho técnico”, “desenho geométrico”, “expressão gráfica”, entre outras; e 3) seu futuro como área do conhecimento, diante das diferentes perspectivas de atuação devido às mudanças de paradigma trazidas pelas novas tecnologias digitais. Ao final, pudemos compreender que o termo Geometria Gráfica define melhor e de maneira mais eficaz esta área de estudo estabelecendo, de maneira objetiva, que o nosso objeto de estudo é a Forma em suas diferentes representações.

PALAVRAS-CHAVE: geometria gráfica; representação gráfica; desenho; representação

WHO WE ARE? WHAT WE DO? WHERE ARE WE GOING? AN EPISTEMOLOGICAL REFLECTION ON GRAPHIC GEOMETRY¹

ABSTRACT: This work aims to make an epistemological reflection on Graphic Geometry. The central idea has arisen from the fact that Geometry is currently limited to the area of Education finding itself stagnated as science. In this sense, we sought to discuss: 1) the identity of Graphic Geometry as a science, whose final result is linked to the study and graphic representation of the Form; 2) the lack of a consensus regarding the identity of its professionals as well as their practices, which for a long time have been fragmented due to the use of different terminologies, such as “drawing,” “technical drawing,” “geometric drawing,” “Graphic expression,” among others, and; 3) its future as an area of knowledge, given the different perspectives of action due to the paradigm changes brought about by the new digital technologies. At the end, we could understand that the term Graphic Geometry defines better and more effectively this area of study by establishing that our object of study is the Form in its different representations.

KEYWORDS: graphical geometry; graphic representation; drawing; representation

1 | INTRODUÇÃO

A Geometria tem origem há milhares de anos e sempre se preocupou com o estudo da Forma, mesmo que do ponto de vista algébrico e analítico próprios da Matemática. Dessa maneira, a Geometria e a Matemática sempre foram vistas como ciências gêmeas e inseparáveis. No entanto, no mundo ocidental a história mais recente nos mostra como a Matemática e a Geometria se separam sob vários aspectos, especialmente político-didáticos. Não obstante, a importância da Geometria é reconhecida desde o início da civilização humana, quando foi criada com o intuito de conhecer e entender os conceitos matemáticos de multiplicidade e espaço, envolvendo o estudo de áreas e volumes (terra, água, etc.).

Este artigo parte de uma inquietação epistemológica acerca da Geometria, mais especificamente da Geometria Gráfica como área de estudo e pesquisa. Tomamos como base a experiência docente de ensino dentro do Departamento de Expressão Gráfica (DEG) da UFPE e a elaboração dos projetos de Pós-graduação e Pedagógico do Curso de Licenciatura em Expressão Gráfica (PPC -LEG), para construção de uma reflexão mais densa a respeito do próprio entendimento da Geometria Gráfica como ciência e área de ensino.

A partir da experiência com ensino e pesquisa no DEG, detectamos uma dificuldade antiga em definir a identidade da Geometria Gráfica de forma consensual. Essa dificuldade pode ser identificada na própria definição do nome do nosso departamento, Expressão

1. This work was initially published in a broader version in Revista Geometria Gráfica under the title “Who are we? An epistemological approach to Graphic Geometry and its practices.” (LOPES, CARNEIRO-DA-CUNHA, GUSMÃO, 2018)

Gráfica, nome que acreditamos não ser o mais apropriado, uma vez que “expressão” se refere apenas a uma das vias da síntese gráfica, quando a outra seria a “interpretação” gráfica. Se fossemos seguir essa lógica o nome mais apropriado para o departamento seria “Síntese Gráfica”. Dessa maneira, deveríamos procurar um nome abrangente, tanto nas práticas empíricas como na teoria. Assim sendo, o nome mais acertado seria “Geometria”, mais especificamente “Geometria Gráfica”. No entanto, entendemos que o nome “Expressão Gráfica” é, nesse momento, estrategicamente mais apropriado, uma vez que relaciona nosso departamento (DEG) e nosso curso (LEG) com outros semelhantes no Brasil. Enfim, o fato é que a própria dificuldade em definir um nome próprio para a área já demonstra o tamanho da crise de identidade que nós, profissionais desse campo de conhecimento, enfrentamos ao longo do tempo.

Entretanto, a nossa identidade, e por consequência o nosso nome, estão ligados fundamentalmente às nossas práticas de ensino e pesquisa. Acreditamos que ao definir que práticas são estas, poderemos entender melhor nossa identidade. Em outras palavras, acreditamos que a Geometria Gráfica está hoje fragmentada na sua própria concepção e, portanto, enfraquecida como área do conhecimento. Entender os motivos pelos quais a Geometria Gráfica se encontra tão desvalorizada e não reconhecida é importante para construirmos uma identidade consensual, forte e direcionada, proporcionando estudos e práticas de ensino mais reflexivas e atualizadas.

Esse trabalho tem como objetivo fazer uma reflexão epistemológica a respeito da Geometria, da representação gráfica e do desenho na área da Geometria Gráfica. O escopo central desse artigo é entender a dificuldade em estabelecer a Geometria Gráfica como área de estudo imprescindível na formação de profissionais que trabalham com a Forma e o porquê da sua desvalorização generalizada nas instituições de ensino no Brasil. Nesse sentido, os questionamentos que se apresentam nesse trabalho são: até que ponto a utilização dos termos “desenho” e “expressão” limitam o entendimento de Geometria Gráfica em toda sua dimensão e especificidade?; até que ponto uma definição equivocada e limitante de quem somos e quais são nossas práticas impedem o nosso desenvolvimento e nosso reconhecimento como área do saber científico, imprescindível para se trabalhar a Forma? Diante disso, esse artigo foi estruturado em função de três perguntas: Quem somos? O que fazemos? Para onde vamos?

