

Giovani Voltolini

**DESIGN PARAMÉTRICO E MODELAGEM ALGORÍTMICA:  
OS EFEITOS DE SEUS CONCEITOS E TÉCNICAS EM  
ACADÊMICOS DE ARQUITETURA**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós Graduação em Arquitetura e  
Urbanismo da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do Grau  
de Mestre em Arquitetura  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Regiane Trevisan  
Pupo, Dr.<sup>a</sup>

Florianópolis  
2016



Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Voltolini, Giovanni

Design paramétrico e modelagem algorítmica : Os efeitos de seus conceitos e técnicas em acadêmicos de arquitetura / Giovanni Voltolini ; orientadora, Regiane Trevisan Pupo - Florianópolis, SC, 2016.  
205 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Design Paramétrico. 3. Modelagem Algorítmica. 4. Design Algorítmico. I. Pupo, Regiane Trevisan. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Giovani Voltolini

**DESIGN PARAMÉTRICO E MODELAGEM ALGORÍTMICA:  
OS EFEITOS DE SEUS CONCEITOS E TÉCNICAS EM  
ACADÊMICOS DE ARQUITETURA**

Esta Dissertação foi julgado (a) adequado (a) para obtenção do Título de “Mestre em Arquitetura e Urbanismo”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Pós-Arq | UFSC.

Florianópolis, 15 de abril de 2016.

---

Prof. Renato Tibiriçá de Saboya, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Regiane Trevisan Pupo, Dr.<sup>a</sup>  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Alice Theresinha Cybis Pereira, PhD. Arq  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Ana Veronica Paz y Mino Pazmino, Dr.<sup>a</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Jarryer Andrade de Martino, Dr.  
Centro Universitário Barão de Mauá (Vídeo Conferência)

Este trabalho é dedicado ao meu  
filho Benjamin.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, minha esposa Thayana, meus professores, colegas de mestrado e a minha querida orientadora Prof<sup>a</sup> Regiane Trevisan Pupo.





*“Contemporary digital design practice is in a state of rapid evolution. While architects have employed computer-aided drafting systems for decades, only recently have two distinct and potent design sensibilities – parametric and algorithmic design – emerged. Nurtured by early architectural researchers and programmers operating in practice, these methodologies are now gaining widespread professional and academic acceptance. However, there remains considerable confusion about the meaning of the two terms, and about the meaning of ‘parametric design’ in particular. ”*

(Nail Leach, 2014)



## RESUMO

O uso da computação em escritórios de arquitetura e design é uma prática usual desde meados dos anos de 1990 e durante este período a utilização de ferramentas CAD influenciou os processos de representação e visualização. No entanto, em relação à concepção projetual por meio destas ferramentas, nota-se uma falta de significativa modificação do paradigma, sem inovações ou modificações. Porém, em contraponto a este modelo herdado da década de 1990, algumas empresas têm adotado outro modelo de idealização, que se utiliza da computação como meio gerador na elaboração. Neste contexto dois distintos e promissores processos de concepção projetual – Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica – vêm emergindo, nutridos por pesquisadores de arquitetura e programadores que operam na prática e ganhando aceitação profissional e acadêmica generalizada. O objetivo desta pesquisa é propor um processo de elaboração de formas, por meio de técnicas de Modelagem Paramétrica e Algorítmica para acadêmicos de Arquitetura e Urbanismo e investigar os efeitos desta dinâmica nas fases iniciais da concepção.

**Palavras-chave:** Design Paramétrico. Modelagem Algorítmica. Parametrização.



## ABSTRACT

The use of computer applications in design offices has been a common practice since the mid-1990s and during this period the use of CAD tools has influenced object representation and visualization processes. Meantime, regarding architectural design with such tools, a significant change in its development has been noticed. However, from the 1990s on, some companies have adopted another idealization model, which uses the computer in generating of the concept. In this context, two distinct and promising projetual design processes - Parametric Design Algorithmic Modeling - are emerging, through architecture researchers and programmers and have gained widespread professional and academic acceptance. The objective of this research is to propose a form manufacturing process throughout Parametric modeling and Algorithmic for Architecture and Urbanism undergraduate students, as well as to investigate the effects of this dynamic in the early stages of architecture conception.

**Keywords:** Parametric Design. Algorithmic Modeling. Parametrization.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Concepção de forma arquitetônica do Hangzhou Stadium, realizada através do software Rhinoceros, plug-in Grasshopper e prototipagem digital. ....	36
Figura 2 - Estrutura que é demasiadamente difícil de projetar pelo “método tradicional”. ....	40
Figura 3 - Interface do software AutoCAD 1.0, lançado em 1982, sendo utilizado para projeto de Urbanismo. ....	51
Figura 4 - Desenho feito em prancheta mostra qualidade gráfica superior ao projeto informatizado da década de 1980. ....	51
Figura 5 – Visualização de projeto facilitada por ferramenta computacional 3D. ....	55
Figura 6 – Exemplo de projeto com formas retilíneas, <i>baseado em geometria plana e descritiva</i> , elaborado com software Autocad. ....	59
Figura 7 – Exemplo de modelagem 3D <i>em</i> projeto com formas retilíneas, elaborado <i>em</i> software 3D Studio Max, baseado em geometria plana e descritiva. ....	59
Figura 8 – Pavilhão Olímpico, <i>em</i> Barcelona, de Frank Gehry, onde se fez uso de formas orgânicas geradas por computador. ....	61
Figura 9 – Kunsthaus / Crab Studio (Graz, Áustria, 2001 - 2003): modelado em Rhinoceros, é um exemplo de estrutura que teria sua elaboração demasiadamente complexa sem o uso de Modelagem 3D NURBS. ....	63
Figura 10 – Inserção de esquadria e ajuste paramétrico da abertura da parede. ....	65
Figura 11 – Modelo matemático de resolução de projeto. ....	71
Figura 12 – Lista de elementos para composição do projeto. ....	71
Figura 13 – Coordenadas das posições iniciais dos elementos. ....	71
Figura 14 – Programação de área e posicionamento do elemento 05, apresentado na figura 20, executada em Grasshopper, através de pilhas (ou baterias).....	72
Figura 15 – Resultado, em tempo real, da programação ..... 72	72
Figura 16 – Variável “B” = 5,0. ....	73
Figura 17 – Variável “B” = 10,0. ....	73
Figura 18 – Textual (script de comando em forma textual). ....	75
Figura 19 – Visual (interligação de pilhas de informação). ....	75
Figura 20 – Modelo de pilar curvilíneo em treliça (Variação “A”), gerado através de <i>Modelagem Algorítmica</i> em Grasshopper e parametrizado por curvas concebidas em Rhinoceros.....	76

Figura 21 – Modelo de pilar curvilíneo em treliça (Variação “B”), gerado através de <i>Modelagem Algorítmica</i> em Grasshopper e parametrizado por curvas concebidas em Rhinoceros. ....	77
Figura 22 – Combinação de entidades gráficas regulares 3D. ....	84
Figura 23 – Entidade gráfica fundamental ponto e suas variáveis dentro de um ambiente computacional 3D. ....	86
Figura 24 – Entidades gráficas fundamentais e suas variáveis dentro de um ambiente computacional 3D. ....	87
Figura 25 – Entidades gráficas fundamentais e suas variáveis dentro de um processo computacional 3D. ....	88
Figura 26 - Aplicação de <i>MA</i> e visualização simultânea da forma em ambiente computacional 3D. ....	88
Figura 27 - Entidades gráficas fundamentais e seus parâmetros dentro de um processo computacional 3D. ....	90
Figura 28 – Variáveis dentro de um sistema computacional 3D de curvas regulares. ....	91
Figura 29 - Variáveis dentro de um sistema computacional 3D de curvas concordantes. ....	91
Figura 30 – Variáveis dentro de um sistema computacional 3D de curvas não uniformes do tipo Bézier. ....	92
Figura 31 – Estrutura composta por segmentos retilíneos – o tamanho dos segmentos representados em verdadeira grandeza (VG) facilita a subdivisão da malha. ....	93
Figura 32 – Estrutura composta por traçados curvilíneos – os comprimentos dos traçados não representam verdadeira grandeza (VG), o que dificulta a subdivisão da malha. ....	94
Figura 33 – Fluxograma <i>do</i> ciclo da <i>pesquisa-ação</i> . ....	102
Figura 34 – Heydar Aliyev Center / ZahaHadid Architects (Baku, Azerbaijão, 2013). ....	112
Figura 35 – Heydar Aliyev Center / ZahaHadid Architects (Baku, Azerbaijão, 2013). ....	112
Figura 36 – City Hall / Foster & Partners (Londres, Inglaterra, 2002). ....	112
Figura 37 – City Hall / Foster & Partners (Londres, Inglaterra, 2002). ....	112
Figura 38 – Kunsthaus / Crab Studio (Graz – Áustria, 2003). ....	112
Figura 39 – Kunsthaus / Crab Studio (Graz – Áustria, 2003). ....	112
Figura 40 - Metropol Parasol / Jürgen Mayer Architecture & Design Research (Sevilha – Espanha, 2011). ....	113
Figura 41 - Metropol Parasol / Jürgen Mayer Architecture & Design Research (Sevilha – Espanha, 2011). ....	113



Figura 42 – “Exercício Orientado 1”: treliça curvilínea parametrizada (posição “A”).	122
Figura 43 – “Exercício Orientado 1”: treliça curvilínea parametrizada (posição “B”).	123
Figura 44 – Algoritmo do Exercício 1: treliça curvilínea parametrizada.	124
Figura 45 – “Exercício Orientado 2”: estrutura parametrizada (posição “A”).	124
Figura 46 – “Exercício Orientado 2”: estrutura parametrizada (posição “B”).	125
Figura 47–Código da modelagem algorítmica do “Exercício Orientado 2”: estrutura parametrizada.	126
Figura 48 – “Exercício Orientado 3”: Painel parametrizado (ponto de atração).	127
Figura 49 – Código da modelagem algorítmica do “Exercício Orientado 3”: painel parametrizado (ponto de atração).	128
Figura 50 – “Exercício Orientado 4”: parede parametrizada com aplicação de elemento geométrico (panelização).	128
Figura 51 – Código da modelagem algorítmica do “Exercício Orientado 4”: parede parametrizada com aplicação de elemento geométrico (panelização).	129
Figura 52 – Participantes desenvolvendo o “Exercício Orientado 1”, <i>a</i> parametrização de curva para gerar treliça curvilínea.	136
Figura 53 – Participante desenvolvendo o “Exercício Orientado 1”, <i>a</i> parametrização de curva para gerar treliça curvilínea.	136
Figura 54 – Participante desenvolvendo “Exercício Orientado 2” – Estruturada Parametrizada.	138
Figura 55 – Painel desenvolvido por participante utilizando a técnica do ponto de atração.	140
Figura 56 – Participante desenvolvendo “Exercício Orientado 4” (panelização) – parede gerada a partir de parametrização de elemento geométrico.	143
Figura 57 – Participantes desenvolvendo “Exercício Orientado 4” (panelização) – parede gerada a partir de parametrização de elemento geométrico.	143



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aplicação de disciplinas relacionadas ao tema em cursos superiores de Arquitetura em Santa Catarina. ....	43
Quadro 2 – Principais diferenças entre programação textual e visual... 75	
Quadro 3 – Onze características da <i>pesquisa-ação</i> .....	99
Quadro 4 – Programação da Aula 1. ....	119
Quadro 5 – Programação da Aula 2. ....	119
Quadro 6 – Programação da Aula 3. ....	120
Quadro 7 – Programação da Aula 4. ....	120
Quadro 8 – Programação da Aula 5. ....	121



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AM – Algorithmic Modeling

DP – Design Paramétrico

PD – Parametric Design

NURBS – Non Uniform Rational Base Splines

MEC – Ministério da Educação e Cultura

MA – Modelagem Algorítmica



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>33</b>
1.1 APRESENTAÇÃO .....	33
1.2 PROBLEMÁTICA.....	37
1.3 OBJETIVOS .....	41
1.4 JUSTIFICATIVA.....	42
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	47
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>49</b>
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	49
<b>2.1.1 Popularização do Projeto Informatizado .....</b>	<b>49</b>
<b>2.1.2 Aperfeiçoamentos das ferramentas computacionais aplicadas.....</b>	<b>54</b>
<b>2.1.3 Modelagem 3D de superfícies curvilíneas não uniformes.....</b>	<b>60</b>
<b>2.1.4 Aplicações Paramétricas (Paramétrico) .....</b>	<b>63</b>
<b>2.1.5 Paramétrico e Parametrização.....</b>	<b>65</b>
<b>2.1.6 Programação em Modelagem Paramétrica (Modelagem Algorítmica) .....</b>	<b>68</b>
<b>2.1.7 Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica .....</b>	<b>75</b>
2.2 PROCESSO DE PROJETO (PROJETAÇÃO).....	78
<b>2.2.1 Procedimentos projetivos.....</b>	<b>79</b>
<b>2.2.2 Idealização .....</b>	<b>80</b>
<b>2.2.3 Elaboração de forma.....</b>	<b>82</b>
<b>2.2.4 Elaboração de formas não convencionais ou não uniformes..</b>	<b>90</b>
2.3 SITUAÇÃO DE ENSINO.....	94
<b>3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>97</b>
3.1 SOBRE A PESQUISA-AÇÃO .....	97
<b>3.1.1 Por que a pesquisa-ação.....</b>	<b>99</b>

<b>3.1.2 Fases e Etapas da Pesquisa-ação.....</b>	<b>101</b>
<b>4 APLICAÇÃO .....</b>	<b>107</b>
4.1 DEFINIÇÃO DO LOCAL E DA POPULAÇÃO .....	107
4.2 INFORMAÇÕES SOBRE POSSÍVEIS PARTICIPANTES .....	108
<b>4.2.1 Lançamento da proposta de pesquisa .....</b>	<b>108</b>
<b>4.2.2 Perfil dos Respondentes.....</b>	<b>109</b>
<b>4.2.3 Conhecimentos dos respondentes sobre o tema de pesquisa .</b>	<b>109</b>
<b>4.2.4 Conhecimento dos respondentes sobre as ferramentas utilizadas .....</b>	<b>110</b>
<b>4.2.5 Conhecimento dos respondentes em relação ao estado da arte.....</b>	<b>111</b>
<b>4.2.5 Interesse sobre o tema da pesquisa.....</b>	<b>113</b>
4.3 CADASTRAMENTO DOS PARTICIPANTES .....	114
<b>4.3.1 Conhecimento sobre as ferramentas relacionadas a pesquisa.....</b>	<b>115</b>
<b>4.3.2 Conhecimento sobre outras ferramentas .....</b>	<b>115</b>
4.4 <i>WORKSHOP: PARAMETRIC DESIGN E ALGORITHMIC MODELING</i> .....	116
<b>4.3.3 Programação do <i>Workshop</i> .....</b>	<b>118</b>
4.5 EXERCÍCIOS ORIENTADOS.....	121
<b>4.5.1 “Exercício Orientado 1”: treliça curvilínea parametrizada..</b>	<b>122</b>
4.5.1.1 Explicação do ‘Exercício Orientado 1’ .....	123
<b>4.5.2 “Exercício Orientado 2”: estrutura parametrizada.....</b>	<b>124</b>
4.5.2.1 Explicação do “Exercício Orientado 2” .....	125
<b>4.5.3 “Exercício Orientado 3”: painel parametrizado .....</b>	<b>126</b>
4.5.3.1 Explicação do “Exercício Orientado 3” .....	127



<b>4.5.4 “Exercício Orientado 4”:</b>	
<b>parede parametrizada</b>	
<b>(panelização)</b> .....	128
4.5.4.1 Explicação do “Exercício Orientado 4” .....	128
<b>5 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>131</b>
5.1 ENTENDIMENTO RELACIONADO AO TEMA DE	
PESQUISA.....	131
5.2 ENTENDIMENTO QUANTO AOS TERMOS RELACIONADOS	
À PESQUISA.....	132
5.3 ENTENDIMENTO RELACIONADO ÀS FERRAMENTAS	
UTILIZADAS .....	132
5.4 ENTENDIMENTO RELACIONADO AO PROCESSO DE	
ELABORAÇÃO DE FORMA .....	133
5.5 RESULTADOS RELACIONADOS AOS EXERCÍCIOS	
ORIENTADOS .....	134
<b>5.5.1 Resultados pós “Exercícios Orientado 1” – Treliça</b>	
<b>Parametrizada</b> .....	134
<b>5.5.2 Resultados pós “Exercício Orientado 2” – Estrutura</b>	
<b>Parametrizada</b> .....	137
<b>5.5.3 Resultados pós “Exercício Orientado 3” – Painel</b>	
<b>Parametrizado</b> .....	139
<b>5.5.4 Resultados pós “Exercício Orientado 4” – Parede</b>	
<b>Parametrizada</b> .....	141
5.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS PARTICIPANTES	
REFERENTES QUANTO AO <i>WORKSHOP</i> .....	144
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>147</b>
REFLEXÃO CRÍTICA .....	147
<b>Melhorias alcançadas (implicações e recomendações para a prática</b>	
<b>profissional)</b> .....	149

<b>O que foi aprendido à respeito do processo de pesquisa .....</b>	<b>150</b>
DESDOBRAMENTOS FUTUROS .....	152
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>155</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>165</b>
APÊNDICE A - Relação das Instituições de Ensino Superior de Arquitetura no Estado de Santa Catarina em 2015. ....	166
APÊNDICE B - Relação das Fontes das Grades Curriculares das Faculdades de Arquitetura no Estado de Santa Catarina.....	171
APÊNDICE C - População pesquisada do curso de Arquitetura e Urbanismo da Univali (Relação entre docentes e discentes). ....	174
APÊNDICE D - ‘Questionário 1’ sobre o entendimento dos acadêmicos sobre os termos Parametric Design, Algorithmic Modeling e Complex Geometry.....	175
APÊNDICE E - Relação do total da população pesquisada entre os respondentes e não respondentes do ‘Questionário 1’. ....	176
APÊNDICE F - Relação entre docentes e discentes respondentes do ‘Questionário 1’. ....	176
APÊNDICE G - Relação da formação acadêmica dos docentes respondentes do ‘Questionário 1’.....	177
APÊNDICE H - Relação dos períodos letivos em que se encontram os discentes respondentes do ‘Questionário 1’. ....	177
APÊNDICE I - Entendimento sobre o termo ‘PARAMETRIC DESIGN’ dos respondentes do ‘Questionário 1’. ....	178
APÊNDICE J - Entendimento sobre o termo ‘ALGORITHMIC MODELING’ dos respondentes do ‘Questionário 1’.....	178
APÊNDICE K - Entendimento sobre o termo ‘COMPLEX GEOMETRY’ dos respondentes do ‘Questionário 1’.....	179

APÊNDICE L - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que conhecem ou utilizam o software Rhinoceros.....	179
APÊNDICE M - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que conhecem ou utilizam o plug-in Grasshopper.....	180
APÊNDICE N - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que conhecem os arquitetos citados.....	180
APÊNDICE O - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que conhecem as obras citadas.....	181
APÊNDICE P - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que tem interesse sobre o tema de pesquisa.....	181
APÊNDICE Q - Convite para a palestra referente ao 'Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling'.....	182
APÊNDICE R - 'Questionário 2' referente ao cadastro dos participantes no 'Workshop'.....	182
APÊNDICE S - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' cadastrados no 'Workshop'.....	183
APÊNDICE T - Relação entre docentes e discentes cadastrados no 'Workshop'.....	183
APÊNDICE U - Relação entre os períodos letivos dos discentes que se cadastraram no 'Workshop'.....	184
APÊNDICE V - Nível de conhecimento que os cadastrados consideraram possuir em relação ao software Rhinoceros.....	184
APÊNDICE W - Nível de conhecimento que os cadastrados consideraram possuir em relação ao plug-in Grasshopper.....	185
APÊNDICE X - Relação dos softwares que os cadastrados consideraram possuir algum tipo de conhecimento.....	185

APÊNDICE Y - 'Questionário 3' sobre o pós 'Workshop: Parametric Design e AlgorithmicModeling' (1ª Parte). .....	186
APÊNDICE Z - 'Questionário 3' sobre o pós 'Workshop: Parametric Design e AlgorithmicModeling' (2ª Parte). .....	187
APÊNDICE AA - 'Questionário 3' sobre o pós 'Workshop: Parametric Design e AlgorithmicModeling' (3ª Parte). .....	188
APÊNDICE BB - Relação dos participantes cadastrados e do que efetivamente participaram do 'Workshop' .....	189
APÊNDICE CC - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre o tema ParametricDesign e AlgorithmicModeling após o 'Workshop' .....	189
APÊNDICE DD - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre os termos: modelagem geométrica, modelagem paramétrica ou parametrização, modelagem por meio de programação de algoritmos e modelagem de formas complexas. ....	190
APÊNDICE EE - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre as ferramentas e as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos com o uso do software Rhinocerosmais plug-in Grasshopper. ....	191
APÊNDICE FF - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre o Processo de elaboração de forma (Concepção Formal): Modo de concepção de forma em relação ao "processo tradicional". .....	192
APÊNDICE GG - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto a dificuldade do 'Exercício Orientado 1'. .....	192
APÊNDICE HH - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto ao aproveitamento do 'Exercício Orientado 1'. .....	193

APÊNDICE II - Comentários dos participantes do ‘Workshop’ referente ao ‘Exercício Orientado 1’.	193
APÊNDICE JJ - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 1’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad.	194
APÊNDICE KK - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 1’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software Rhinoceros.	194
APÊNDICE LL - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto a dificuldade do ‘Exercício Orientado 2’.	195
APÊNDICE MM - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto ao aproveitamento do ‘Exercício Orientado 2’.	195
APÊNDICE NN - Comentários dos participantes do ‘Workshop’ referente ao ‘Exercício Orientado 2’.	196
APÊNDICE OO - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 2’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad.	196
APÊNDICE PP - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 2’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software Rhinoceros.	197
APÊNDICE QQ - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto a dificuldade do ‘Exercício Orientado 3’.	197
APÊNDICE RR - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto ao aproveitamento do ‘Exercício Orientado 3’.	198
APÊNDICE SS - Comentários dos participantes do ‘Workshop’ referente ao ‘Exercício Orientado 3’.	198

APÊNDICE TT - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 3’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad. ....	199
APÊNDICE UU - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 3’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software Rhinoceros. ....	199
APÊNDICE VV - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto a dificuldade do ‘Exercício Orientado 4’. ....	200
APÊNDICE WW - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto ao aproveitamento do ‘Exercício Orientado 4’. ....	200
APÊNDICE XX - Comentários dos participantes do ‘Workshop’ referente ao ‘Exercício Orientado 4’ ....	201
APÊNDICE YY - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 4’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad. ....	201
APÊNDICE ZZ - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 4’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software Rhinoceros. ....	202
APÊNDICE AAA - Satisfação dos participantes em relação ao ‘Workshop’. ....	202
APÊNDICE BBB – Opinião dos participantes em relação ao tempo utilizado no ‘Workshop’. ....	203
APÊNDICE CCC - Interesse futuro dos participantes relacionado ao tema ‘ <i>Parametric Design e Algorithmic Modeling</i> ’. O participante possui interesse?.....	203
APÊNDICE DDD – Interesse dos participantes em relação a inserção de disciplinas relacionadas ao tema ‘ <i>Parametric Design e Algorithmic</i>	

<i>Modeling'</i> em grades curriculares de curso de arquitetura e urbanismo.....	204
APÊNDICE EEE - Comentários pós 'Workshop: Parametric design e Algorithmic Modeling'.....	204





# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o tema central da pesquisa, através de conceitos e definições de Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica, com suas respectivas nomenclaturas. Aborda, também, a problematização, os objetivos a serem alcançados e a relevância do estudo proposto. Por fim, explana a estrutura, em capítulos, da dissertação.

## 1.1 APRESENTAÇÃO

A introdução de novas tecnologias sugere novos modos de conceber a arquitetura e o design. Desta forma, entende-se que as fases iniciais da concepção projetual, tanto na arquitetura como no design, são afetadas por esses adventos tecnológicos, que no caso desta pesquisa, estão relacionadas aos aspectos formais.

Em meados da década de 2010, a ousadia de arquitetos como Norman Foster<sup>1</sup>, Jürgen Mayer<sup>2</sup> e Zaha Hadid<sup>3</sup>, na busca por formas mais complexas, fez com que desenvolvedores aperfeiçoassem ferramentas computacionais mais elaboradas e adaptadas às práticas projetivas, ocasionando um novo paradigma projetual. Neste contexto, o Design Paramétrico (DP) e a Modelagem Algorítmica (MA) estão emergindo. Nutridos por pesquisadores de arquitetura e computação, estas metodologias vêm ganhando aceitação profissional e acadêmica generalizada (LEACH, 2014).

No entanto, estas duas maneiras de projetar são muitas vezes confundidas e, eventualmente, entram em colapso com outros temas, tais como: o Parametricismo<sup>4</sup>, um novo estilo arquitetônico (SCHUMACHER, 2009) e o BIM (*Building Information Modeling*) que, apesar de ter propriedades de DP, é mais amplo e está ligado ao gerenciamento colaborativo de projeto.

O BIM é mais que um programa computacional de modelagem tridimensional. Os conceitos de

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.fosterandpartners.com/>>. Acesso em 12 out. 2015

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.jmayerh.de/>>. Acesso em 12 out.2015.

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://www.zaha-hadid.com/>> Acesso em: 12 out. 2015.

<sup>4</sup> Ver Leach (2014), **Explicações Sobre o Parametricismo**; Cap. 6 – Um Novo Estilo Global?

parametrização, interoperabilidade e projeção colaborativa mudam a maneira de projetar. Eles envolvem diversos agentes da construção civil - desde as fases de concepção, construção, operação e manutenção - e abrangem todo o ciclo de vida da edificação (DELATORRE, 2014, p. 29).

As metodologias de DP e MA estão mais relacionadas à geração de formas por meio de programação e pensamento algorítmico (NOME, 2015), ou que implicam na utilização de parâmetros para definir uma forma através de relações que geram esta forma (MONEDERO, 2000). Ou seja, o projetista deve prever quais as variações que ele quer explorar, a fim de determinar os tipos de transformações do modelo paramétrico (HERNANDEZ, 2006). Um modelo paramétrico é uma representação computacional de um modelo construído com entidades geométricas que possuem atributos (propriedades), que são fixos e outros que podem variar. Os atributos variáveis são chamados de “parâmetros” e os atributos fixos são chamados de “restrições” (HERNANDEZ, 2006).

Desta maneira, o projetista não desenha, mas sim, interliga relações entre variáveis e elementos do projeto. A alteração destas variáveis é denominada parâmetros e irá gerar a forma do modelo paramétrico.

Os termos podem, porém, sugerir outros conceitos e definições, além de se apresentarem com outras nomenclaturas na língua portuguesa, tais como: modelagem paramétrica (MP) (FLORIO, 2011) ou design algorítmico (DA) (NOME, 2015). Também, em algumas situações, são utilizados os verbos ‘parametrizar’ e ‘parametrização’ para referir-se à DP e MA.

Contudo, as definições mais atuais são de Leach (2014, p. 34, tradução nossa):

Design Paramétrico, atualmente, refere-se genericamente à utilização de software de modelagem paramétrica. Softwares paramétricos admitem ligar parâmetros numéricos e geométricos, permitindo assim ajustes incrementais de uma peça que, em seguida, afeta todo modelo em cadeia. A diferença do design paramétrico para o processo tradicional de projeto é que no design paramétrico as partes do projeto são inter-relacionadas e mudam juntas, de forma coordenada. Essa conexão facilita mudanças,

relações, adições e reparos no projeto, reduzindo retrabalho e facilitando possibilidades. Modelagem Algorítmica por sua vez, refere-se especificamente ao uso de linguagens de script que permitem ao designer dar um passo além das limitações da interface do software, possibilitando modelar através da manipulação direta não da forma, mas do código.

Neste contexto, uma das ferramentas que vem sendo amplamente utilizada na elaboração de projetos de edificações procedentes desta nova era projetiva é o *software* para modelagem digital *Rhinoceros*. Desenvolvido por *Robert McNeill & Associates*<sup>5</sup>, é combinado com o *plug-in*<sup>6</sup> de modelagem algorítmica *Grasshopper*, de *Scott Davidson*<sup>7</sup>.

Mais recentemente, o uso destas ferramentas tem chamado a atenção da comunidade acadêmica, como relata Florio (2011, p. 45):

Nos últimos anos tem-se acompanhado o crescente interesse dos estudantes de arquitetura por formas e espaços de grande complexidade, em particular edifícios contemporâneos gerados a partir das novas tecnologias digitais. O *plug-in* *Grasshopper*, com scripts embutidos nos comandos, é o mais popular na atualidade. Criado em 2008, este *plug-in* tem fascinado jovens estudantes a operar com scripts embutidos nas sequências de comandos, que os antigos meios de programação não conseguiram. Sua facilidade de operação tem incentivado a produção de componentes de grande complexidade, com parâmetros claramente definidos. Consequentemente, nota-se que tais recursos tecnológicos têm contribuído para avanços significativos sobre o domínio de formas de grande complexidade.

Esta combinação (*software* + *plug-in*) vem sendo utilizada na concepção de projetos como, por exemplo, o *Hangzhou Stadium* (Figura

---

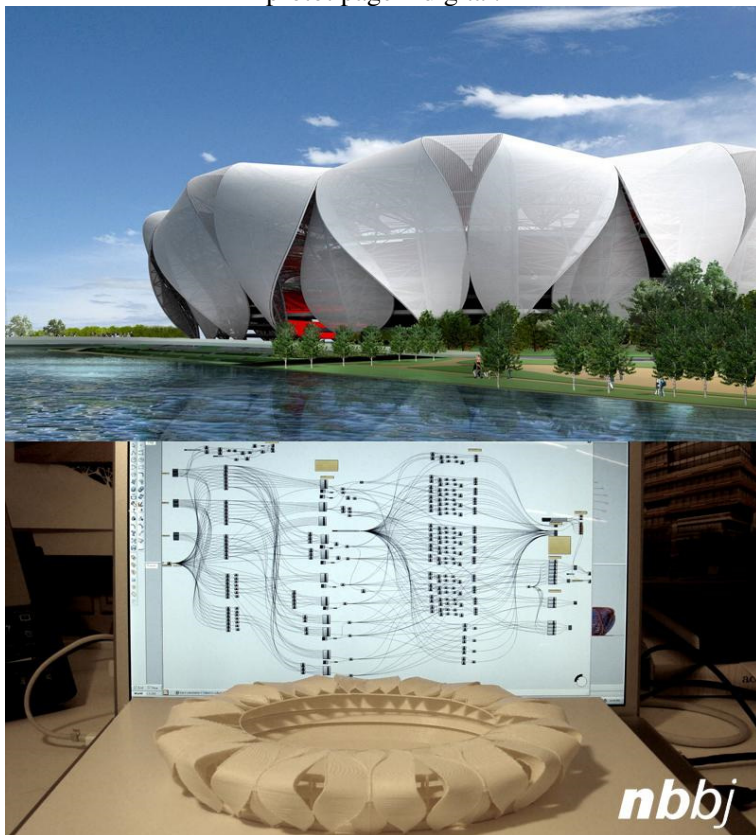
<sup>5</sup> Disponível em: <<http://www.rhino3d.com/>> Acesso em: 20 jun. 2015.

<sup>6</sup> *Plug-in* é um pequeno programa que usa os recursos de um programa maior e normalmente oferece personalização ou recursos adicionais (HENDERSON, 2009, p. 374), e, por isso, somente funciona sob o ambiente deles.

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://www.grasshopper3d.com/>> Acesso em: 20 jun. 2015.

1), em Hangzhou, na China, pelo escritório de arquitetura *NBBJ*<sup>8</sup>, em parceria com os *CCDI*<sup>9</sup>. Estudos relacionados a tais metodologias poderão incentivar os seus usos na elaboração projetual por acadêmicos em cursos de arquitetura e design.

Figura 1 - Concepção de forma arquitetônica do Hangzhou Stadium, realizada através do software Rhinoceros, plug-in Grasshoper e prototipagem digital.



Fonte: (DAVIDSON, 2015).

---

<sup>8</sup> Disponível em: <<http://www.nbbj.com/>> Acesso em: 15 set. 2014.

<sup>9</sup> Disponível em: <<http://www.ccdi.com.cn/>> Acesso em: 15 set. 2014.

## 1.2 PROBLEMÁTICA

O uso da informática em escritórios de arquitetura, design e engenharia é uma prática usual, desde meados dos anos de 1990, e a concepção projetual<sup>10</sup> por meio de ferramentas computacionais, influenciou os processos projetivos de representação, documentação e visualização.

No entanto, em relação à forma de idealizar ou de pensar os projetos, nota-se uma dinâmica de informatização quanto às operações destinadas à projeção. As introduções de ferramentas não significaram a modificação do paradigma projetual, mas a “transferência de procedimentos adotados na prancheta para os editores de desenho, acarretando a subutilização do instrumento gráfico digital” (RÊGO, 2008, p. 113).

Porém, em contraponto a este modelo herdado da década de 1990, conforme Leach (2014), empresas como *Gehry Technologies*<sup>11</sup> e unidades de desenvolvimento digital em escritórios, têm adotado outro modelo de idealização que se utilizam da computação como meio gerador na elaboração do projeto. Ou seja, a aplicação computacional trabalha como um agente auxiliador da concepção e não somente como uma ferramenta executora de operações. Porém, a introdução de novas tecnologias atribuídas aos processos de concepção sugere, por consequência, novos métodos de elaboração da concepção projetual.

De acordo com Orciuoli (2010, p. 1), “a história revela que quando se passa de um sistema de produção a outro é necessário um período de adaptação, ou mesmo de maturidade, para que aquilo que se está inovando alcance uma prestação ótima ou, como mínimo, aceitável”. Como nas décadas de 1980 e 1990, quando o advento do CAD (*Computer Aided Design*), fez com que arquitetos, designers e engenheiros tivessem que interagir com um novo paradigma e, assim, reajustar a forma de conceber e representar seus projetos.

Da mesma forma ocorre, nos dias de hoje, em relação às tecnologias ligadas à DP e MA. É interessante notar que esses modelos passam por maturação similar em quatro aspectos: (1) inicialmente tecnologias utilizadas por técnicos especializados (programadores); (2)

---

<sup>10</sup> *Práxis* profissional do desenvolvimento e documentação de uma proposta para uma obra arquitetônica (SILVA, 1984).

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://www.gehrytechnologies.com/en/>> Acesso em: 20 jun. 2015.

Tecnologias de pouco acesso e desenvolvidas por grupos de pesquisas digitais especializados; (3) Linguagem não familiar (textual e não visual) à maioria dos projetistas; (4) Ressalvas na aceitação por parte da academia. Em consonância aos fatos expostos, podem-se notar semelhanças no que diz respeito aos assuntos relacionados à DP e AM, sendo muito provável que, assim como aconteceu com o CAD, se tornem usuais e acessíveis.