Para fundamentar esses questionamentos, tomaremos como ponto de partida os conceitos teóricos e práticos fundamentais da área, passando pelo desenvolvimento e pelos problemas de valorização da mesma no Brasil, definindo quem somos e as nossas práticas e finalizando com uma reflexão sobre que caminhos teremos no futuro. Esse artigo, portanto, visa contribuir para uma análise epistemológica da Geometria Gráfica como ciência, repensando-a como meio para representar a Forma nas suas mais diversas funções.

2 | GEOMETRIA GRÁFICA

2.1 Quem somos? A Geometria Gráfica como ciência

A literatura mundial salienta a importância do aprendizado dos conteúdos da Geometria Gráfica para o pleno desenvolvimento cognitivo de crianças e jovens. Nesse sentido, inúmeros trabalhos e pesquisas nos mostram a grande perda cognitiva em crianças e jovens quando estes não têm contato com essa área de conhecimento específico (PIAGET, J.; INHELDER, 1993; LORENZATO, 1995; NASSER, 2000; FÜRKOTTER, M.; MORELATTI, 2009). Estudar Geometria Gráfica ajuda a desenvolver habilidades cognitivas que não são usualmente desenvolvidas através do estudo de outras matérias. Dentre essas habilidades estão o raciocínio abstrato e espacial, a coordenação motora, a síntese gráfica, o senso de proporção e escala, a memória visual, a viso-motricidade e a criatividade (GARDNER, 1994).

Vivemos em um mundo tridimensional. Nosso corpo e nossas experiências sensoriais são tridimensionais, conseqüentemente, a relação que temos com o mundo é espacializada. A Geometria Gráfica, por estudar a Forma, o espaço e a relação das formas no espaço, pode contribuir sobremaneira para a compreensão e formalização dessa série de conhecimentos que para todos nós é natural e intuitiva. Lorenzato (2006) enfatiza que as pessoas realizam suas primeiras experiências de vida utilizando os cinco sentidos, mas especialmente a visão, utilizando a percepção espacial para fazer descobertas.

Sem estudar Geometria as pessoas não desenvolvem o pensar geométrico ou o raciocínio visual e, sem essa habilidade, elas dificilmente conseguirão resolver as situações de vida que forem geometrizadas; também não poderão se utilizar da Geometria como fator altamente facilitador para a compreensão e resolução de questões de outras áreas de conhecimento humano. Sem conhecer Geometria a leitura interpretativa do mundo torna-se incompleta, a comunicação das ideias fica reduzida e a visão da Matemática torna-se distorcida (LORENZATO, 1995, p. 5).

Apesar da sua notável importância, a Geometria Gráfica não existe como área de conhecimento específica para os órgãos de fomento à pesquisa, como por exemplo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Tal fato demonstra que apesar da inegável importância que o aprendizado desses conhecimentos pode ter na vida das pessoas, não somos reconhecidos como ciência. Isso ocorre em grande parte porque não sabemos quem somos e quando tentamos nos definir, isso se dá de maneira fragmentada na qual geralmente se mistura a definição de quem somos com as nossas práticas. Além disso, no intuito de definir quem somos, em alguns casos, nos apropriamos da identidade de outras áreas, a quem servimos como meio. Para agravar ainda mais, muitas vezes, tentamos explicar quem somos através das ferramentas que usamos, como por exemplo, a representação gráfica ou o desenho. Acreditamos que esse dissenso se deve ao fato da falta de entendimento de que a Geometria Gráfica se constitui em uma ciência e não em

uma linguagem.

A palavra “desenho” não explica nem define nossa área de trabalho e estudo. O significado do termo nos dicionários é bastante abrangente e vago. O dicionário Michaelis (2018) traz as seguintes definições para a palavra desenho:

s.m. 1 Representação gráfica, por meio de linhas, cores e sombras, de objetos, seres, ideias, sensações etc. 2 Arte e técnica de representar visualmente a forma desses elementos, servindo-se de linhas ou traços, assim como de efeitos de luz, cores e sombras. 3 Conjunto de procedimentos relativos a essa arte e a essa técnica. 4 Configuração do contorno de uma figura, objeto etc.; contorno, delineamento, recorte. 5 Delineamento ou traçado geral de um quadro ou de qualquer obra de arte executado por meios gráficos. 6 FIG Representação ou criação, por meios não gráficos (som, palavras, símbolos, ideias etc.), de uma forma imaginária; configuração, construção, descrição, figuração. 7 Forma ou feitio de um objeto, especialmente o contorno, considerada pelas suas qualidades plásticas; design. 8 Figura de ornatos (para tecidos, vasos, decoração em geral etc.). 9 Plano ou projeto de objetos com finalidade técnica, industrial, científica, ornamental, arquitetônica etc.; esboço, planta, risco, traçado. 10 P US Idealização de um propósito ou objetivo qualquer; desígnio, intenção, plano (DESENHO..., 2018, não paginado).

Recentemente, Marques et al (2017) conseguiram ir mais além nas definições do termo desenho, mais especificamente o desenho técnico:

Uma das formas mais comuns de comunicação gráfica é o desenho. No caso mais geral, um desenho pode ser entendido como uma representação gráfica de ideias, conceitos e entidades reais ou imaginárias. O desenho é, na verdade, uma das formas de comunicação mais antigas, que surgiu antes da comunicação verbal. De seguida são apresentadas as formas de representação gráfica mais frequentemente utilizadas nas diversas áreas, dando-se particular enfoque aos diferentes tipos de desenhos. De um modo simples e abrangente, pode dizer-se que os principais tipos de desenhos usados nas representações gráficas são o desenho artístico e o desenho técnico. Este último pode ser projetivo ou não-projetivo. As representações ortográficas e perspéticas [sic] são exemplos de desenhos técnicos projetivos. Por seu lado, esboços e diagramas concretizam desenhos técnicos não-projetivos (MARQUES et al, 2017, p.5).