Ao serem usados por arquitetos, designers e/ou engenheiros, os métodos de elaboração de projeto com o envolvimento de formas 3D são entendidos dentro do paradigma denominado “caixa preta”, uma vez que: “é uma ‘aplicação’ tecnológica, na qual o usuário tem um completo desconhecimento do que acontece em seu interior, podendo avaliar apenas o que entra e o que sai, através do *input* e *output*, definido pelo programador [...]” (POLONINI, 2014, p. 48). Ou seja, geralmente os projetistas não compreendem os mecanismos internos dessas técnicas e somente trabalham inserindo informações nestes sistemas. E esse processo da “caixa preta”, segundo Silva (1984, p. 28), “simboliza, na terminologia científica atual, um dispositivo do qual se desconhece o funcionamento”, onde o projeto é executado através da intuição.

Porém, no caso da técnica da programação de algoritmos utilizada na presente pesquisa, o paradigma da “caixa preta” é substituído por “caixa transparente”<sup>12</sup>, pois o projetista consegue, neste caso, visualizar e entender as interligações entre os parâmetros e as hierarquias da elaboração da forma. O processo denominado “caixa transparente”, segundo Silva (1984, p. 29), “simboliza o mecanismo no qual se pode conhecer o funcionamento e que pode ser reproduzido. Um processo projetual respaldado num método explícito, codificável e transmissível”.

Ao levar em consideração que a concepção formal está relacionada ao repertório das formas que o projetista pode gerar por meio de seu controle e capacidade técnica, Carpo (2011, p. 31, tradução nossa) destaca que

o sistema de representação gráfica e, consequentemente, os recursos geométricos utilizados nele, exercem influência no processo de concepção das formas arquitetônicas. Essa interferência está diretamente relacionada com a

---

<sup>12</sup> “Caixa preta” e “caixa transparente”, conceitos utilizados por Silva (1984) e Mahfuz (1995), sendo adaptados para o contexto da presente pesquisa.

dimensão e a variedade do repertório de formas, que podem ser concebidas e construídas”.

Pode-se constatar que estes métodos, por possuírem propriedades e rotinas de geração de formas não convencionais, mas ao mesmo tempo controladas, aumentam significativamente as possibilidades de conceber estruturas com características mais complexas, se comparados às elaboradas pelo “método tradicional”. Florio (2005) sugere que as técnicas tradicionais de representação gráfica, como Desenho Técnico em vistas ortográficas juntamente com as regras de modulação dos elementos arquitetônicos, induziram um modo específico de pensar a concepção formal, no qual se privilegia formas regulares e principalmente retilíneas, em detrimento das curvilíneas.

Polonini (2014, p. 48) completa afirmando que

pode-se destacar que esse método de concepção valoriza o fator de indeterminação no pensamento de projeto através de sistemas de resultado em aberto que são capazes de gerar diversidade e complexidade. Mais ainda, esse procedimento propõe que o projetista não mais desenhe ou represente a forma pensada *à priori* (*formmaking*), mas ele procure e avalie entre as formas *à posteriori* (*formfinding*) que são resultantes do método gerador, qual a opção se encaixa com sua proposta.

Neste contexto, a problemática está centrada no questionamento se esses conhecimentos irão alterar o processo de elaboração nos estágios iniciais de projeto, principalmente no que diz respeito à expressão formal. Também está na análise de até qual complexidade de forma é viável utilizar o “método tradicional de projeto” e na verificação, se em algum momento, DP e AM serão imprescindíveis. Conforme Rêgo (2008, p. 97), houve certo consenso de que

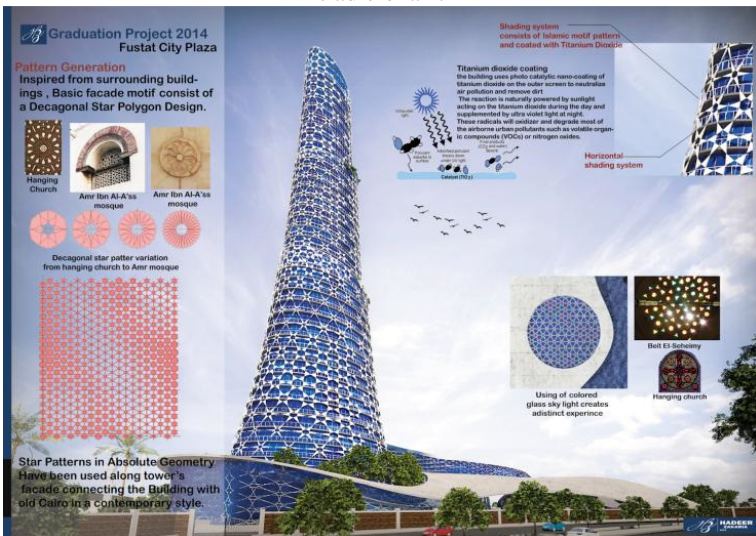
a introdução das ferramentas digitais na prática arquitetônica atingiu um estágio no qual a adaptação dos antigos paradigmas não responde adequadamente às demandas e especificidades do processo projetual em ambiente computacional.

E, ainda, afirma Florio (2009, p. 572), as

técnicas de modelagem tradicionais CAD, embora fundamentais, tornaram-se insuficientes para atender às novas demandas de precisão e rapidez, tanto na proposição como na fabricação de elementos construtivos. Diante desse desafio a técnica de modelagem paramétrica tem assumido esse papel, propiciando a produção de formas cada vez mais arrojadas.

Como exemplo, a Figura 2 apresenta elaboração de forma arquitetônica que é demasiadamente complexa de se projetar pelo “método tradicional”. Neste caso, o projetista elaborou, por meio de modelagem algorítmica, a estrutura da edificação, a variação de fechamento e seu respectivo envelopamento<sup>13</sup>.

Figura 2 - Estrutura que é demasiadamente difícil de projetar pelo “método tradicional”.



Fonte: (DAVIDSON, 2015)

Além dos atributos de usabilidade e interatividade, da combinação entre o software *Rhinoceros* e o *plug-in Grasshoper*, que se dá através de conexões entre parâmetros e hierarquias interligadas por pilhas de

<sup>13</sup> Neste caso, envelopamento se refere ao ato de cobrir a estrutura da edificação com determinado padrão de superfície.



execução, com os resultados sendo visualizados simultaneamente em 3D, a modelagem algorítmica de estruturas complexas torna-se mais amigável e versátil aos projetistas não familiarizados à programação textual. Conforme reforça Florio (2011, p. 45),

há diferentes modos de projetar estruturas complexas ou de estabelecer parâmetros e hierarquias, a Modelagem Parametrizada por *scripts*, por exemplo, é extremamente eficiente para programar algoritmos complexos. No entanto, alguns *plug-ins*, como o Grasshopper, têm facilitado o trabalho daqueles que não são programadores, ou mesmo daqueles que não possuem interesse em realizar a verdadeira programação.

Assim, a pesquisa apresentada nesta dissertação pretendeu investigar a ferramenta de DP e MA, ao ser inserida para um grupo de acadêmicos de Arquitetura e Urbanismo, frente o modelo de concepção já dominado pelo grupo, que nesta pesquisa é denominado de “processo tradicional de projeto”.

### 1.3 OBJETIVOS

A pesquisa teve como objetivo geral propor um processo de elaboração de formas, por meio de técnicas de Modelagem Paramétrica e Algorítmica, para acadêmicos de um curso de Arquitetura e Urbanismo e investigar os efeitos desta dinâmica nas fases iniciais da projeção.

Os objetivos específicos foram:

- Organizar conceitos e discernir termos relacionados ao tema DP e MA;
- Introduzir, por meio de exercícios orientados e práticos, técnicas de elaboração de formas por intermédio do *software Rhinoceros* e do *plug-in Grasshopper*;
- Conhecer o aproveitamento dos participantes da ação em relação ao grau de dificuldade na execução dos exercícios orientados aplicados;
- Gerar um comparativo do processo proposto frente ao “método tradicional” em relação ao tempo e à complexidade de elaboração das propostas.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O uso de ferramentas computacionais para representações gráficas em planificações (desenhos técnicos), e visualizações virtuais em três dimensões (maquetes eletrônicas), está consolidado. Porém, nota-se que na maioria das instituições de ensino superior em Arquitetura e Design no Brasil, mais especificamente no estado de Santa Catarina, não se faz uso de todo o potencial que estas ferramentas podem oferecer, principalmente no que diz respeito aos conceitos e às técnicas relacionadas às novas tecnologias digitais.

Conforme Delatorre (2014, p. 54), “com a evolução das tecnologias digitais, o processo de projeto vem sofrendo mudanças significativas entre profissionais e também nas metodologias de ensino”. Atualmente, especialmente no meio acadêmico, os recursos da computação gráfica são utilizados como ferramenta de digitalização de concepções desenvolvidas pelo “método tradicional”, por meio de programas do tipo CAD. São raras as iniciativas de utilização de recursos de desenvolvimento de projeto em três dimensões (CARVALHO e PEREIRA, 2011).

Delatorre (2014) defende que o uso de ferramentas computacionais limitou-se à substituição do desenho desenvolvido de modo tradicional, o “desenho à mão”, pelo desenho auxiliado por computador, sem que houvesse mudanças metodológicas. A argumentação de Delatorre pode ser constatada na ausência de disciplinas relacionadas ao assunto nas grades curriculares dos cursos superiores de Arquitetura no estado de Santa Catarina. O Quadro 1<sup>14</sup>, apresenta disciplinas relacionadas às ferramentas computacionais de projeto e aquelas específicas de DP ou MA<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Informações relacionadas as fontes consultadas ver Apêndices A e B.

<sup>15</sup> Neste item foram relatadas disciplinas que utilizam ferramentas computacionais e que tenham algum tipo de relação com o “processo tradicional” na coluna ‘Disciplina: CAD’ e *Parametric Design* e *Algorithmic Modeling* na coluna ‘Disciplina: PD/AM’.

Quadro 1 - Aplicação de disciplinas relacionadas ao tema em cursos superiores de Arquitetura em Santa Catarina.

<b>Instituição</b>	<b>Período</b>	<b>Disciplina: CAD</b>	<b>Disciplina: DP/MA</b>
ASSEVIM – Faculdade Grupo Uniasselvi	<i>Info. não localizada</i>	<i>Info. não localizada</i>	X
Centro Universitário Católica de SC	3º	Desenho Assistido por Computador	X
Centro Universitário Estácio de Sá	<i>Info. não localizada</i>	<i>Info. não localizada</i>	X
FACC - Faculdade Concórdia	5º	Uso de Software na Arquitetura	X
Faculdade Avantis	3º 4º	Informática Aplica à Arquitetura e Urbanismo Representação Arquitetônica por Computador	X
Faculdade Barddal	5º 6º	Computação Gráfica I Computação Gráfica II	X
FACVEST – Centro Universitário Facvest	<i>Info. não localizada</i>	Elementos de CAD para Projetos Informática Aplicada a Arquitetura	X
FAMEG – Faculdade Metropolitana de Garamirim	<i>Info. não localizada</i>	<i>Info. não localizada</i>	X
FURB – Universidade Regional de Blumenau	2º	Representação Arquitetônica por Computador	X

SEI/FAI – Sociedade Educativa de Itapiranga	3º	Informática Aplicada	X
UNC - Universidade do Contestado	5º	Modelagem Virtual	X
UCEFF – Faculdade Empresarial de Chapecó	2º	Informática Aplicada	X
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina	5º 6º 7º	Computação Gráfica Modelamento Virtual I Modelamento Virtual II	X
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina	3º	Introdução ao CAAD	CAAD e Criatividade (optativa)
UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense	4º 5º	Computação Gráfica na Arquitetura e Urbanismo -3D Computação Gráfica na Arquitetura e Urbanismo – 2D	X
UNIARP – Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe	2º 3º	Desenho Assistido por Computador I Desenho Assistido por Computador II	X
UNIASSELVI – Centro Universitário Leonardo da Vinci	<i>Info. não localizada</i>	<i>Info. não localizada</i>	X

UNIDAVI – Universidade do Alto Vale do Itajaí	3º 4º	Desenho Arquitetônico por Computador Representação Gráfica 3D por Computador	X
UNIFEBE – Centro Universitário de Brusque	3º 4º	Desenho Arquitetônico por Computador Representação Gráfica 3D por Computador	X
UNISOCIESC – Universidade Sociedade Educativa de Santa Catarina	4º	Computação Gráfica para Arquitetura e Urbanismo	X
UNIPLAC – Universidade do Planalto Catarinense	2º 3º 6º	Desenho Assistido por Computador Desenho Assistido por Computador	Desenho Assistido por Computador (BIM)
UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí	2º 4º	Computação Gráfica Computação Gráfica	X
UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville	2º 3º	Informática Aplicada Informática Aplicada	X
UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina	3º 4º	Desenho Tridimensional Auxiliado por Computador Desenho Auxiliado por computador	X
UNOCHAPECÓ – Universidade Comunitária da	3º 5º		Fabricação Digital e

Região de Chapecó		CAD Aplicado a Arquitetura e Urbanismo	Prototipagem Rápida
UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina	4º	Projeto Arquitetônico por Computador	X

Fonte: do autor.

Ao observar as disciplinas incluídas nas matrizes curriculares dos cursos superiores de Arquitetura e urbanismo catarinenses, nota-se a ausência de disciplinas específicas sobre DP e MA. Há apenas poucas que possuem algo relacionado ao tema. Já quanto ao “processo tradicional”, com uso do CAD, constatou-se que este está amplamente inserido nestes contextos acadêmicos.

Acredita-se que DP e MA têm grandes potenciais a oferecer ao ensino de Arquitetura e Design, porém são grandes os desafios para a implementação dessas metodologias nos currículos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo. É importante notar que a consolidação destes novos modos de projetar é uma situação vigente e que necessita ser estudada para que haja um aproveitamento satisfatório no uso da tecnologia. Esta precisa agregar itens importantes no que diz respeito a tempo de concepção, elaboração de alternativas e treinamento operacional. E, ainda, apresentar-se de forma a ficar claro que não se trata apenas de uma tecnologia, mas de um novo processo de elaboração projetual.

Sobre o fato dos cursos superiores focarem na ferramenta e não no modo de elaboração, Delatorre (2014, p. 81) comenta:

Geralmente, o aluno aprende o desenho arquitetônico ainda da forma tradicional, nas primeiras fases, e migra para o desenho auxiliado por computador (CAD). São poucos os casos que possuem mais de duas disciplinas de desenho digital, o que leva os alunos a buscar o conteúdo fora da universidade. Por sua vez, os cursos focam no uso da ferramenta e não na metodologia e nas práticas pedagógicas, prejudicial para a formação do aluno, porque conhecer uma ferramenta não significa usá-la de forma adequada.

Neste sentido, existe a sugestão de que professores e pesquisadores brasileiros difundam e aperfeiçoem, nos próximos anos, o uso destas novas tecnologias de concepção e produção. Isso deve torna-las mais viáveis para que um grupo maior de estudantes e profissionais das áreas de Arquitetura, Design e Engenharia. A iniciativa de estudos relacionados ao tema, para uma possível inclusão nas escolas de Arquitetura e Design, é fundamental.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos e as considerações finais, sendo eles apresentados e descritos, respectivamente, com os seguintes conteúdos:

Capítulo 1, **Introdução**: Apresenta a temática da pesquisa e as motivações para o estudo; expõe uma problemática; aponta os objetivos para a investigação e operacionalização; justifica a relevância da proposta.

Capítulo 2, **Fundamentação Teórica**: Dividida em duas partes principais, sendo que a primeira contextualiza o tema de pesquisa dentro do grande tema de projeto informatizado, referenciado por pesquisadores da área, de modo a discernir assuntos relacionados. Também descreve, de forma lógica e cronológica, os adventos inter-relacionados que culminaram nos métodos de concepção propostos para a investigação. A segunda parte compreende a fase exploratória, que deu aporte para conceituar os respectivos conteúdos necessários para a instrumentalização da pesquisa. Nela, houve ênfase nos processos de projeto, na elaboração de forma e nas situações de ensino de métodos de projeto em Arquitetura.

Capítulo 3, **Metodologia de Pesquisa**: Apresenta e descreve o método empregado e os respectivos procedimentos técnicos de coleta e análise dos dados. Explica a metodologia adotada, a Pesquisa-ação.

Capítulo 4, **Aplicação**: Descreve e relata os procedimentos utilizados durante a aplicação da ação. Explica as práticas adotadas e os exercícios orientados propostos.

Capítulo 5, **Resultados Obtidos**: Apresenta os dados obtidos pós emprego da ação, com os retornos dos questionários aplicados e com a visualização das respectivas informações.

**Considerações finais**: Faz uma aproximação crítica baseada nos resultados da pesquisa e aponta recomendações para que haja um

aproveitamento satisfatório no uso dos métodos e ferramentas empregados e, por fim, os seus desdobramentos.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo expõe as fases exploratória e de fundamentação teórica realizadas sobre o tema da pesquisa. Está organizado de maneira a corresponder o embasamento necessário para o auxílio da aplicação dos procedimentos da pesquisa.

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Apesar do tema “projeto informatizado” ser amplo e contar com conhecimentos de múltiplas áreas, como matemática, computação e desenho, além de abranger diversos tipos de *softwares* para diferentes finalidades, este capítulo se aterá ao aperfeiçoamento e popularização de ferramentas informatizadas de projeto, a partir da década de 1990, em ordem cronológica, até as que estão relacionados ao tema central da pesquisa. Abordará assuntos referentes ao projeto auxiliado por computador (CAD), Modelagem Geométrica 3D, Modelagem 3D de Superfícies NURBS<sup>16</sup> (*Non Uniform Rational Basis Spline*), Modelagem 3D Paramétrica e/ou Parametrizada, Modelagem 3D por meio de programação de algoritmos e, ainda, ao *software Rhinoceros* mais *plugin Grasshopper*, que serão as ferramentas utilizadas na aplicação da pesquisa.