É um equívoco reduzir a definição da Geometria Gráfica ao termo “desenho”, mesmo quando associado a adjetivos que pouco explicam, tais como “desenho geométrico” ou “desenho técnico”. O desenho é apenas um dos meios pelos quais nos expressamos. A utilização do termo “desenho” para determinar quem somos, na verdade, nos presta um desserviço, porque nos enfraquece e nos limita como profissionais, transformando nossa identidade em algo extremamente simplista. Em última instância, a utilização do termo “desenho” para nos identificar contribui fortemente para o processo de desvalorização pelo qual passamos.

Tendo em vista toda essa reflexão, somaremos aqui as definições de Geometria dadas por Chaput (1954) e Costa e Costa (1996). O primeiro afirma que, “A Geometria é a ciência da extensão. O espaço é extenso sem interrupção e sem limite” (CHAPUT, 1954, p. 3). Já Costa e Costa nos dizem que “Um objeto possui FORMA, FUNÇÃO e CONSTITUIÇÃO MATERIAL. A GEOMETRIA estuda apenas a FORMA do objeto, desvinculada dos outros dois fatores” (COSTA; COSTA, 1996, p.14, grifo do autor). Caminhamos para o entendimento de que a Geometria Gráfica é uma ciência, uma “ciência da extensão” como

diz Chaput, o que nos leva a compreensão da abrangência da Geometria para o estudo das formas, tanto bidimensionais como tridimensionais. Por conseguinte, a pessoa que trabalha com a Geometria Gráfica do ponto de vista científico é o geômetra.

A Figura 1, nos mostra um quadro síntese da definição de quem somos e da relação da Geometria Gráfica com as outras áreas do conhecimento que trabalham com a Forma. Sendo uma ciência, a Geometria tem como seu objeto de estudo a Forma, desprovida de função e constituição material (COSTA; COSTA, 1996). Essas formas são compostas por entes geométricos, a saber: ponto, linha, superfície e volume. Dessa maneira, o geômetra estuda a Forma analisando os elementos que a compõe, assim como a inter-relação entre esses elementos.

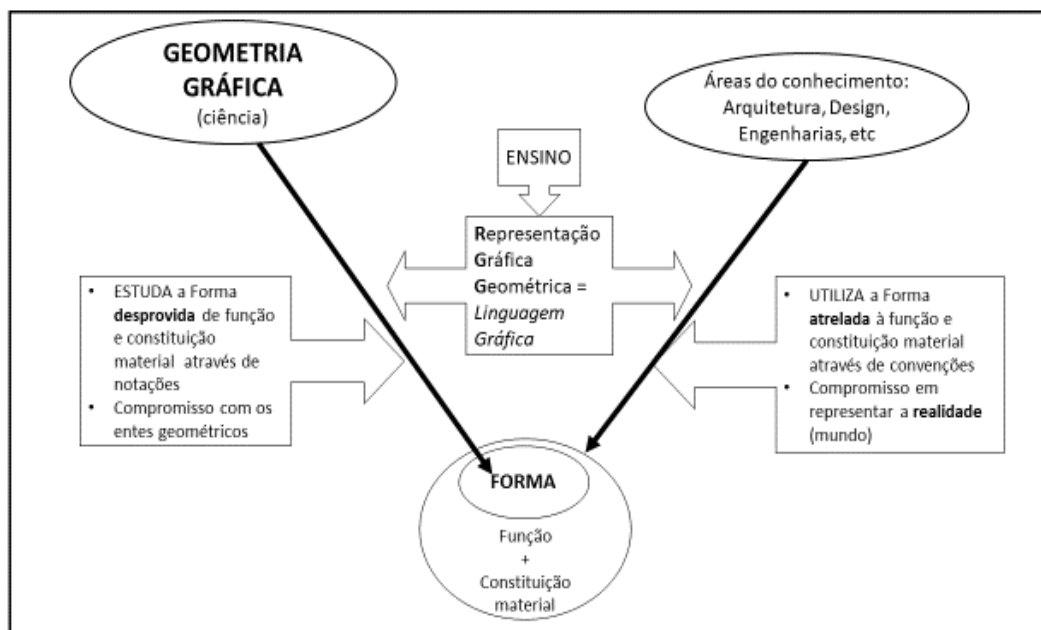


Figura 1 - Quadro síntese da definição de quem somos

Fonte: (LOPES, CARNEIRO-DA-CUNHA, GUSMÃO, 2018)

Para estudar a Forma o geômetra necessita de um suporte gráfico (desenho ou meio digital) para representá-la. Tal representação chama-se Representação Gráfica Geométrica, que se constitui em uma linguagem gráfica, uma vez que serve como meio de comunicação para veicular as ideias a respeito da Forma.

Atualmente, no entanto, a Geometria Gráfica como ciência se encontra em um hiato. Acreditamos que isso ocorra porque tudo que foi formulado até hoje (postulados, teoremas, etc.) ainda são suficientes para explicar e compreender a realidade vigente. Nesse ponto, o trabalho da Geometria Gráfica se limita ao ensino da linguagem gráfica para outras áreas do conhecimento que, por sua vez, precisam dela para representar e projetar as formas que utilizam. Em outras palavras, existem áreas do conhecimento, como a Arquitetura, o Design e as Engenharias de modo geral, que utilizam representações

gráficas geométricas como produto de suas criações.

Gostaríamos de enfatizar que há aqui uma clara distinção entre o tratamento que cada uma dessas áreas dá à Forma. A Geometria Gráfica, como foi dito, estuda a Forma a partir dos elementos que a constituem com foco na sua conceituação, definição, caracterização e entendimento das relações existentes entre esses elementos, bem como das relações entre esses elementos e o espaço. A Geometria Gráfica requer, então, uma série de notações específicas que são necessárias para a criação de teorias sobre a Forma. Já a Arquitetura, o Design, as Engenharias, entre outras áreas, utilizam a Forma necessariamente atrelada a uma função e, conseqüentemente, a uma constituição material no intuito de representar, criar ou projetar a Forma em seus projetos. Além disso, a Forma para essas áreas está intrinsecamente compromissada com suas respectivas realidades, ou seja, as Formas são a representação de algo que já existe ou irá existir no mundo real. Para que isso ocorra, a representação gráfica deve obedecer a uma série de convenções, propriedades, medidas, regras e padrões, fundamentados em sistemas de representação pré-estabelecidos pela Geometria Gráfica e que são comprometidos em representar a realidade. Cabe aqui, entretanto, fazer uma ressalva com relação à área do conhecimento das Artes, que também pode ser enquadrada como uma das áreas do conhecimento que utilizam e representam Formas. Porém, diferentemente das outras áreas já citadas, seu compromisso é com uma realidade subjetiva que depende inteiramente do artista.

Um desdobramento importante do entendimento do estado atual da Geometria Gráfica ocorre quando entendemos que estamos em parte adormecidos enquanto ciência. Por outro lado, enquanto Representação, a Geometria Gráfica tem evoluído através do ensino, tanto da linguagem gráfica, quanto das propriedades da Forma, de modo aplicado para outras áreas, sobretudo com a presença das tecnologias digitais, nos reduzindo, portanto, a apenas uma parte do que somos. Desse modo, fica mais fácil compreender o porquê dessa enorme dificuldade em definir nossa identidade, já que muitas vezes confundimos o que somos com o que fazemos. Em outras palavras, não raro, nos definimos apenas como uma linguagem ou, pior ainda, nos definimos apenas como um dos possíveis tipos de suporte gráfico, que é o desenho. Podemos assim perceber o quão limitante é hoje o nosso entendimento sobre nós mesmos.

2.2 O que fazemos? A Geometria Gráfica e o estudo da Forma

Ao longo da história, a humanidade desenvolveu diferentes formas de comunicação através de linguagens verbais e não verbais, sendo bastante difícil aprender todas as formas de linguagem para se comunicar. No entanto, as pessoas podem se comunicar eficazmente pela linguagem verbal do mesmo modo que pela não-verbal. Há pouco consenso sobre uma definição exata do que seria o termo linguagem, mas certamente a maioria dos estudos convergem no sentido de que a linguagem é um sistema baseado

em regras de sinais.

Neste sentido, o termo linguagem é um sistema organizado por conteúdo (semântica), estrutura (sintaxe) e uso (pragmática), objetivando a transmissão e, conseqüente, o entendimento de algum tipo de conhecimento. Sendo assim, podemos dizer que linguagem é primariamente um meio de comunicação, que necessariamente requer a inserção em um contexto social (SAUSSURE, 1993). É por isso que uma comunicação eficaz requer uma compreensão e reconhecimento das conexões entre a linguagem e as pessoas que o utilizam. Partimos do entendimento de que linguagem é um sistema elaborado por um conjunto de signos socialmente entendidos, histórica e culturalmente (BENTO, 2013).

Nesta perspectiva, a representação gráfica geométrica é, para nós, uma linguagem gráfica. A linguagem gráfica é uma linguagem simbólica assim como a linguagem escrita. Todavia, diferentemente desta última, ela é representada formas através de pontos, linhas, superfícies e volumes. Dito isso, é importante salientar que a linguagem gráfica possui características peculiares e únicas porque gera uma representação (imagem) que está carregada de informações sobre a Forma a qual está representando. Dentre essas informações estão grandezas, posicionamento e outras propriedades da Forma. A linguagem gráfica encerra em si precisão, síntese e eficácia sobre as informações da forma, que de outro modo seriam quase impossíveis de serem comunicadas.

No entanto, uma vez sendo linguagem, é necessário que os sujeitos envolvidos no processo de comunicação, sejam alfabetizados em linguagem gráfica, para que o processo de expressão e interpretação gráfica ocorra sem perdas.

O desenho nunca foi nosso objetivo final, pois sempre foi um meio, já que o foco das nossas atividades não é o desenho e sim a Forma. O estudo da Forma é o nosso fim. Por muito tempo se utilizou o desenho como principal tipo de representação gráfica para estudar a Forma. Talvez por isso o meio e o fim tenham se confundido ao longo do caminho. Essa confusão torna-se ainda mais clara quando pensamos na seguinte cadeia: a Geometria Gráfica estuda a Forma através de um meio, que é a linguagem gráfica e, como linguagem, necessita de um meio de expressão, que são exatamente as representações gráficas geométricas. Historicamente o desenho foi, e ainda continua sendo, apenas o meio mais comum e democrático para nos expressarmos. Não se quer tirar, em hipótese alguma, a relevância que o desenho teve para a Geometria Gráfica. Contudo, a realidade futura pode requerer uma nova abordagem do entendimento e da representação da Forma, como seria o caminho natural da evolução das ciências e da produção do conhecimento.

Resumindo, respondendo de maneira mais objetiva e precisa à pergunta “o que fazemos?”, entendemos que a resposta é: o estudo, o entendimento e a representação da Forma. Para estudar a Forma utilizamos a representação gráfica geométrica, que se constitui em um tipo de linguagem gráfica.

2.3 Para onde vamos? Contribuições da Geometria Gráfica para o estudo e ensino da Forma

O que se espera da Geometria Gráfica como ciência é que a partir do momento em que o mundo em que vivemos se modifique, surjam novas necessidades no pensar e no compreender a Forma, especialmente com o desenvolvimento da tecnologia, que vem possibilitando operações ou visualizações antes inexecutáveis. Atualmente, as representações gráficas geométricas podem se dar tanto por meio do suporte gráfico convencional (desenho), quanto por meio do suporte gráfico digital (softwares). Tal fato abre possibilidades sem precedentes para o estudo e para a representação da Forma, uma vez que a representação gráfica geométrica digital carrega não somente as informações geométricas que lhes são intrínsecas, mas também informações que vão além da questão geométrica, como por exemplo a representação de uma parede nos softwares paramétricos. Sendo assim, o estudo da Forma através do suporte gráfico digital oferece possibilidades de representação e de informações subjacentes ainda não exploradas em todo o seu potencial.