#### 2.1.1 Popularização do Projeto Informatizado

O início da popularização da informática em escritórios de arquitetura, design e engenharia, passou por um período de maturação. Sobre este processo de informatização e de introdução de “Tecnologias CAD”<sup>17</sup>, Orcioli (2010, p. 1) comenta:

---

<sup>16</sup> *Non UniformRationalBasisSpline* é um modelo matemático usado regularmente em programas gráficos para gerar e representar curvas e superfícies não uniformes.

<sup>17</sup> Tecnologia CAD – termo genérico que se refere ao conjunto de recursos como programas (estrutura de dados, linguagens, esquema de representação, algoritmos, etc.) e dispositivos físicos, dos mais diversos, e metodologias empregadas (AMORIM, 2010).

Há 25 anos, a tecnologia CAD (*Computer Aided Design*) chegava aos escritórios de arquitetura. Por aquelas datas, a informática era algo acessível a poucos, devido ao alto preço dos computadores, à baixa produtividade que permitiam e por oferecer uma interface pouco atrativa aos profissionais que trabalham com temas gráficos. Além disso, a comunicação entre os diferentes agentes que participam em um projeto arquitetônico ainda se dava de maneira física, presencial (mediante formato analógico, papel).

Inicialmente, esta interação ocorria por meio do treinamento de usuários especializados na utilização de programas específicos, onde visava-se adaptar o homem à máquina. Conforme relata Celani (2003, p. 5):

Os primeiros sistemas CAD específicos para arquitetura eram desenvolvidos especialmente para o cliente e destinavam-se a executar tarefas complicadas [...] como nesta época a interação homem-máquina ainda não estava muito desenvolvida, e como a mão de obra para o desenho técnico era barata e de boa qualidade, o computador praticamente não era utilizado na representação da forma.

Na década de 1990, pelo fato dos resultados mostrados nas telas dos computadores terem qualidade gráfica e, principalmente, estética inferiores ao que se alcançavam os desenhistas em pranchetas (Figuras 3 e 4), o projeto informatizado não era aceito por parte da academia. Conforme Orciuoli (2010, p. 1): “A crítica por parte da academia atacava o uso dos ‘sistemas CAD’<sup>18</sup>, que debilitaria o traço, uma característica forte na expressão gráfica arquitetônica – e, assim, coibiria a própria criatividade”.

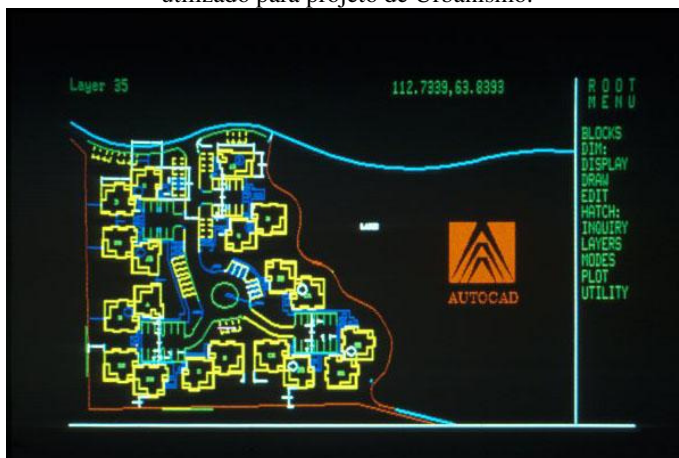
Sobre este período, Lawson (1998, p. 49, tradução nossa) comenta:

---

<sup>18</sup> Sistemas CAD – considerados como o conjunto inter-relacionado de: programas diversos (*software*); equipamentos necessários (*hardware*); métodos, procedimentos e normas empregados na projeção (*orgware*); os próprios usuários do sistema (*peopleware*). (AMORIM, 2010).

O CAD era, principalmente, editores de desenho que ofereciam um modo de produção diferente dos desenhos manuais executados em pranchetas, pois esses programas CAD possuíam operações de compor, combinar e transformar elementos gráficos presente nas telas que eram muitos difíceis de executar manualmente.

Figura 3 - Interface do software AutoCAD 1.0, lançado em 1982, sendo utilizado para projeto de Urbanismo.



Fonte: (WALKER, 2007).

Figura 4 - Desenho feito em prancheta mostra qualidade gráfica superior ao projeto informatizado da década de 1980.



Fonte: Adaptado de Frota (2009)

Mesmo assim, apesar da baixa qualidade gráfica gerada pelos sistemas CAD na década de 1990, notaram-se vantagens em relação ao modelo de desenho vigente:

[...] as propriedades do desenho no computador eram diferentes do desenho à mão, não só por conta da precisão e facilidade do traço, rapidez para apagar linhas, mas principalmente pela habilidade de mover partes do desenho no computador sem precisar apagá-las, operação inexistente no desenho manual. Essas novas características acabaram por libertar o desenhista do rigor e precisão exigidos em desenhos manuais, como os executados em nanquim, tornando assim, o processo mais rápido, pois diminuíram o redesenho de pranchas inteiras (POLONINI, 2014, p. 38).

Mas foi na década de 1990 que a evolução das qualidades gráfica e de interface, além da popularização dos meios digitais, começaram gradativamente a incentivar a inversão do processo homem-máquina, tornando a informática e o CAD mais adaptáveis e propensos ao uso. Houve a popularização desses computadores pessoais com a queda de preços do *hardware*, esses computadores pessoais utilizavam ‘pacotes de *software*’ que não exigiam a contratação de especialistas para desenvolver seus programas.

O estímulo provocado pela nova tecnologia promoveu um processo de adaptação da ferramenta (computador) ao homem (arquiteto, designer, engenheiro) e fez com que os *softwares* se tornassem mais atrativos, fáceis de usar e eficientes. Este comportamento provocou uma reação de aceitação nas instituições de ensino, onde disciplinas de CAD e computação gráfica foram incorporadas nas matrizes curriculares dos cursos superiores de Arquitetura e Design – o que se deu pela Portaria 1770 do Ministério de Educação e Cultura (MEC, 1994).

Em relação à incorporação das tecnologias CAD nas escolas de Arquitetura, Celani (2007, p. 2) comenta:

Em 1994 o MEC publicou a portaria 1.770, que instituiu pela primeira vez a obrigatoriedade do ensino da informática nos cursos de arquitetura brasileiros. Além de estabelecer a “Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo” como matéria profissional, essas diretrizes curriculares

determinavam que os cursos deveriam fazer uso do novo instrumental “no cotidiano do aprendizado”, abrangendo o “tratamento da informação e a representação do objeto”.

E Pupo (2008, p. 3):

As escolas de arquitetura têm tentado incorporar cada vez mais as tecnologias CAD – *Computer Aided Design* em disciplinas de projeto. No Brasil, essas tecnologias têm sido introduzidas isoladamente, muitas vezes como cursos extracurriculares, com o objetivo de dar ao aluno uma base simples para a futura inserção no mercado de trabalho. Já em países da Europa, algumas escolas vêm tentando intensa integração dos computadores com o atelier de projeto.

Uma das explicações para a reserva em relação ao projetar e/ou conceber arquitetura aliada a uma ferramenta computacional pode ser o fato da falta de conhecimento sobre este objeto, e nesse sentido a resistência ainda se fez notar no meio acadêmico, onde se subestima o uso da informática, Porém, pese à crítica, alguns escritórios começaram a trabalhar com sistemas CAD, assumindo assim os riscos e desafios que uma nova tecnologia sempre estimula (ORCIUOLI, 2010).

Mesmo com as ressalvas de alguns profissionais e acadêmicos, a adesão da informática nos ambientes de projeto só aumentou desde a década de 1990. A partir de meados da década de 2000, começou-se a observar que grande parte dos profissionais da área de projeto utilizam diariamente a informática e o desenho assistido por computador, o que tornou comum o uso da informática aplicada ao projeto, sendo ela essencial em alguns casos.

Com a informatização dos escritórios de arquitetura houve a substituição gradual das pranchetas e seus instrumentos de desenho por ferramentas computacionais, como os editores de desenho e modeladores geométricos, ficando conhecido como prancheta eletrônica (RÊGO, 2008, p. 82).

Este evento culminou no aperfeiçoamento contínuo das ferramentas CAD<sup>19</sup>. Os desenvolvedores tiveram que programar rotinas que atendessem as novas demandas projetivas, com comandos mais apropriados à linguagem de seus novos usuários.

## 2.1.2 Aperfeiçoamentos das ferramentas computacionais aplicadas

Um evento que contribuiu para a familiarização dos projetistas quanto às ferramentas computacionais foi a inserção de comandos para geração e visualização de formas em três dimensões. Apesar de aplicações desse tipo já existirem nos estágios iniciais – na época do surgimento do CAD, pode-se dizer que na década de 1990 as aplicações em 3D para Arquitetura se tornaram mais apropriadas ao projeto. Conforme Delatorre (2014, p. 29),

com a evolução dos aplicativos, através de interfaces gráficas cada vez mais intuitivas, que tornam a modelagem uma tarefa mais fácil, profissionais e acadêmicos de arquitetura têm introduzido o 3D no fazer arquitetônico. Mas, ainda, é utilizado mais como meio de representação de um projeto pronto do que como meio de pensar e desenvolver projetos.

Desta forma, houve o aperfeiçoamento e popularização das rotinas tridimensionais voltadas especificamente para o projeto, como as ferramentas para elaboração de elementos de arquitetura (escadas, esquadrias, telhados, dentre outros) juntamente com a visualização virtual.

O aperfeiçoamento dos comandos 3D do *AutoCAD*, da *Autodesk*, que geraram programas como *Autodesk Architectural*<sup>20</sup> e, também, *softwares* independentes, como o *Archicad da Graphisoft*<sup>21</sup> e, no Brasil,

---

<sup>19</sup> Ferramentas CAD – conjuntos de programas específicos usados no desenvolvimento e representação de projetos (AMORIM, 2010).

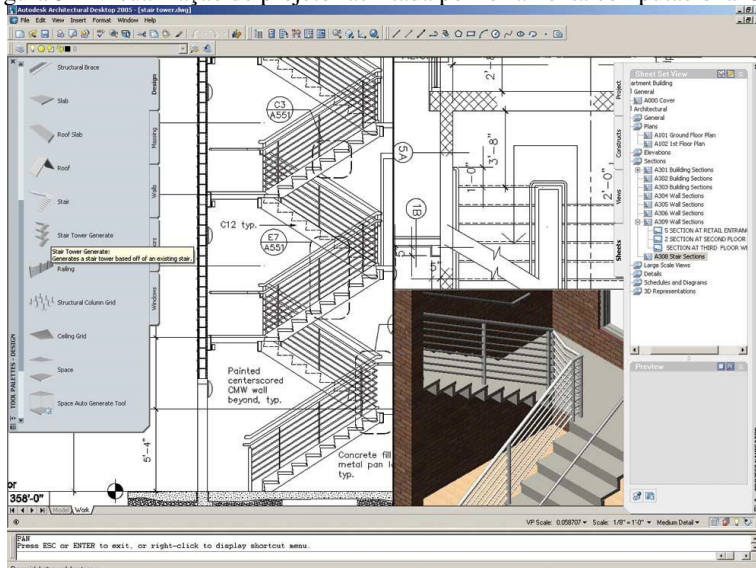
<sup>20</sup> Disponível em: <<http://www.autodesk.com/products/autocad-architecture/overview>> Acesso em 15 set. 2014.

<sup>21</sup> Disponível em: <<http://www.graphisoft.com/>> Acesso em: 15 set. 2014.

o *Arqui3D*<sup>22</sup>, comercializado pela *Grapho*, fez com que profissionais de Arquitetura, Design e Engenharia pudessem interagir e perceber o projeto de forma mais clara (Figura 5).

A partir da geração de projetos 3D no computador, algumas tarefas que demandavam muito tempo ou eram de difícil execução e entendimento começaram a se tornar mais acessíveis.

Figura 5 – Visualização de projeto facilitada por ferramenta computacional 3D.



Fonte: (RICHVON, 2015).

Com a melhoria da qualidade gráfica das imagens geradas a partir das malhas (*wireframes*) nas modelagens geométricas, por meio de *softwares* de “renderização”<sup>23</sup>, os processos manuais foram dando espaço, gradativamente, para os digitais. Conforme Mitchell e McCullough (1991) *apud* Polonini (2014, p. 39):

<sup>22</sup> *Plug-in* desenvolvido pelo arquiteto Geraldo Brodbeck, desde 1983, para o *AutoCAD* e comercializado sua primeira versão pela *Grapho* em 1992.

<sup>23</sup> Renderização ou *rendering*, na Computação, é o processo pelo qual se pode obter o produto final de um processamento digital qualquer. Na Arquitetura, é o termo utilizado para imagens de apresentação de projeto, podendo ser fotorrealísticas ou não (POLONINI, 2014).

Com os avanços em técnicas de *rendering*, como *raytracing*<sup>24</sup> e *radiositylighting*<sup>25</sup>. A combinação de ambos permitiu produzir representações em perspectiva (em imagem *raster*<sup>26</sup>) a partir de um modelo geométrico, que continha a texturização dessas imagens, ou seja, simulação dos efeitos de luz e sombra, reflexos, texturas e transparências dos materiais. Essas imagens sintéticas foram usadas como documentos de apresentação de projeto para comunicação com clientes, que agora poderiam ser realizadas através de projeção de imagens, ao invés de um conjunto de pranchas.

Além da capacidade de modificação e de ajustes a qualquer momento e em tempo real, outro fator que contribuiu para a informatização nos projetos foi a aferição de seus componentes em vistas ortogonais e, simultaneamente, em perspectivas.

Deve-se destacar que essa capacidade de modelagem geométrica tridimensional, abriu caminho para a possibilidade de mediação do computador na fase de estudos preliminares (RÊGO, 2000, p. 85) mediante estudos volumétricos. Principalmente no caso de formas mais complexas, no qual as projeções ortogonais são limitadas para explicar e estudar esse formato, assim necessitando de um número maior de vistas (MITCHELL e MCCULLOUGH, 1991, p. 401).

O aperfeiçoamento relacionado à elaboração de ferramentas computacionais mais adaptadas à linguagem de projeto incentivou a concepção projetual com o auxílio do computador, mesmo que, em alguns casos, seu potencial não fosse utilizado de forma criativa. O processo de concepção projetual ainda vigente faz com que, aos poucos, o computador deixe de ser apenas uma prancheta eletrônica, para tornar-se um agente da concepção.

---

<sup>24</sup> *Raytracing* é um algoritmo de *rendering* (texturização), desenvolvido por *Turner Whitted* em 1980. O algoritmo é utilizado no cálculo dos atributos de iluminação dos ambientes virtuais, simulando o caminho percorrido pelos raios da fonte luminosa, cujos parâmetros, como intensidade e temperatura de cor, são estipulados pelo *designer* (NATIVIDADE, 2010, p. 103).

<sup>25</sup> *Radiositylighting* (iluminação por Radiosidade) é a técnica de cálculo da iluminação global de um ambiente virtual, que consiste em decompor as superfícies em elementos poligonais para facilitar o cálculo da troca de energia entre todos os elementos (GOMES e VELHO, 2008, p. 553).

<sup>26</sup> Neste caso, o mesmo que *Bitmap* (Mapa de *Bits*).



Sobre este fato, Orciuoli (2010, p. 1) comenta:

Alguns dos aspectos mais relevantes no uso da informática aplicada ao projeto (e não ao desenho) seriam a visualização tridimensional, a simulação e a virtualidade. O desenvolvimento da informática na geração de imagens (*renders*) foi possível pelo aumento substancial das prestações oferecidas pelas placas de vídeo, da memória RAM e do processador. Esse avanço tecnológico permitiu o início dos projetos desenvolvidos em três dimensões, onde a representação gráfica (e necessária) de desenhos diédricos se faz de maneira automática. Essa automatização da informação permitiu o desprendimento de perda de tempo em tarefas pouco criativas e, sem dúvida, tediosas. As mudanças no projeto tridimensional se atualizam, em tempo real, em todos os lugares onde está deve ser representada.

E, ainda, acrescenta Vieira (2007, p. 1),

[...] inúmeras ferramentas CAD possibilitam aos arquitetos criar e representar virtualmente suas formas através de maquetes eletrônicas e sofisticadas produções fotorrealísticas. Isso se deve, entre outras coisas, à facilidade de desenvolvimento de modelos 3D e à grande disponibilidade de recursos de *rendering*. Esses recursos tridimensionais do CAD são vantajosos porque permitem perceber conflitos que seriam difíceis de prever em desenhos bidimensionais.

Apesar de, notadamente, ficar clara a contribuição das ferramentas 3D no processo projetivo, a vantagem deste tipo de tecnologia resume-se à facilidade de visualização espacial e à geração, alteração e correção do projeto. De maneira simples, houve uma mecanização do processo de

desenho baseado na Geometria Plana<sup>27</sup> e na Geometria Descritiva<sup>28</sup> (Figuras 6 e 7).

Como comenta Poloni (2014, p. 39),

Mesmo com esses últimos avanços, geralmente o computador somente era usado no final do processo de projeto, quando as soluções já haviam sido definidas, funcionando como um recurso de representação e visualização. Assim, apesar dessas novas ferramentas abrirem a oportunidade para sua aplicação nas fases preliminares da projeção, o interesse foi ainda restrito.

Celani (2002, p. 35) corrobora afirmando que,

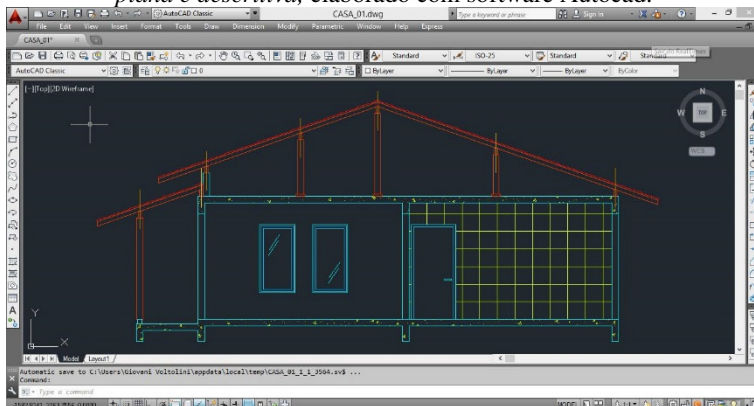
as ferramentas CAD genéricas para computadores pessoais não tinham por objetivo auxiliar os arquitetos a partir dos estágios conceituais do projeto. Tais aplicações especializadas permaneceram limitadas à pesquisa acadêmica, enquanto a grande maioria dos escritórios manteve seu uso restrito ao desenho técnico e à apresentação final de projetos.

---

<sup>27</sup> Geometria Plana ou Euclidiana são as definições teóricas da Geometria de Euclides. Estão baseadas em axiomas, postulados, definições e teoremas que estruturam a construção de variadas formas planas. Os polígonos são representações planas que possuem definições, propriedades e elementos. Podemos relacionar à Geometria plana os seguintes conteúdos programáticos como: Ponto, reta e plano; Posições relativas entre retas; Ângulos; Triângulos; Quadriláteros; Polígonos; Perímetro; Áreas de regiões plana (WIKI, 2015).

<sup>28</sup> Geometria descritiva (também chamada de geometria Mongeana ou método de Monge) é um ramo da geometria que tem como objetivo representar objetos de três dimensões em um plano bidimensional e, a partir das projeções, determinar distâncias, ângulos, áreas e volumes em suas verdadeiras grandezas (WIKI, 2015).

Figura 6 – Exemplo de projeto com formas retilíneas, baseado em geometria plana e descritiva, elaborado com software Autocad.



Fonte: do autor.

Figura 7 – Exemplo de modelagem 3D em projeto com formas retilíneas, elaborado em software 3D Studio Max, baseado em geometria plana e descritiva.



Fonte: do autor.

Mais recentemente, outros modelos de *software* que têm auxiliado projetistas, são os que trabalham com a metodologia BIM (*Building Information Modeling*). Além de auxiliarem na visualização 3D, contam com comandos de aplicações paramétricas específicas para a elaboração de edificações.

### 2.1.3 Modelagem 3D de superfícies curvilíneas não uniformes

A busca por formas não convencionais, juntamente com os avanços tecnológicos em outras áreas que envolvem projeto, fez com que desenvolvedores adaptassem soluções encontradas na indústria aeronáutica e automobilística, pois tais fazem uso de superfícies aerodinâmicas e, por consequência, curvilíneas.

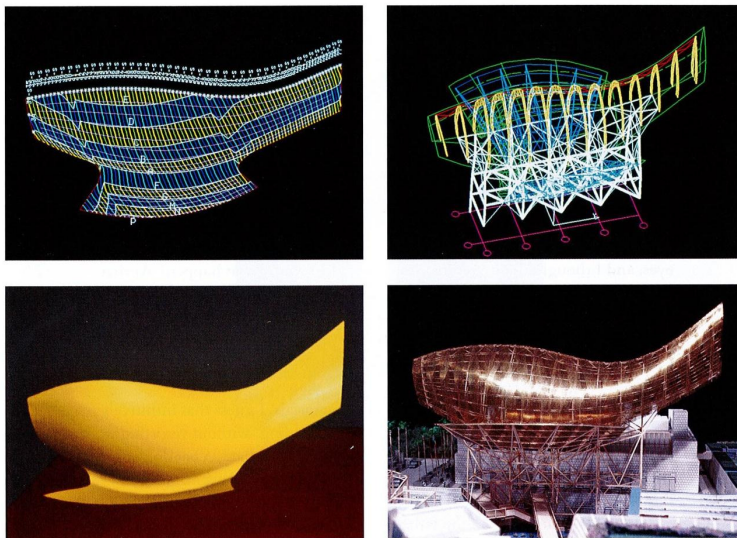
Atentos ao crescimento tecnológico desde o final dos anos 80, alguns arquitetos enxergaram o potencial de aplicação desses novos programas, provenientes de outras áreas, na Arquitetura e realizaram pesquisas para determinar se essas ferramentas e seus recursos poderiam ser adaptados ao processo projetual arquitetônico que, por fim, resultou na entrada de ferramentas de outras disciplinas no campo da Arquitetura (KOLAREVIC, 2003, p. 3, tradução nossa).

Um dos primeiros exemplos expressivos do que essas novas aplicações 3D adaptadas para o projeto de arquitetura poderiam gerar é a obra de *Frank Gehry*, projetada para a Olimpíada de Barcelona, em 1992. Trata-se de um pavilhão em formato de peixe, elaborado com o auxílio do *software CATIA*, desenvolvido pela empresa *Dessault Systèmes*<sup>29</sup> (Figura 8).

---

<sup>29</sup> Disponível em: < <http://www.3ds.com/> > Acesso em: 22 jun. 2015.

Figura 8 – Pavilhão Olímpico, em Barcelona, de Frank Gehry, onde se fez uso de formas orgânicas geradas por computador.



Fonte: (AFANA, 2011)

Neste contexto, a próxima etapa para o projeto informatizado estaria em traçar curvas de morfologias sinuosas (curvilíneas irregulares), característica do desenho a mão livre. Uma das alternativas foi o aperfeiçoamento de comandos para geração e elaboração de formas utilizando controles de curvas denominadas *Bezier* e *B-Spline*, baseadas em estudos matemáticos de composição oriundos da indústria automotiva.

As curvas Bézier foram simultaneamente descobertas por Paul de Casteljau na Citroën e Pierre E. Bézier por volta dos anos 50 e início dos anos 60. As curvas Base Spline ou B-Spline, foram conhecidas e estudadas por N. Lobachevsky cuja importante contribuição para a matemática é talvez a denominada geometria hiperbólica (não-euclidiana) no final do século XVIII. Porém, deve-se adotar uma versão moderna desenvolvida por C. De Boor, M. Cox e L. Mansfield no final dos anos 70. Deve-se ressaltar que curvas Bézier são casos especiais de B-spline. (MINETTO, 2003, p. 21)

Por consequência, estes aperfeiçoamentos resultaram em rotinas de construção de superfícies curvilíneas não uniformes, denominadas NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*), que criaram uma variedade de ferramentas para concepção formal de superfícies complexas e, desta maneira, ampliaram as opções oferecidas ao projetista. Tais ferramentas permitiram que arquitetos e designers explorassem, concebessem e manipulassem formas irregulares de uma maneira que eles não podiam fazer facilmente pelo método manual (POLONINI, 2014).

Este tipo de modelagem se popularizou a partir dos anos 2000, pois até aquele período os *softwares* destinados a tal fim, como o *CATIA* e o *Pro/Engineer*<sup>30</sup>, eram específicos à indústria de metal mecânicos. Também, na mesma época, desenvolvedores iniciaram os aperfeiçoamentos dos comandos e rotinas de geração de formas curvilíneas. Uma das ferramentas CAD que abrangia esses comandos baseados em modelagens de superfícies NURBS, e que contribuiu para a sua popularização, foi o *software Rhinoceros* que, inicialmente, era executado como extensão (*plug-in*) do *Autocad*, a partir de 1992, sendo sua primeira versão de *software* independente lançada em 1998<sup>31</sup>.

Dentre as vantagens no uso do *Rhinoceros*, está o fato de muitas ferramentas já serem similares aos do *Autocad*, *software* amplamente utilizado por arquitetos, designers e engenheiros. Também, devido a facilidade de gerar e editar curvas sinuosas e construir superfícies orgânicas e significativamente complexas. Esta tarefa sendo realizada através do “método tradicional” de desenho, demandaria muito tempo, seria extremamente trabalhosa.

A facilidade quanto ao uso das ferramentas computacionais está na sua capacidade de calcular rapidamente complexas fórmulas matemáticas. No âmbito do projeto de edifícios, este fato tem permitido viabilizar geometrias complexas, introduzindo a possibilidade de criar e manipular novas famílias de formas e de superfícies curvas. (FLORIO, 2011, p. 45)

Os avanços dos *softwares* CAD, juntamente com as ferramentas de modelagem de superfícies NURBS, aumentou a ousadia de arquitetos e

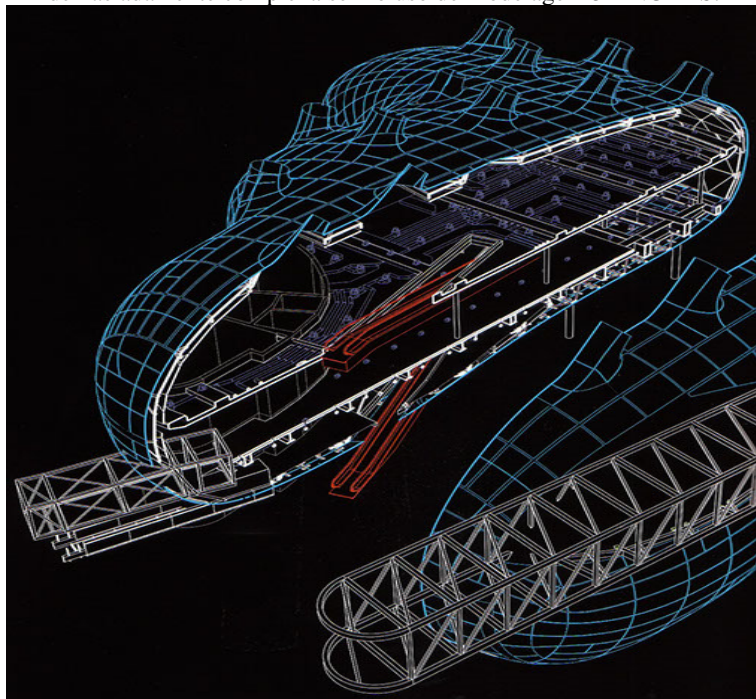
---

<sup>30</sup> Disponível em: < <http://www.ptc.com/product/creo/proengineer/> > Acesso em: 22 jun. 2015.

<sup>31</sup> Conforme web site do fabricante.

designers no que diz respeito à concepção formal dos projetos. Neles, os profissionais começaram a fazer uso de padrões geométricos mais complexos, gerando topologias orgânicas e, por consequência, mais difíceis de modelar sem o uso de ferramentas computacionais adequadas (Figura 9).

Figura 9 – Kunsthaus / Crab Studio (Graz, Áustria, 2001 - 2003): modelado em Rhinoceros, é um exemplo de estrutura que teria sua elaboração demasiadamente complexa sem o uso de Modelagem 3D NURBS.



Fonte: (CRAB STUDIO, 2004).

#### 2.1.4 Aplicações Paramétricas (Paramétrico)

O emprego de superfícies e curvas NURBS em projetos, trouxe por consequência a curva paramétrica. Conforme Minetto (2003), superfícies ou curvas deste tipo possuem a propriedade de se ajustar de modo autônomo quando alterada a posição de um ponto de controle dentro de um ambiente de coordenadas x, y e z. Neste caso, a curva paramétrica se

redesenhará conforme o novo *input*<sup>32</sup>. Porém, em se tratando do termo paramétrico, este é apenas um dos modos da parametrização.

Em contraste com os pacotes de *software* padrão com base na referência de objeto geométrico, o *software* paramétrico liga dimensões e parâmetros de geometria, permitindo assim o ajuste incremental de uma parte que, então, afeta todo o contexto. Por exemplo, como um ponto dentro de uma curva é reposicionado e toda a curva vem a realinhar-se (LEACH, 2014, p. 34) (Tradução nossa).

De maneira simples, pode-se dizer que toda curva NURBS é uma equação paramétrica usada para definir, matematicamente, superfícies geométricas (LEE, SACKS e EASTMAN, 2006, p. 760)

Outro modo em que se enquadra o termo paramétrico está relacionado às propriedades utilizadas em *softwares* como o *CATIA*, utilizado pela *Gehry Partners*<sup>33</sup>, que permite ajustes em todo o projeto ou em componentes do projeto conforme modificações em valores de *inputs* pré-definidos pelo projetista. Por exemplo: uma viga que aumenta ou diminui sua seção ao receber a informação de que terá que suportar mais ou menos carga; um flange que redimensionará todos os furos ao receber a informação que o seu componente de fixação (parafuso) terá seu diâmetro nominal substituído; o ajuste da abertura de uma parede de acordo com o tamanho e o tipo de esquadria a ser nela inserida (Figura 10). Apesar de propriedades paramétricas se fazerem presentes em *softwares* de design desde a década de 1980, na Arquitetura esta aplicação veio a ser inserida de forma mais significativa a partir dos anos 2000.

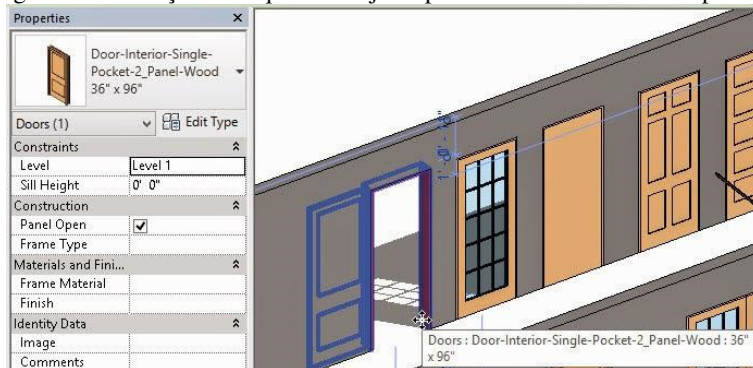
---

<sup>32</sup> Neste caso o *input* pode ser qualquer tipo de inserção de dados, seja ele via teclado ou *mouse* (Do Autor).

<sup>33</sup> A princípio, *Gehry Partners* utiliza o *software* *CATIA* conforme configurações padrão do desenvolvedor *DassaultSystèmes*. Já a *Gehry Technologies* desenvolve seu próprio *software* ou adaptações do *CATIA* para determinadas finalidades (LEACH, 2014).



Figura 10 – Inserção de esquadria e ajuste paramétrico da abertura da parede.



Fonte: (STEVE, 2004).

É importante comentar que o termo “paramétrico” pode gerar um grupo de interpretações. No entanto, em específico no campo do *design* contemporâneo, refere-se genericamente à utilização de *software* de Modelagem 3D Paramétrica (LEACH, 2014).

Contudo, ao se pesquisar sobre a definição da Modelagem Paramétrica, é comum se deparar com diferentes ênfases e visões sobre este assunto, pode-se vê-la como: uma subárea da Computação Gráfica (HOFFMANN e JOAN-ARINYO, 2002), um recurso de modelagem para viabilizar a implementação de ferramentas BIM (EASTMAN e ET AL, 2011), um recurso para gerar e controlar formas complexas (BURRY e MURRAY, 1997), uma ferramenta com potencial para geração semiautomática de formas (AISH e WOODBURY, 2005), uma maneira de possibilitar um novo estilo de arquitetura (SCHUMACHER, 2009), entre outros enfoques.

### 2.1.5 Paramétrico e Parametrização

Os termos “Paramétrico” e “Parametrização”, apesar de possuírem correlações, são distintos quanto às suas atribuições. “Paramétrico” refere-se a um adjetivo, podendo estar relacionado a uma aplicação ou comando<sup>34</sup> de *software* paramétrico. “Parametrização” faz referência a uma ação, um verbo, o ato de parametrizar um modelo por meio da

<sup>34</sup> Neste caso, comando é uma rotina ou aplicação que o software possui. Alguns softwares possuem comandos parametrizados.

Modelagem Paramétrica. Neste sentido, na parametrização, o projetista liga e define os parâmetros que serão utilizados no projeto.

Esta ação ou modelo de elaboração projetual vem sendo denominada por alguns autores de Modelagem Paramétrica (FLORIO, 2011) ou *Parametric Design*<sup>35</sup> (LEACH, 2014).

Diferentemente do comando paramétrico em que o projetista edita variáveis disponibilizadas em rotinas ou aplicações dentro de um determinado *software*, na modelagem paramétrica os parâmetros (variáveis e inter-relações) são programados pelo projetista para posteriormente serem editados.

Novas ferramentas, em ambientes paramétricos, permitem programar as dependências entre componentes, por meio do uso de variáveis, chamadas *parâmetros*. Estes permitem construir regras, traçar relações entre os pontos de uma curva, e definir o relacionamento e dependência entre eles. Portanto, as curvas derivadas deles capacitam à criação de superfícies curvas controladas parametricamente (FLORIO, 2011, p. 45).

Na maior parte dos casos, os *softwares* que permitem a parametrização (programação de parâmetros) se dão por meio de linguagem de programação textuais, denominadas de *script* ou *scripting*<sup>36</sup>. Nesse procedimento, o usuário ou programador cria uma rotina (*script*) que contém uma sequência de passos de tarefas repetitivas ou procedimentos simples que podem ser usados para construir uma modelagem de objeto (HERNANDEZ, 2006, p. 52).