A linguagem gráfica teve durante muito tempo o desenho como principal suporte. Contudo, atualmente esse suporte também ocorre através da representação digital, com softwares gráficos. Atualmente, as tecnologias da informação e comunicação têm interferido positivamente, e cada vez mais, na área da representação gráfica.

A modelagem da informação e a fabricação digital aplicada à Forma se constituem em tecnologias e ferramentas usadas na modelagem e na fabricação dos objetos construídos, sejam estes voltados para a Arquitetura, o Design, a Engenharia ou qualquer outra área que tenha a Forma como objeto principal. A imersão no mundo das tecnologias contemporâneas de modelagem e de fabricação digital têm mudado o perfil dos profissionais que utilizam a Forma. No entanto, todas essas inovações ainda não estão sendo exploradas com relação à Geometria Gráfica como ciência. Acreditamos que a fabricação digital tem ainda muito a contribuir no pensar e estudar a Forma. Talvez esse seja um caminho importante para a Geometria Gráfica em um futuro bem próximo.

Nessa perspectiva, a modelagem e a fabricação digital surgem como meios para conceber, estudar, projetar e trabalhar a Forma nas mais diferentes áreas do conhecimento humano, promovendo assim o desenvolvimento de um pensamento inovador atrelado à tecnologia e influenciando definitivamente os processos de criação e produção da Forma. A consequência natural desse processo é que o papel do “desenho” do objeto construído (2D) passa a ser substituído pelo Modelo Digital (3D com informação pendurada) que incorpora conceitos de simulação computacional, essenciais para a busca da melhoria do desempenho do objeto construído.

Nas considerações do item 2.1 vimos que o desenho ainda é visto tanto como o processo, como o resultado (MICHAELIS, 2018; MARQUES et al, 2017). Porém,

levando essa reflexão para o mundo digital e traçando um paralelo com essa primeira reflexão, temos que, quando se trata da representação gráfica geométrica digital, a Forma é representada não só pela linguagem gráfica, mas também por uma linguagem computacional e, nesse ponto, há uma fusão de duas linguagens. Atualmente, diversos softwares gráficos permitem a representação de formas sob essa ótica. Surge então o seguinte questionamento: estamos desenhando quando estamos representando uma forma em um software gráfico? Acreditamos, por tudo que ficou esclarecido sobre desenho, que não. E é exatamente nesse ponto que podemos perceber uma mudança no paradigma nos modos de representar a Forma, porque esses novos modos abrem novas janelas de reflexão. Por exemplo, estudamos teoricamente que a reta é infinita. No entanto, quando desenhamos a representação dessa reta em um papel, temos como limite a própria superfície do papel, podemos até fazer menção a infinitude dessa reta colocando setas nas suas extremidades. Já quando vamos representar essa mesma reta em um software computacional como o AutoCad ou Sketchup podemos representá-la em toda sua infinitude. Conseqüentemente, a representação se aproxima da sua definição e isso é uma abordagem inovadora para a Geometria Gráfica como ciência.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS²

Como visto até aqui, a Geometria Gráfica é uma ciência. Nosso objeto teórico e empírico de trabalho se constitui em um meio de aplicação para muitas outras áreas. Esse meio é a Linguagem Gráfica que representa a Forma, seja nas áreas de Arquitetura e Urbanismo, Artes, Design, Engenharias e Expressão Gráfica ou outras que utilizem a Forma como objeto. Como ciência, a Geometria Gráfica encontra-se em um estado adormecido porque seu desenvolvimento até aqui é suficiente para compreender a realidade vigente. Não obstante, a Geometria Gráfica – enquanto área de ensino que tem como foco a linguagem gráfica – está passando por um processo de modificação ocasionado pelas novas tecnologias digitais, que tem propiciado uma mudança de paradigma na questão da representação da Forma.

As tecnologias digitais instituíram possibilidades inovadoras de representar a Forma. Desencadeando, ao nosso ver, uma reflexão epistemológica, pois somos um veículo para muitas áreas. Desse modo, a linguagem gráfica utiliza algumas tecnologias de computação gráfica que têm permitido que Formas – antes inexecutáveis por não possuírem representação amparada na Geometria Gráfica – sejam possíveis de serem representadas e executadas hoje em dia. Acreditamos, assim, que a Geometria Gráfica como ciência e como objeto do ensino é, e será sempre, alvo de uma constante inovação, assim como as tecnologias que a alimentam.

2. Esse trabalho já produziu desdobramentos relevantes sobre os caminhos futuros dessa área que denominamos aqui de Geometria Gráfica. Atualmente a visão dos autores aponta para o entendimento da Geometria Gráfica como aporte teórico de uma área mais ampla, denominada Ciência Visiográfica (LOPES, GUSMÃO, CARNEIRO-DA-CUNHA, 2019).

Como foi mencionado acima, muitas áreas do conhecimento utilizam a Geometria Gráfica como um meio. Contudo, embora colaborando com diversas áreas, não temos a oportunidade de nos debruçarmos sobre o nosso objeto teórico e empírico como deveríamos. Precisamos criar uma ambiência necessária para realizar estudos sobre a Forma em suas múltiplas variações e desdobramentos. Mas essa construção só será plena e possível quando alcançarmos algum tipo de consenso sobre quem somos, pois precisamos estabelecer, criar, condensar e fortificar nossa identidade como área específica do conhecimento humano. Logicamente, a pesquisa e o ensino nessa área contribuirão de maneira excepcional para esse processo. Até lá teremos uma identidade fragmentada e inserida em outras áreas de conhecimento.