A vantagem desse processo era que permitia a produção de *templates* (meta-moldes) de objetos

---

<sup>35</sup> Nesta dissertação se dará a preferência pelo termo em português.

<sup>36</sup> *Script* ou *scripting* é um modo de representação, de médio nível de abstração, para dar instruções ou comandos a serem realizados por um computador. Mais especificamente, é um roteiro que contém uma sequência de passos que orientam a realização de um conjunto de instruções. Geralmente, esse roteiro é representado por uma interface em forma de texto, mediante uso de linhas de comando, diferentemente do uso de representações gráficas (HENDERSON, 2009).

que podiam ser reutilizados durante o projeto. Especificamente, a automação da representação de escadas, telhados e outros elementos arquitetônicos, por meio da entrada de parâmetros, sem que o usuário tenha que literalmente desenhar ou modelar cada componente. Uma vez que o usuário dava entrada nesses dados, a representação da escada é gerada em 2D, ou em 3D, dependendo do objetivo da “rotina”. Dessa maneira, esse procedimento otimizava o conhecimento arquitetônico, pela inserção de princípios gerais de construção e de convenções da arquitetura nos programas CAD. (MITCHELL e MCCULLOUGH, 1991, p. 405)

Neste modo de parametrização, o projetista precisa possuir conhecimentos que não são comuns à maior parte dos arquitetos e *designers*. Apesar da possibilidade de programação em ferramentas CAD ser relativamente antiga, esta obteve pouco impacto devido ao alto nível de complexidade, ou seja, por exigirem habilidades de programação especializadas (MCCULLOUGH, 2006).

Porém, essa situação vem se modificando com novos modelos de programação, especialmente os visuais.

Linguagens de programação visual permitem criar programas, concatenando elementos gráficos e não necessariamente usando linguagem de código de texto. Quando esse tipo de programação é aplicado gera um modelo visual de fluxo de dados. Esse tipo de abordagem associado a um programa de modelagem vem se tornando popular internacionalmente entre projetistas, porque permitem a criação de processos variados e integrados conforme interesse projetual (NOME, 2015, p. 40).

Nome (2015, p. 40) também indica quatro exemplos de software que trabalham com este tipo de modelagem: *Generative Components*, da Bentley; *Grasshopper* (software livre); *Sidefx Houdini*, da Side Effects Software; *Dynamo*, da Autodesk.

Lee, Sacks e Eastman (2006, p. 760) apontam características que distinguem a Modelagem Paramétrica ou *Parametric Design* dos sistemas CAD tradicionais ou dos *softwares* paramétricos e que, ao mesmo tempo,

forneem mecanismos para traduzir a expertise em um domínio de expressões geométricas:

- (a) Usuários podem criar formas, definir e adicionar novas relações paramétricas aos objetos geométricos, por meio da interface do usuário. A forma criada pode ser manipulada e definida pelo usuário, alterando os valores e as relações dos parâmetros;
- (b) Usuários podem impor restrições entre os diferentes objetos paramétricos (entre uma parede e uma janela, por exemplo) dentro de um sistema;
- (c) Os parâmetros contidos nos objetos estão expostos, de modo que um parâmetro em um objeto pode ser usado para derivar os parâmetros em outros objetos relacionados espacialmente a ele;
- (d) Restrições impostas podem ser mantidas automaticamente. As repetições de formas são modificadas, não somente pela mudança de valores de um parâmetro de um modo direto e explícito, mas também pelo sistema de manutenção das restrições paramétricas. Em muitos sistemas CAD, usuários podem criar a geometria usando regras de geração (isto é, desenhar uma linha perpendicular, impondo a restrição perpendicular entre as duas linhas), mas a restrição não é mantida (isto é, quando uma das linhas for editada). Os sistemas que não mantêm a restrição, não podem ser considerados paramétricos;
- (e) A modelagem deveria ser realizada em um modelador 3D. No projeto e na construção, as formas 2D, as superfícies e os sólidos 3D são, frequentemente, manipuladas por regras paramétricas;
- (f) A modelagem deveria basear-se em características do objeto. Usuários podem agrupar e definir objetos geométricos (e conexões), suas formas parciais, chamadas características, e podem descrever relações semânticas (dependências e variações) entre elas.

### **2.1.6 Programação em Modelagem Paramétrica (Modelagem Algorítmica)**

É entendido que a parametrização necessita de programação ou, ao menos, de um modelo matemático para idealizar a concepção baseada na

conexão de elementos e suas inter-relações. Este tipo de resolução se dá por meio da criação de algoritmos<sup>37</sup>, que tecnicamente são uma ‘simples’ instrução e podem referir-se aos processos de *design* analógicos padrão, ou aos processos digitais de projeto (LEACH, 2014).

A Modelagem por Meio de Programação de Algoritmos – *Algorithmic Modeling (AM) ou Algorithmic Design (AD)* – é um campo que se refere ao uso de técnicas processuais na resolução de problemas de projeto. Dentro do campo digital, no entanto, refere-se especificamente ao uso de linguagens de *script* que permitem ao projetista ir para uma etapa além das limitações da interface do usuário, além de projetar através da manipulação direta não na forma, mas por meio de um código (LEACH, 2014). Normalmente, o projeto algorítmico seria realizado com uso de linguagens de programação do tipo *script*.

As linguagens *script* para aplicativos CAD podem variar muito, não apenas em termos de sua sintaxe e estrutura, mas também em relação aos resultados que podem ser obtidos por sua aplicação. Alguns exemplos de linguagens de programação para aplicativos CAD são o Rhinoscript do Rhinoceros, o MEL do Maya, o MaxScript do 3DMax e o VBA ou Autolisp do AutoCAD. [...] Os *scripts* (também chamados de macros no VBA) podem ser desenvolvidos no *Visual Basic for Application Interactive Development Environment (VBAIDE)*, um aplicativo incorporado aos programas do Microsoft Office (como Word ou Excell), assim como no AutoCAD” (CELANI e VAZ, 2011, p. 3).

Ainda, Celani e Vaz (2011, p. 4) reforçam que

É possível executar algo muito semelhante em certos ambientes para modelagem paramétrica com recursos de programação visual sem a necessidade de digitar sequer uma linha de código em texto. Ao invés de apresentar uma interface para escrever linhas em um compilador esses programas contêm uma área de trabalho em que podem ser introduzidos componentes que irão compor o

---

<sup>37</sup>Algoritmo: conjunto das regras e procedimentos lógicos perfeitamente definidos que levam à solução de um problema em um número finito de etapas. Fonte: Google (2015).

“código” que realizará a tarefa. Dois exemplos deste tipo de *software* são o *Generative Components* e o *Grasshopper*. O primeiro é um módulo do aplicativo Microstation da empresa Bentley, enquanto o segundo é um *plug-in* para o programa *Rhinoceros*.

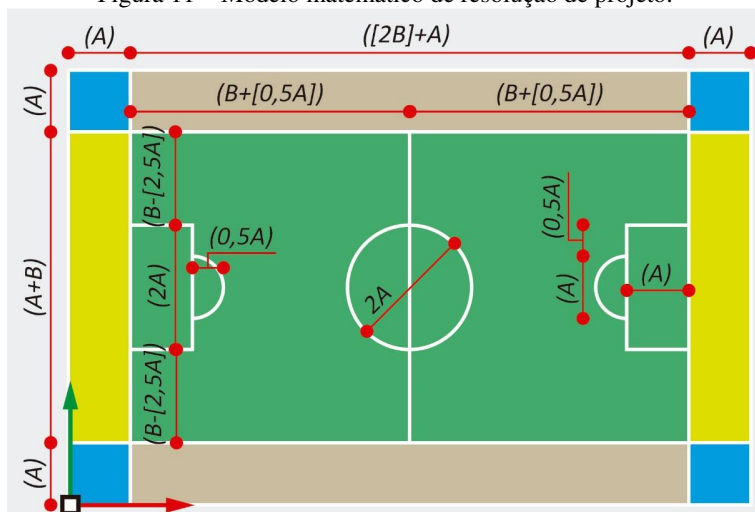
Leach (2014) também comenta que aplicações como *Generative Components* e *Grasshopper* possuem um sistema de transferência de código do tipo *bypass-code*<sup>38</sup>, com formas pictográficas de automação (por exemplo, pilhas de informação e transferência de código). É possível, portanto, descrevê-los como formas de *scripting* gráfico, que devido à familiaridade da nova linguagem pelos projetistas, em comparação à programação textual, fez o uso da programação visual na modelagem para arquitetura crescer – notadamente com a chegada do *Generative Components*, da Bentley, por volta de 2003, e posteriormente do *plug-in Grasshopper* para *Rhinoceros*, da McNeel, em 2007 (DAVIS, BURRY e BURRY, 2012).

Para exemplificar este conceito, a Figura 11 apresenta a resolução de um projeto baseado em funções matemáticas vinculados às variáveis ‘A’ e ‘B’, sendo o resultado do cálculo dessas funções, quando inserido os valores das variáveis, os parâmetros para a construção da forma.

---

<sup>38</sup> Neste caso, *bypass-code* tem sentido de transferir informações (código) por outro meio, sem ser a programação textual.

Figura 11 – Modelo matemático de resolução de projeto.



Fonte: do autor.

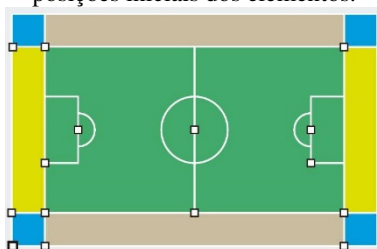
Na figura 12, aparecem definidas as áreas que configuram o conceito formal do projeto e, na figura 13, ficam estipulados os domínios de posicionamento das respectivas áreas.

Figura 12 – Lista de elementos para composição do projeto.



Fonte: do autor.

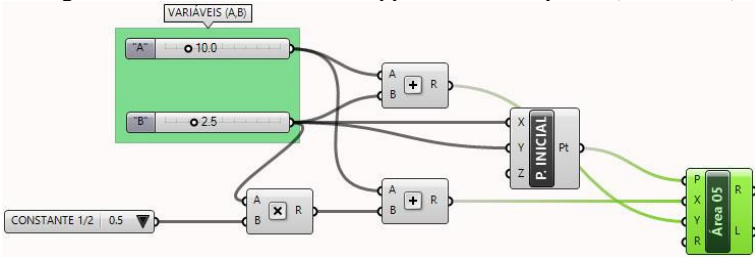
Figura 13 – Coordenadas das posições iniciais dos elementos.



Fonte: do autor.

Na figura 14, o resultado (R) da soma ou multiplicação das variáveis (“A” e “B”) é transferida, interligando pilhas que carregam informações (código) das funções e elementos do projeto.

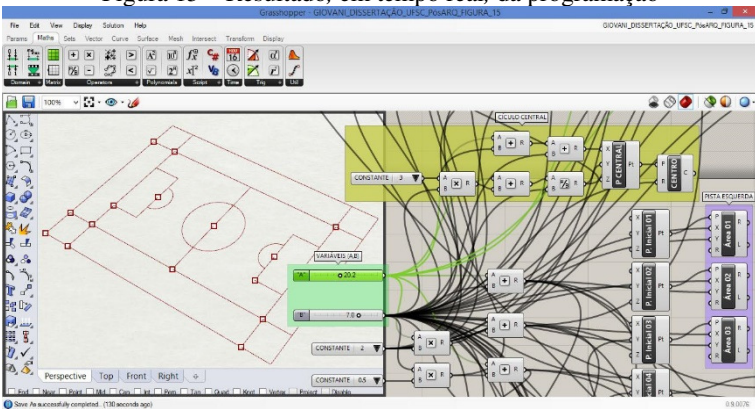
Figura 14 – Programação de área e posicionamento do elemento 05, apresentado na figura 20, executada em Grasshopper, através de pilhas (ou baterias).



Fonte: do autor.

O resultado, em tempo real, da programação elaborada para concepção do projeto, é apresentado na Figura 15, onde o que é editado nas pilhas (à direita) é apresentado em forma de desenho 3D na (à esquerda).

Figura 15 – Resultado, em tempo real, da programação



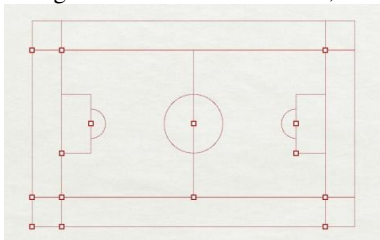
Fonte: do autor.

À medida que os valores das variáveis “A” e “B” vão sendo alterados, há a modificação correspondentemente da forma<sup>39</sup>, porém o desenho continua o mesmo (Figuras 16 e 17).

<sup>39</sup> Considerar no exemplo das figuras 18, 19 a variável “A” com o valor numérico igual a 20,0.

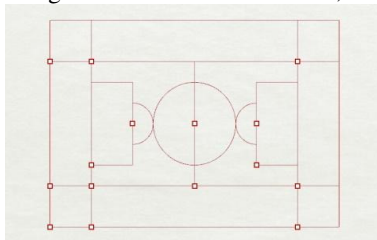


Figura 16 – Variável “B” = 5,0.



Fonte: do autor.

Figura 17 – Variável “B” = 10,0.



Fonte: do autor.

Apesar de a programação textual proporcionar um domínio maior sobre o que se deseja parametrizar, a vantagem da programação visual (*scripting* gráfico) se dá no fato desta ter uma abordagem mais próxima do projetista não especializado em programação de computadores. Além disso, ela também apresenta o resultado 3D em tempo real, sendo que no *script* seria necessário passar por um processo de compilação<sup>40</sup>.

Contudo, segundo Leach (2014, p. 36) (Tradução nossa),

deve-se fazer uma distinção entre as técnicas de *script* gráfico, tais como Grasshopper, e formas não-pictóricas de *scripting*. *Script* gráfico é relativamente limitado em seu âmbito de aplicação. Raramente existem ramificações de código que podem ser encontrados no Grasshopper, robusto o suficiente para competir com o *script* baseado em texto. De fato, códigos gráficos não têm editor de texto, e têm severas limitações em termos de precisão, construtibilidade, racionalização e escalabilidade. O código baseado em script goza de maiores níveis de controle. Apesar de suas semelhanças aparentes, então, há distinções importantes a serem feitas não só entre operações com algoritmo e paramétrico, mas também entre *script* visual e puramente código baseado em operações algorítmicas.

O interessante é que, apesar de vantagens e desvantagens para cada tipo de programação, os dois modos, de certa forma, influenciam a

---

<sup>40</sup> Compilação é o processo de "tradução" do programa escrito em uma linguagem de programação para um formato no qual o computador entenda (WIKIBOOKS, 2014).

maneira de como os projetistas vêm concebendo as formas do projeto (SCHUMACHER, 2009).

“Recentemente, alguns sistemas CAD introduziram ferramentas com capacidades de geração de modelos paramétricos sem que haja a necessidade, por parte do usuário, da elaboração de código simbólico para sua implementação. Nesses programas é utilizada a programação visual para a elaboração de diagramas que irão representar o algoritmo que gerará o modelo paramétrico. Em geral, este tipo de aplicativo permite uma automação limitada do processo de projeto, mas pode ser eficiente para a exploração de formas, por meio da geração automática de variações paramétricas. A maioria desses ambientes de programação permite criar algoritmos sem a utilização de código simbólico, e suas capacidades podem ser estendidas por meio do uso de *scripts*. ” (CELANI e VAZ, 2011, p. 3).

Assim, as linguagens visuais, por terem uma interface gráfica mais adaptada, podem facilitar a curva de aprendizagem de projetistas que não programam em linguagens textuais (CELANI e VAZ, 2011). Por este motivo, a pesquisa apresentada nesta dissertação se ateve ao tipo de programação visual.

As Figuras 18 e 19 ilustram uma comparação entre exemplos de programação algorítmica no modo textual (*script*) e visual (interligação entre pilhas) que resultarão em um mesmo objeto. O Quadro 2 aponta as principais diferenças entre os dois tipos de programação.

Figura 18 – Textual (script de comando em forma textual).

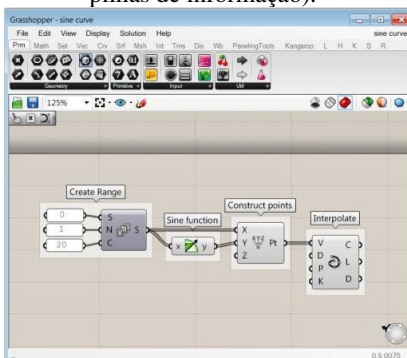
```

1 import rhinoscriptsyntax as rs
2 import math
3
4 points = []
5
6 #create range
7 for x in range(0, 20):
8     #sine function
9     y = math.sin(x)
10    #construct points
11    points.append(rs.AddPoint(x,y,0))
12
13 #Interpolate
14 curve = rs.AddInterpCurve(points)

```

Fonte: (JAMISON, REITZ, *et al.*, 2014).

Figura 19 – Visual (interligação de pilhas de informação).



Fonte: (JAMISON, REITZ, *et al.*, 2014).

Quadro 2 – Principais diferenças entre programação textual e visual.

PROGRAMAÇÃO TEXTUAL	PROGRAMAÇÃO VISUAL
<i>Script</i>	<i>Bypass-code</i>
Linha de texto	Ligação entre pilhas
Compilação	Resultado em tempo real
Especialista	Intuitiva
Permite programação mais refinada	Baseado em editáveis contidos nas pilhas

Fonte: Do autor.