Finalizando, podemos dizer que as três perguntas elencadas nesse texto se traduzem da seguinte maneira: “Quem somos?”, a Geometria Gráfica fica melhor entendida quando definida como uma ciência que se traduz em representações gráficas; “O que fazemos?”, os profissionais da área trabalham com a Forma, seja ela entendida como objeto de estudo ou como meio para representar graficamente formas geométricas, que são amplamente utilizadas em outras áreas do conhecimento humano; por fim, “Para onde vamos?”, esse questionamento permanece em aberto, ao nosso ver, sobretudo do ponto de vista epistemológico, uma vez que ainda não estão definidos os caminhos pelos quais a Geometria Gráfica terá que percorrer para se adequar e se estabelecer como área do conhecimento que trabalha a Forma nas suas mais variadas acepções. É imprescindível que nós, geômetras, façamos uma reflexão profunda sobre as possibilidades de caminhos futuros, caminhos que garantam a nossa sobrevivência como área de estudo e pesquisa com o risco de perdermos o lugar, mesmo que ainda frágil, que ocupamos.

REFERÊNCIAS

BENTO, Alexandra. **Geometria Descritiva**: aprendizagem de uma nova linguagem. Dissertação (Mestrado). Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação. Curso de Ensino das Artes Visuais, 2013.

CHAPUT, Frère Ignace. **Elementos de geometria**: contendo noções sobre as curvas usuais. Rio de Janeiro: F. Briguiet e Cia, 1954.

COSTA, M. D.; COSTA, A. P. de A. V. **Geometria gráfica tridimensional**: sistemas de representação. vol. 1. 3ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1996.

DESENHO. In: Michaelis: DICIONÁRIO brasileiro da língua portuguesa. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/desenho/>>. Acesso em 19 set. 2018. Não paginado.

FÜRKOTTER, M.; MORELATTI, M. R. M. A geometria da tartaruga: uma introdução à linguagem LOGO. In: **Anais Simpósio de Matemática**, 4, 2009, Presidente Prudente, 2009. p. 1-29.

GARDNER, Howard. Inteligência Espacial. In: GARDNER, Howard (Org.). **Estruturas da mente**: a teoria das inteligências múltiplas. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.

LOPES, A. V. F.; CARNEIRO DA CUNHA, M. W.; GUSMÃO, M. B. R. Quem Somos? Uma abordagem epistemológica sobre a geometria gráfica e suas práticas. **Revista Geometria Gráfica**, Recife, v. 2, n. 1, p. 5-24, 2018.

LOPES, A. V. F.; GUSMÃO, M. B. R.; CARNEIRO DA CUNHA, M. W. Quem somos? O que fazemos? Para onde vamos? Uma reflexão epistemológica sobre a Geometria Gráfica. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, Santa Catarina, Vol. 7, n. 2, 2019.

LORENZATO, S. **Por que não ensinar geometria? educação matemática em revista**. v. 3, n. 4, p. 3-13, 1995.

LORENZATO, S. **Educação infantil e percepção matemática**. Campinas: Autores Associados, 2006.

MARQUES, Filipe; FLORES, Paulo; SOUTO, Antônio P. **Desenho e representação gráfica**: introdução ao desenho técnico. Universidade do Minho Escola de Engenharia, Guimarães, 2017.

NASSER, L, et al. **Geometria segundo a teoria de van Hiele**. 3 ed. Instituto de Matemática/UFRJ: Projeto Fundação, 2000.

PIAGET, J.; INHELDER, Bärbel. **A representação do espaço na criança**. Bernardina Machado de Albuquerque (Trad.). Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

SAUSSURE, F. **Saussure's Third Course of Lectures on General Linguistics (1910-1911) from the notebooks of Emile Constantin**. Komatsu, E.; Harris, R. (eds.). Oxford-New York-Seoul-Tokyo, Pergamon Press, 1993.

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	-	-	-	-	1.391.016	100	D = 4	4
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	5.906,4	100	R = 26	26	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.

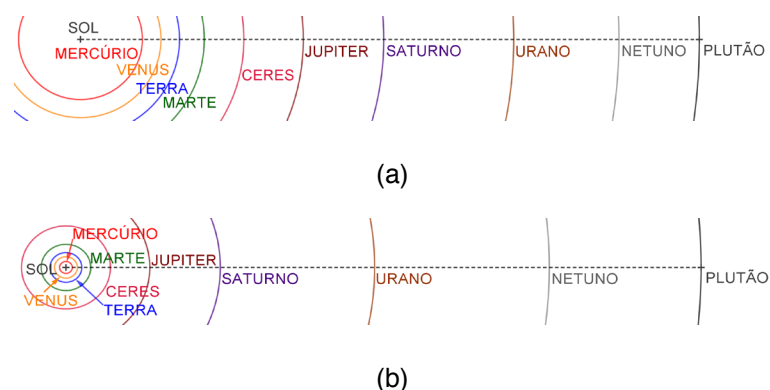


Figura 1. Distâncias orbitais com: (a) médias geométricas; (b) proporção direta dos raios.

O deslocamento Δ 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 Δ , 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° 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° 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 Δ 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 Ω , formada entre o eixo d e a linha dos nós; e a longitude do periélio ω , formada entre a linha dos nós e o ponto periélio. Os ângulos Ω e ω estão ilustrados na Figura 2.

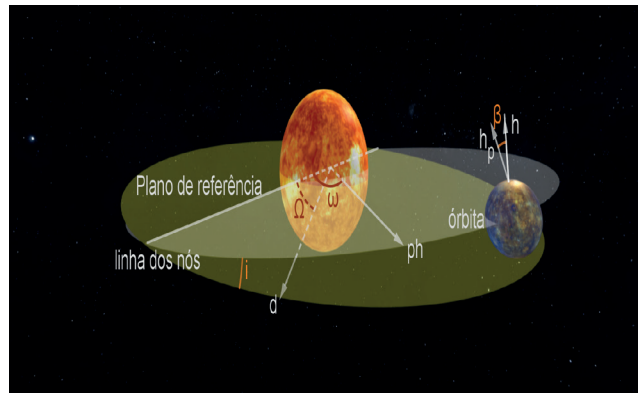


Figura 2. Ângulos usados para posicionar as órbitas dos planetas.

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 β 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° a 360° 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.