### 2.1.7 Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica

Apesar das metodologias serem distintas, Leach (2014) comenta que existe uma condição generalizada, por parte de profissionais da área de *design* e arquitetura, que faz fusão entre Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica. Isto ocorre, em parte, devido ao fato das duas técnicas poderem produzir formas semelhantes.

A Modelagem Algorítmica trabalha com objetos gerados usando *script Rhino* (textual) ou *Grasshopper* (visual), que têm, muitas vezes, formas curvilíneas e que são aparentemente semelhantes ao trabalho produzido por ferramentas paramétricas. Já o termo *Design Paramétrico*, torna-se um caminho que, até certo ponto, dá um significativo suporte ao *design* digital de formas curvilíneas quanto à estética (SCHUMACHER, 2009).

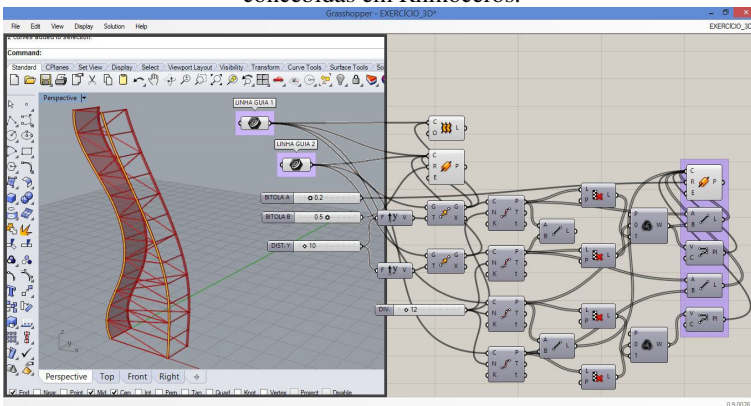
Alves e Praschke (2013, p. 258) descrevem o *Design Paramétrico* como

um método fundamentado em técnicas de criação e modelagem digital, a partir de algoritmos e sistemas de programação que antecipam a tomada de decisões para uma etapa bastante inicial do processo de projeto a fase de definição dos parâmetros (*inputs*). Um parâmetro pode ser entendido como o valor de uma variável que, ao mudar, fornece uma característica diferente ao componente, mas mantém uma relação tipológica inicial com este componente em seu estado original.

Ao mesmo tempo, técnicas de Modelagem Algorítmica são muitas vezes usadas em associação com técnicas de *Design Paramétrico*. Por exemplo, a utilização de determinadas técnicas de Modelagem Algorítmica para gerar a forma inicial é, subseqüentemente, manipulada usando técnicas de *Design Paramétrico*.

Nas figuras 20 e 21, conforme as curvas denominadas “LINHA GUIA 1” e “LINHA GUIA 2” (na cor amarela) são realinhadas. A programação algorítmica de modo paramétrico ajusta as treliças.

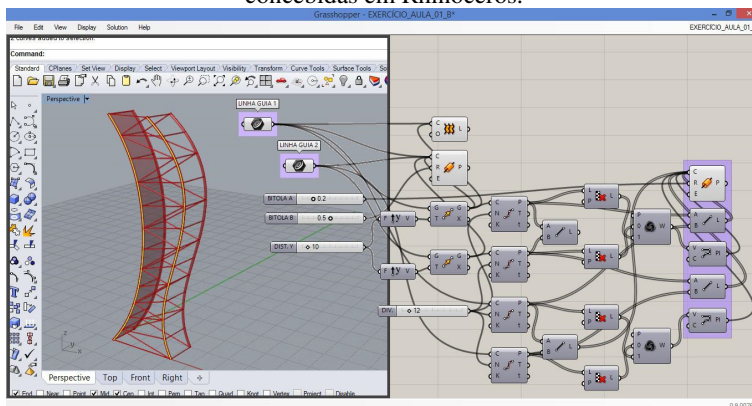
Figura 20 – Modelo de pilar curvilíneo em treliça (Variação “A”), gerado através de *Modelagem Algorítmica* em Grasshopper e parametrizado por curvas concebidas em Rhinoceros.



Fonte: do autor.

Nota-se que a modelagem algorítmica (lado direito da figura) que gerou a forma (lado esquerdo da figura) permanece a mesma em ambas as Figuras (20 e 21). O que se alteram são as linhas guias parametrizadas e, por consequência, a forma da treliça.

Figura 21 – Modelo de pilar curvilíneo em treliça (Variação “B”), gerado através de *Modelagem Algorítmica* em Grasshopper e parametrizado por curvas concebidas em Rhinoceros.



Fonte: do autor.

As técnicas de Modelagem Algorítmica podem, também, ser utilizadas para a otimização<sup>41</sup> e em diversas operações na outra extremidade do processo de concepção, uma vez que a forma gerada inicialmente foi modelada por meio de técnicas de *Design Paramétrico*.

Pode-se perceber que, mesmo sendo termos que representam finalidades distintas, a parametrização depende da programação e vice-versa.

Todo desenho paramétrico depende obrigatoriamente do código. Em outras palavras, é uma situação dialética em que o código e forma dependem um do outro. Não pode haver nenhuma forma, sem código, e muitas vezes sem nenhum

<sup>41</sup>O termo 'otimização' deve ser usado com um grau de cautela. Muitas vezes, é impossível saber o que o ótimo pode ser, e muito depende dos parâmetros que estão sendo usados para julgar o que é ideal. Assim como os parâmetros variam, as definições de ótimo também podem variar. Em vez de pensar em termos de soluções otimizadas, talvez devesse referir-se a "melhorias" (LEACH, 2014).

código sem formulação. De certa maneira, Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica são apenas dois lados da mesma moeda (LEACH, 2014, p. 34) (tradução nossa).

É fato que a computação se torna cada vez mais prevaiente na cultura arquitetônica. Ainda segundo Leach (2014, p. 35, tradução nossa),

Alguns esforços devem ser feitos para esclarecer os termos, antes que a confusão se torne tão popular que o uso do termo “paramétrico” seja para descrever um estilo sancionado por pura popularidade. Por isso, vemos aqui muito claramente: técnicas com algoritmos são baseadas no uso de código. Técnicas paramétricas baseiam-se na manipulação da forma. Elas são, portanto, bem distintas.

Assim sendo, entende-se que o *Design Paramétrico* está mais vinculado em como as inter-relações dos elementos e suas variações irão modificar a forma do projeto, enquanto Modelagem Algorítmica em como a elaboração do código irá gerar os elementos e, por consequência, conceber a forma.

## 2.2 PROCESSO DE PROJETO (PROJETAÇÃO)

De acordo com a proposta de estudo contido nesta dissertação, o entendimento de conceitos relacionados ao processo de projeto (da idealização a elaboração da forma), é de suma importância e se faz necessário, pois auxiliam na delimitação dos procedimentos de investigação.

Sobre o processo de projeto, Delatorre (2014, p. 49) comenta sobre sua subjetividade e em como a tecnologia pode influenciá-lo:

[...] muitas vezes a subjetividade do processo é ainda difícil de ser explicada. Com o advento das tecnologias digitais, que hoje dão suporte a muitos profissionais para o desenvolvimento do projeto, surgem novos métodos, com diferentes processos e que se refletem diretamente na arquitetura contemporânea e sua produção.

Schön (2000, p. 72), por sua vez, comenta que, para o aluno, o processo de projeto é inicialmente incompreendido.

Inicialmente, o aluno não entende, e nem poderia, o que significa o processo de projeto. Ele considera o talento artístico de pensar como um arquiteto nebuloso, obscuro, estranho e misterioso. Além disso, mesmo que sejamos capazes de dar uma explicação verbal plausível do processo de projeto - intelectualizando-a -, ele ainda seria incapaz de responder à demanda de que demonstre uma compreensão [...].

Assim, por poder gerar várias interpretações, busca-se neste trabalho, uma compreensão mais específica do processo de projeto. Tal explanação, no entanto, estará pautada especialmente nos procedimentos iniciais ligados à elaboração da forma.

### **2.2.1 Procedimentos projetivos**

Para que haja um processo de projeto é necessário que ocorram determinadas fases e etapas, sendo tais organizadas em momentos intelectuais, guiados pela inteligência, criatividade e conhecimento humano (FABRICIO e MELHADO, 2002) e mais operacionais, desenvolvidos por tarefas designadas a um projetista ou equipe de projetistas.

A princípio, a fase intelectual é mais voltada para os processos mentais ligados a idealização e criação, que se utilizam do repertório do projetista, enquanto a fase das operações associa-se aos procedimentos que, de maneira simples, podem ser entendidos como etapas da projeção.

O momento que compete à técnica projetiva, ou seja, a operacionalização do projeto,

[...] acontece em etapas com a progressão do grau de definição da proposta, começando pela determinação do partido, seguido do detalhamento dele e das prescrições para sua execução. Apesar de admitirem-se etapas intermediárias, a nomenclatura geralmente aceita aponta três etapas significativas, que são denominadas, em ordem

crecente de complexidade e grau de detalhamento, de (1) estudo preliminar, (2) anteprojeto e (3) projeto executivo (SILVA, 1984, apud POLONINI, 2014, p. 19).

Ainda de acordo com Polonini (2014, p. 21),

- (1) A primeira etapa caracteriza-se por representar o estágio inicial da proposta arquitetônica e, por isso as decisões de projeto não estão firmadas, ainda existindo espaço para modificá-las. Mais especificamente, onde se dá início à análise programática, às primeiras explorações do campo da forma e à verificação mínima de sua compatibilidade com as restrições impostas pelo cliente, pelo sítio, pelos materiais e tecnologias construtivas ou legislação.
- (2) Na segunda etapa seleciona-se uma proposta a ser desenvolvida e refinada com maior rigor em relação às exigências externas, possibilitando a clara compreensão da obra e sua consequente apresentação ao cliente.
- (3) Na terceira etapa, a proposta aprovada é amplamente pormenorizada para conter todas as informações e detalhes necessários para a execução da obra, mediante documentação projetual por representação técnica.

## **2.2.2 Idealização**

Quanto à fase intelectual do processo de projeto, pode-se dizer, em princípio, que é uma atividade humana e criativa que envolve o desejo de se materializar uma ideia. Para Gasperini (1988) o projeto é um meio para se chegar à obra; é a ligação entre a ideia (o processo imaterial) e o objeto. Porém, este meio para se chegar à obra, apesar de comum, é de difícil descrição, principalmente nos estágios iniciais, enquanto o projetista está formulando uma imagem mental.

Para Mahfuz (1995), qualquer procedimento criativo é necessariamente originário de uma ideia [...], o plano conceitual permite a definição do partido, sendo um processo intelectual e imaterial. Esta fase imaterial chamada de 'idealização', pois é um processo não identificado e/ou visualizado. Silva (1984) o compara a uma caixa preta, que representa um sistema do qual não se vê o funcionamento.



Conforme Galafassi (2010, p. 9), referindo-se ao modelo de (SILVA, 1984),

[...] assume-se que quando o conhecimento não é visto, não existe a possibilidade de assimilá-lo e conseqüentemente transmiti-lo. Se o processo criativo for comparado a uma caixa transparente, representando um sistema em que se pode observar e conhecer o modo de funcionamento, o conhecimento pode ser transmitido, reproduzido e também aperfeiçoado.

Em uma relação entre criatividade e tecnologia, Castells (2001) coloca que a criatividade corresponde ao tipo de atividade que o projetista desenvolve nos estágios iniciais do processo projetual, e a tecnologia corresponde às fases de desenvolvimento. Demonstra que a capacidade analítica/racional e a capacidade criativa/artística têm que fazer parte do conceito de Arquitetura, e que é necessário que exista um equilíbrio entre os dois processos.

Conforme Galafassi (2010, p. 9),

a criatividade é composta por fatores como intuição, talento, inspiração, experiência e observação, é o que desencadeia o processo de projeto, mas não é o que determina o processo de projeto. O processo projetual necessita de técnicas e rotinas instrumentais que são transmitidas por meio da teoria. Os conhecimentos adquiridos ao longo do aprendizado contribuem e intervêm no processo criativo.

Desta maneira, a tecnologia pode ser uma auxiliadora na representação de ideias, pois esta imagem mental, por vezes, não consegue ser visualizada por carência da técnica, de ferramentas e de métodos apropriados.

No caso das formas não convencionais propostas pelo “Parametricismo”, fica evidente que o “processo tradicional de projeto” pode se tornar um inibidor. Exemplificando, o projetista fica propenso a aceitar o que a ferramenta tem condições de gerar.

Outro aspecto importante é a possibilidade que *Design* Paramétrico e Modelagem Algorítmica podem gerar diversas alternativas para um mesmo projeto parametrizado. Esse procedimento pode ser bastante útil

para evitar que o projetista adote uma primeira solução e não recorra às outras possíveis alternativas que poderiam produzir melhores resultados.

Cada projetista aborda o projeto de forma diferente utilizando, inclusive, muitos métodos. Neste sentido, as metodologias de *Design Paramétrico* e *Modelagem Algorítmica* poderão ser essenciais, onde os objetivos são constantemente redefinidos, a projeção é um contínuo processo de agir e aprender que não é inflexível e que não deve ser utilizado de forma sequencial (GALAFASSI, 2010).

### **2.2.3 Elaboração de forma**

É sabido que nas etapas iniciais da projeção ocorre uma atividade de elaboração mental predominantemente criativa, que é peculiar a cada projetista. Além de poder possuir indeterminadas alterações e ajustes de acordo com a sua complexidade, de certo modo pode ser influenciada pelo tipo de técnica ou tecnologia empregada na sua elaboração.

O processo de projeto pode ser caracterizado como intensivo em conhecimento e seu principal “insumo” é o projetista seus saberes, inteligência e criatividade. Apesar disso, diversos dispositivos e “técnicas” sempre foram usadas para mediar e suportar o raciocínio (Levy, 1993). As régua de cálculo, as técnicas e instrumentos de desenho, etc. são exemplos de mecanismos que interagem com as práticas projetuais. Contudo, atualmente novas tecnologias de processamento de informação (TIC) impactam o processo de projeto de forma muito mais contundente” (FABRICIO e MELHADO, 2002, p. 38).

No âmbito da *práxis* profissional, este processo é comumente aceito como a concepção arquitetônica (SILVA, 1984). Mahfuz (1995), contudo, o separa em conceitos de ordem morfológica – relacionadas ao aspecto formal da composição – ou conceitos de ordem funcional – que pertencem ao aspecto conceitual e subjetivo.

Em relação aos conceitos de ordem morfológica ou aspectos formais, o projetista precisa elaborar e visualizar uma imagem mental concebida no processo de idealização (criação), entendê-la e convertê-la em linguagem de projeto (representação ou desenho).

De acordo com Fabricio e Melhado (2002, p. 39),

A compreensão científica de como funciona o processo mental de criação e projeto parecem estar mais no campo das hipóteses e das primeiras teorias, mas já não está mais no campo do mistério e aponta um novo campo de investigação para compreensão do processo de projeto.

Este processo, ainda pouco entendido (SCHÖN, 2000), em maior parte se dá por meio do “método tradicional”, de modo descritivo e por combinações entre entes geométricos<sup>42</sup>.

Os métodos de projeto ainda são alvo de muitos estudos de diversos pesquisadores, e muitas vezes a subjetividade do processo é ainda difícil de ser explicada. Com o advento das tecnologias digitais, que hoje dão suporte a muitos profissionais para o desenvolvimento do projeto, surgem novos métodos, com diferentes processos e que se refletem diretamente na arquitetura contemporânea e sua produção” (DELATORRE, 2014, p. 49).

A princípio, essas combinações geométricas exigem do projetista, determinada capacidade mental e motora. A maneira como cada um o faz é muito particular e influenciada pelo seu respectivo repertório. Neste sentido,

O processo mental de projeto é sem dúvida complexo e envolve múltiplas habilidades intelectuais e motoras, bem como os sentidos [...], a memória, o raciocínio, as habilidades manuais, etc., que estão presentes em quase todas as atividades humanas (FABRÍCIO e MELHADO, 2002, p. 39).

No caso das ferramentas computacionais, como os *softwares* CAD 2D ou 3D, a habilidade motora exigida no processo manual (prancheta) é auxiliada por ferramentas de desenho virtuais, que geram figuras e sólidos

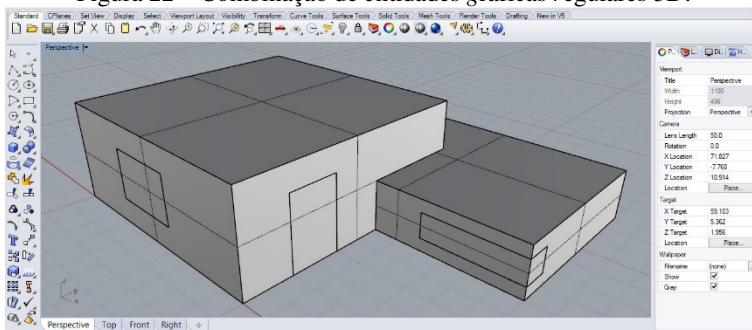
---

<sup>42</sup>Estes entes fundamentais da geometria não têm uma definição pronta. São constituídos de ponto, reta e plano, e suas combinações podem gerar figuras geométricas (2D), que podem gerar sólidos geométricos (3D).

geométricos<sup>43</sup>, por meio de cálculos matemáticos realizados pelo computador e, simultaneamente, visualizados na tela em forma de desenho. Basicamente, são figuras (linhas, retângulos, círculos), sólidos (cubos, esferas) ou modelos pré-orientados (paredes, esquadrias, escadas) que, combinados, geram a representação do projeto. Este processo dentro da computação gráfica é comumente chamado de Modelagem Geométrica (MG) (FLORIO, 2011).