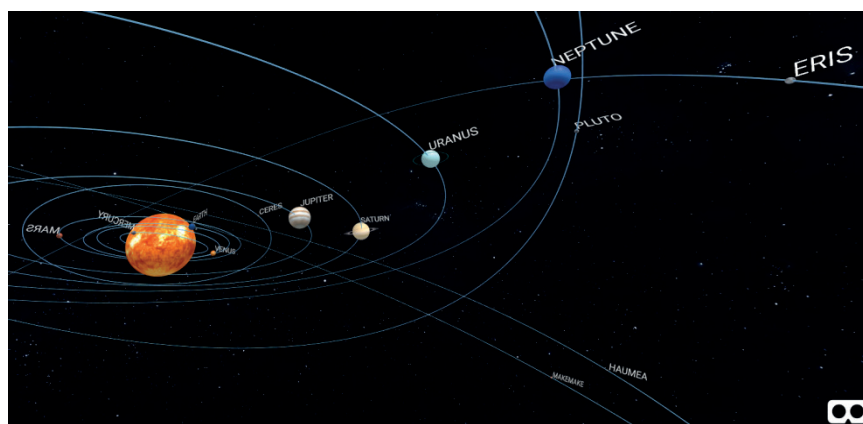


Figura 4. Visão ampliada das órbitas do Sistema Solar modeladas em RV.

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).

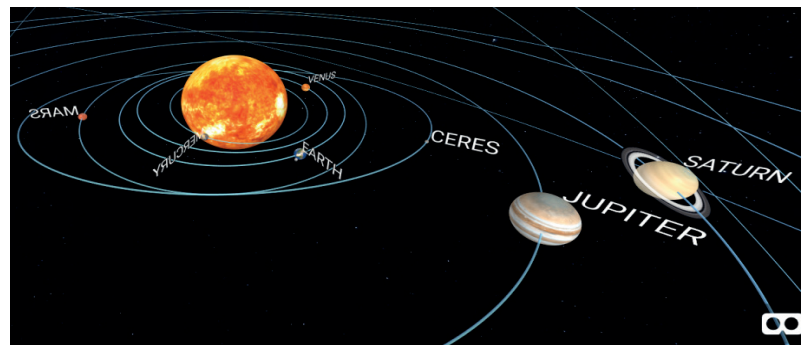


Figura 5. Visualização parcial do Sistema Solar com RV usando-se A-frame.

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.

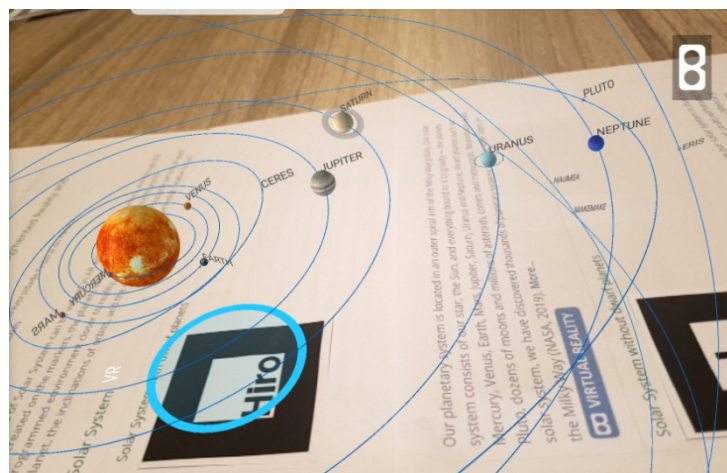


Figura 8. Visualização dos planetas do Sistema Solar em RA com o marcador hiro.

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/>

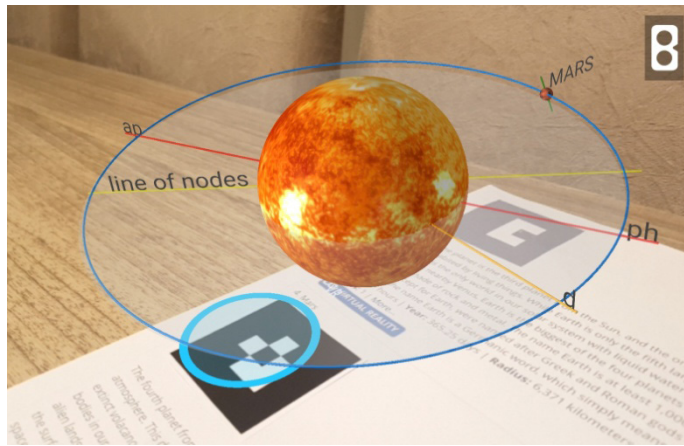


Figura 9. Visualização da órbita de Marte em RA com o *qr code* #20.

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

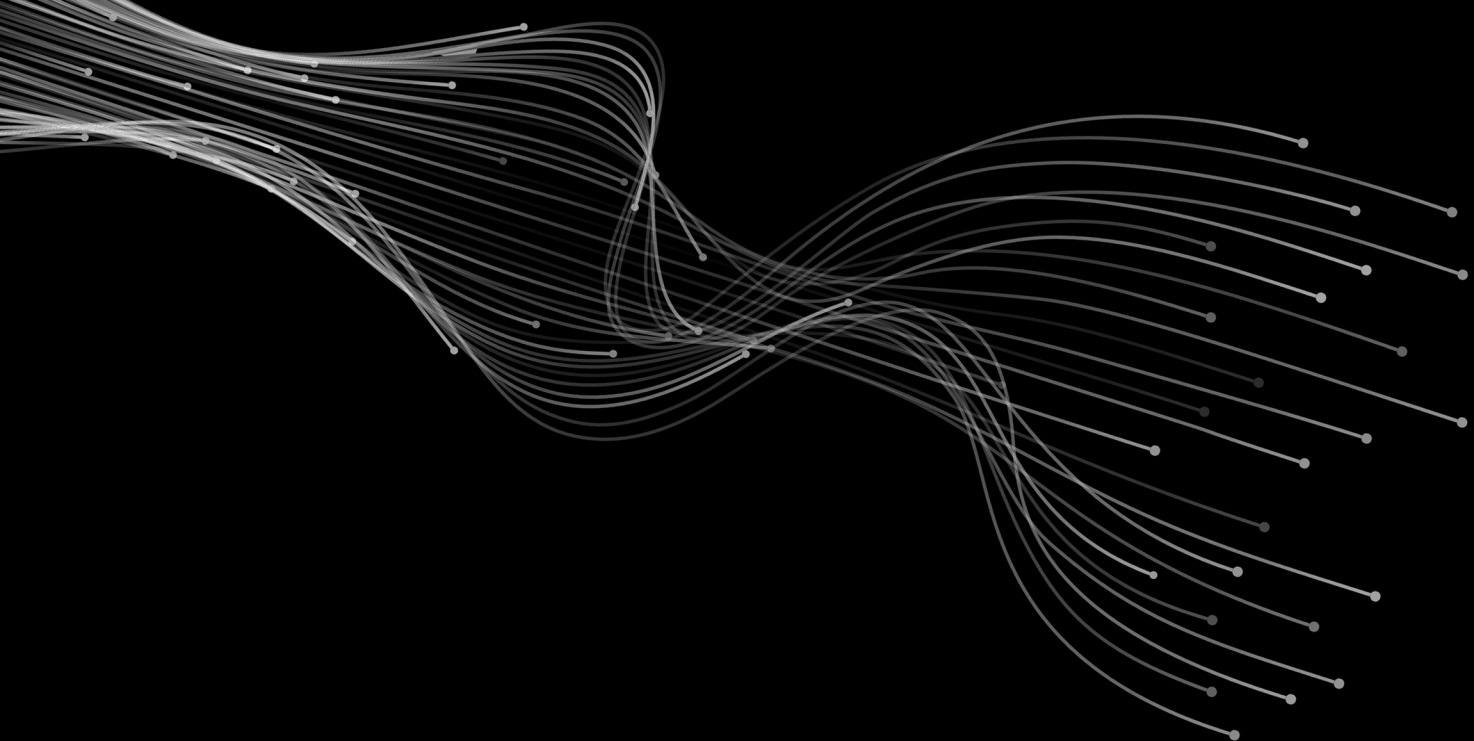
T

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 

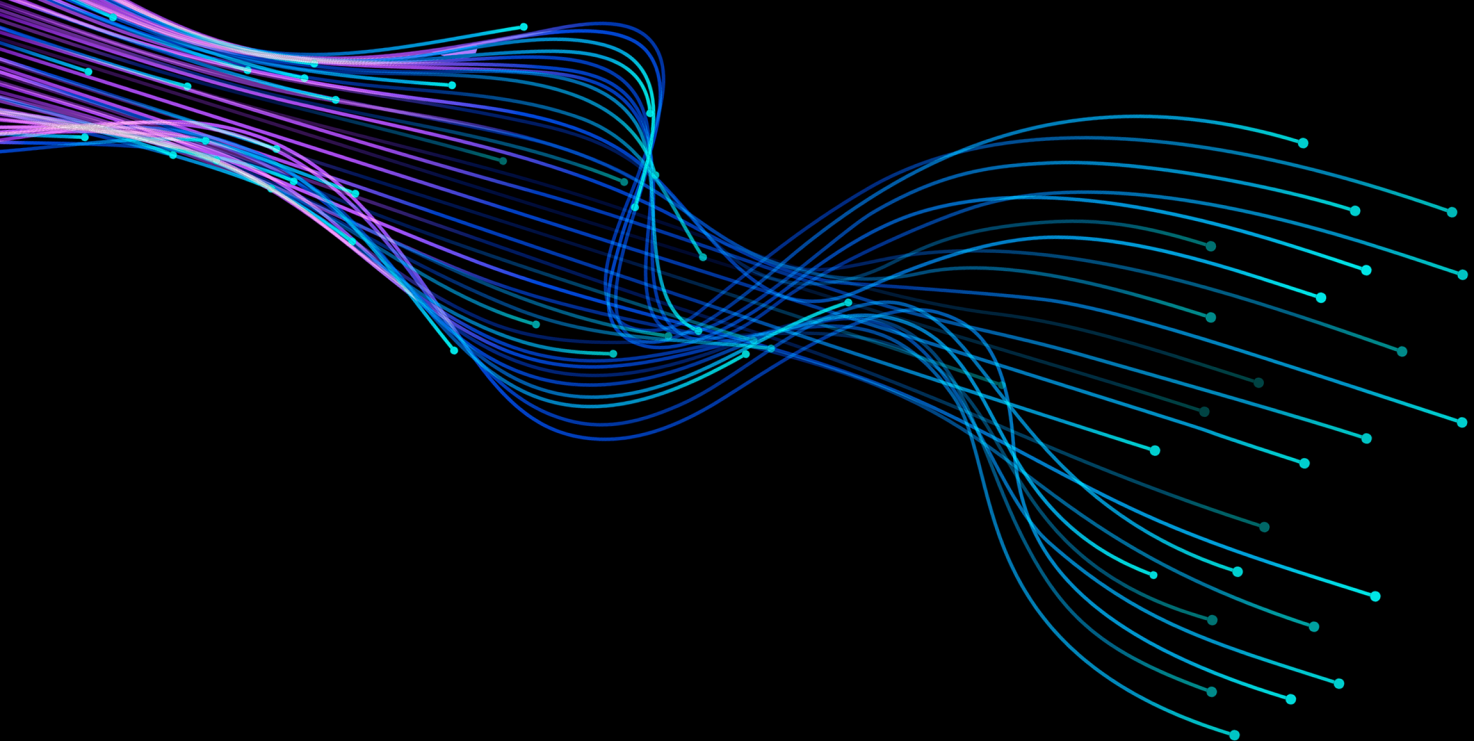
contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020



Engenharia Gráfica para Artes e Design: Interfaces e Aplicabilidades

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020