A figura 22 demonstra um exemplo de Modelagem Geométrica, onde as combinações de entes geométricos regulares dão volume a forma arquitetônica, que quando utilizada num “processo tradicional” fica a cargo do projetista, sendo a ferramenta computacional apenas um auxiliar - conforme a própria nomenclatura de CAD traduzida já evidencia: computador auxiliando o projeto ou desenho assistido por computador.

Figura 22 – Combinação de entidades gráficas regulares 3D.



Fonte: do autor.

Alguns autores, porém, sugerem que essas aplicações computacionais são subutilizadas. Carvalho e Pereira (2011 *apud* DELATORRE, 2014, p. 28-29) comentam que

nos meios profissional e acadêmico, os recursos da computação gráfica eram utilizados como uma ferramenta de digitalização dos projetos desenvolvidos à mão, por meio de programas CAD, consistindo em desenho assistido por computador, por isso, são raras as iniciativas de

---

<sup>43</sup>Também conhecidos como entidades gráficas ou entidades CAD.

utilização de recursos de desenvolvimento de projeto.

Delatorre (2014, p. 28-29) complementa afirmando que

o uso dessas ferramentas limitou-se à substituição do desenho desenvolvido de modo tradicional – desenho à mão – pelo desenho auxiliado por computador, sem que houvesse mudanças metodológicas. Pode-se dizer que se assemelha a uma prancheta eletrônica.

Este modelo de elaboração de forma, baseado na combinação de entes geométricos, de certo modo, para as formas convencionais, é aceito e amplamente utilizado. Seu método de construção é facilmente compreendido e possível de se desenvolver por meio de processos mentais aparentemente simples para a maioria dos projetistas.

Em *Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica* não se combinam entes gráficos, mas se interligam componentes e elementos dos projetos com seus respectivos parâmetros e restrições. Diferentemente da Modelagem Geométrica, a forma é consequência das interligações e a sua complexidade está nas propriedades, nos números de interligações e nas variáveis do modelo ou projeto parametrizado. O processo deixa de ser uma abstração e o projetista passa a trabalhar diretamente na programação dessas interligações.

*Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica* requerem o pensamento algorítmico (NOME, 2015), a fim de construir estruturas geométricas lógicas e flexíveis para viabilizar variações. Segundo Hernandez (2006), o projetista deve prever que tipos de variações ele quer explorar, a fim de determinar quais tipos de transformações do modelo digital deve fazer, sendo esta uma tarefa difícil devido à natureza imprevisível do processo de projeto.

Woodbury (2010 *apud* Nome, 2015, p. 32) indica habilidades para o projetista que usa ferramentas paramétricas:

- (a) Capacidade de conceber o fluxo de dados;
- (b) Capacidade de dividir e conectar partes lógicas;
- (c) Capacidade de nomear essas partes;
- (d) Capacidade de pensar com abstração;
- (e) Capacidade de pensar matematicamente;
- (f) Capacidade de pensar algoritmicamente.

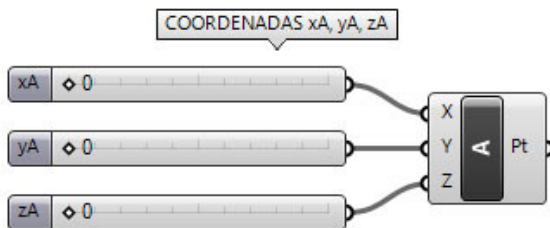
Este pensamento matemático/algóritmico está, em parte, em entender como o computador processa/vê as formas e em como as interliga e modifica.

Ao explicar um processo paramétrico Monedero (2000) explica que uma linha, por exemplo, é uma entidade que se torna parte de um modelo de dois parâmetros, uma vez que o seu comprimento e a sua direção, são especificados. Um polígono é um conjunto de linhas unidas em seus vértices cujos parâmetros posição também devem ser especificados quando ele é criado.

As Figuras 23, 24, 25 e 26 exemplificam a construção de uma figura regular a partir de entes gráficos interligados por Modelagem Algóritmica com o uso do *plug-in Grasshopper*. O processo foi indicado com os passos de 1 a 4:

(1) A construção da figura geométrica começa pelo ente fundamental ponto 'pt', representado pela letra 'A', e seu posicionamento dentro do plano 3D é determinado pelos parâmetros das coordenadas  $x_A$ ,  $y_A$  e  $z_A$  (Figura 23).

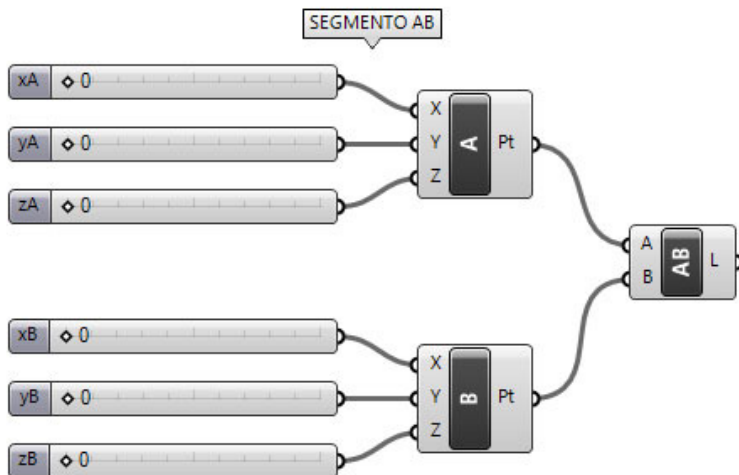
Figura 23 – Entidade gráfica fundamental ponto e suas variáveis dentro de um ambiente computacional 3D.



Fonte: do autor.

(2) A ligação entre dois entes fundamentais ponto, por uma linha 'L' forma o segmento 'AB' (Figura 24);

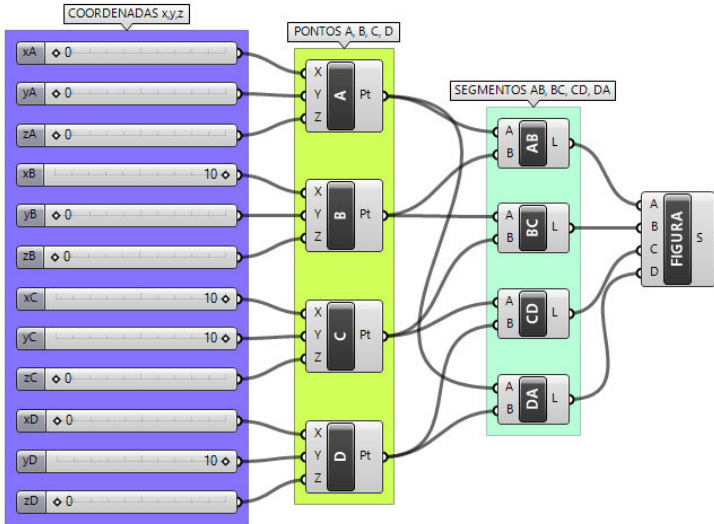
Figura 24 – Entidades gráficas fundamentais e suas variáveis dentro de um ambiente computacional 3D.



Fonte: do autor.

(3) A ligação entre segmentos ordenados AB, BC, CD e DA geram uma figura regular (Figura 25).

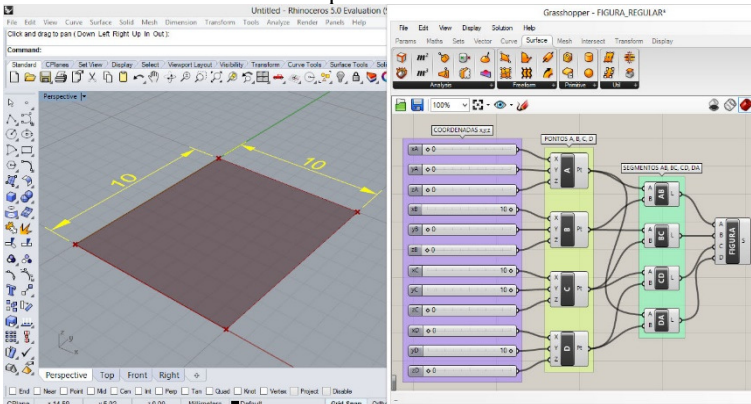
Figura 25 – Entidades gráficas fundamentais e suas variáveis dentro de um processo computacional 3D.



Fonte: do autor.

(4) A aplicação prática dentro de um ambiente 3D, com a programação mais visualização simultânea da figura (Figura 26).

Figura 26 - Aplicação de MA e visualização simultânea da forma em ambiente computacional 3D.



Fonte: do Autor.



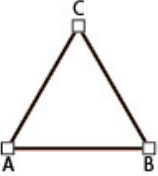
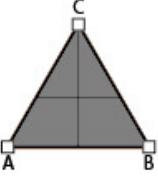
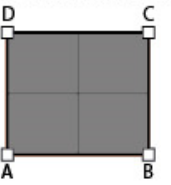


Nota-se que a linguagem de projeto não é a representação em desenho, mas por ligações de entes e parâmetros de forma lógica. É essa programação algorítmica que irá gerar a forma ou o projeto. No que diz respeito ao paramétrico, à medida que se alteram as coordenadas (parâmetros), a forma se ajustará respectivamente.

Neste sentido, o projetista precisa desenvolver um início do pensamento algorítmico. A figura 27 apresenta a forma gráfica, ao lado esquerdo, de como o projetista vê e entende as formas e, ao lado direito, textualmente o processo computacional 3D de modo lógico.

A abordagem paramétrica e algorítmica possibilita a associação do modelo a outros parâmetros, por isso é importante a clareza do projetista/programador quanto ao processo desejado. Uma vez estabelecido o processo algorítmico, a parametrização permite gerar uma diversidade de soluções segundo configurações estabelecidas pelo projetista.

Figura 27 - Entidades gráficas fundamentais e seus parâmetros dentro de um processo computacional 3D.

ENTIDADES GRÁFICAS	PARÂMETROS
<p>PONTO</p> 	$x^A, y^A, z^A = A$ 3 Coordenadas = 1 Ponto
<p>SEGMENTO</p> 	$(x^A, y^A, z^A) + (x^B, y^B, z^B) = [AB]$ 6 Coordenadas = 2 Pontos = 1 Segmento
<p>FIGURA</p> 	$(x^A, y^A, z^A) + (x^B, y^B, z^B) = [AB]$ $(x^B, y^B, z^B) + (x^C, y^C, z^C) = [BC]$ $(x^C, y^C, z^C) + (x^A, y^A, z^A) = [CA]$ 18 Coordenadas = 3 Segmentos = 1 Figura
<p>PLANO TRIANGULAR</p> 	$(x^A, y^A, z^A) + (x^B, y^B, z^B) = [AB]$ $(x^B, y^B, z^B) + (x^C, y^C, z^C) = [BC]$ $(x^C, y^C, z^C) + (x^A, y^A, z^A) = [CA]$ 18 Coordenadas = 3 Segmentos = 1 Figura
<p>PLANO RETANGULAR</p> 	$(x^A, y^A, z^A) + (x^B, y^B, z^B) = [AB]$ $(x^B, y^B, z^B) + (x^C, y^C, z^C) = [BC]$ $(x^C, y^C, z^C) + (x^D, y^D, z^D) = [CD]$ $(x^D, y^D, z^D) + (x^A, y^A, z^A) = [DA]$ 21 Coordenadas = 4 Segmentos = 1 Figura

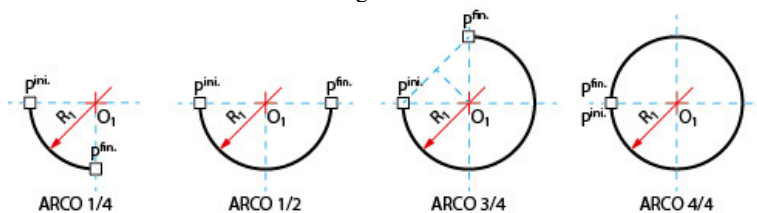
Fonte: do autor.

## 2.2.4 Elaboração de formas não convencionais ou não uniformes

É importante ressaltar que é a complexidade do ente geométrico que determina a quantidade de parâmetros a serem controladas no processo computacional, ou pensamento algorítmico.

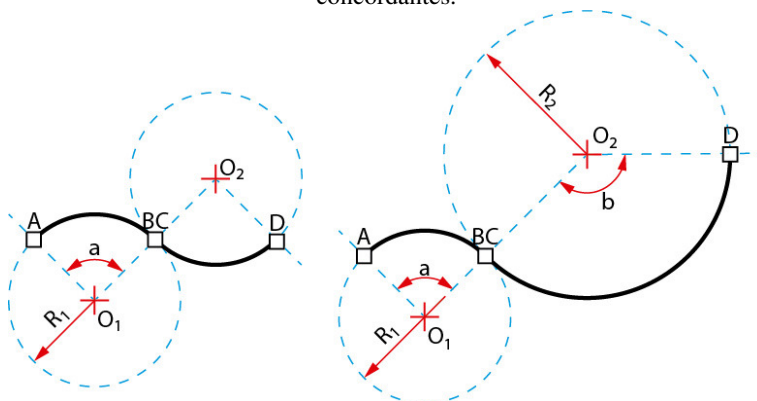
As figuras 28 e 29 mostram que, o fato dos entes geométricos serem circulares, aumenta o número de variáveis a serem processadas. Neste caso, as variáveis para a construção das curvas regulares são: as coordenadas  $(x, y, z)$  do centro, pontos inicial e final, mais os raios e ângulos entre os pontos 'A', 'B', 'C' e 'E'.

Figura 28 – Variáveis dentro de um sistema computacional 3D de curvas regulares.



Fonte: do autor

Figura 29 - Variáveis dentro de um sistema computacional 3D de curvas concordantes.



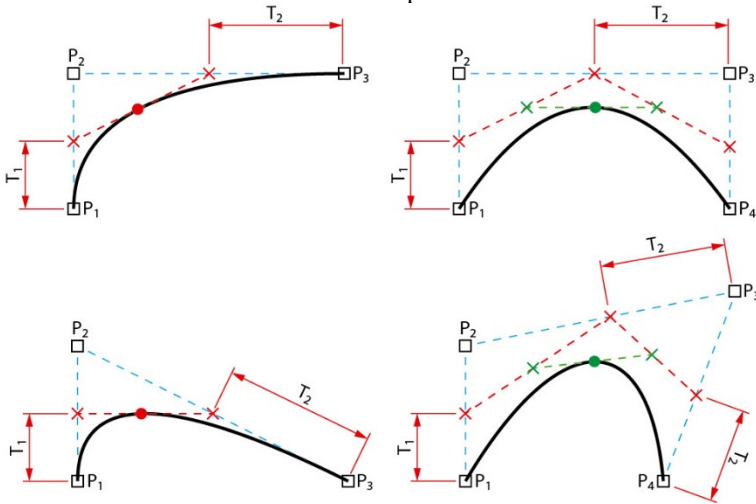
Fonte: do autor

No que se trata as formas circulares, apesar do número de parâmetros com que o projetista precisa lidar, a construção das mesmas é viável, mesmo no “processo tradicional de projeto”. Neste caso a aplicação de parâmetros seria interessante na facilidade do ajuste e como variação de alternativa da forma.

O entrave fica estabelecido, porém, quando se trata as formas não convencionais, geradas por curvas não uniformes. As construções de modo racional, de curvas não convencionais ou não uniformes se tornam

mais complexas pelo tipo e número de parâmetros que o projetista precisa controlar. Neste sentido a ferramenta computacional aliado ao pensamento algorítmico poderá ser essencial, pois auxiliará na organização e realização de maneira mais precisa da concepção da forma. A Figura 30, mostra curvas não uniformes e seus parâmetros de construção.

Figura 30 – Variáveis dentro de um sistema computacional 3D de curvas não uniformes do tipo Bézier.



Fonte: do autor

A complexidade da concepção aumenta ao se considerar uma terceira dimensão (eixo z) que exige do projetista processos mentais mais elaborados. Conforme Fabricio e Melhado (2002), o processo mental de projeto é, sem dúvida, complexo e envolve múltiplas habilidades intelectuais e motoras, como a memória e o raciocínio. Ou seja, a complexidade da forma pode chegar a tal ponto que os processos mentais não são suficientes. Porém, esses processos têm a possibilidade de serem conduzidos de modo programado pela ferramenta computacional adequada.

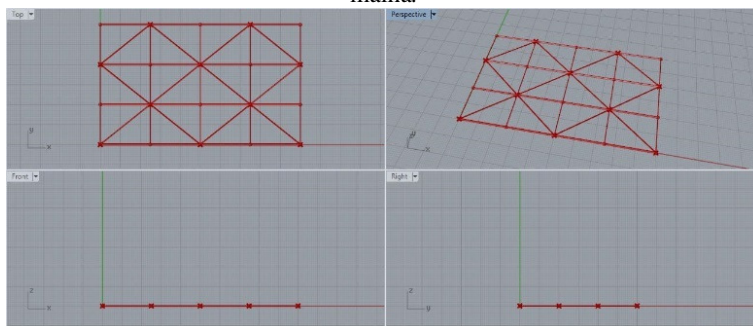
Conforme Delatorre (2014, p. 53),

Ao longo da história, o processo de projeto na Arquitetura sofreu mudanças significativas, principalmente nos últimos anos, com a rápida evolução das tecnologias digitais. Os projetos,

como dos arquitetos Frank O. Gehry, Norman Foster, ZahaHadid, são exemplos de como a tecnologia gerou mudanças na forma de projetar e vem demonstrando o impacto, que os recursos computacionais têm sobre o edifício.

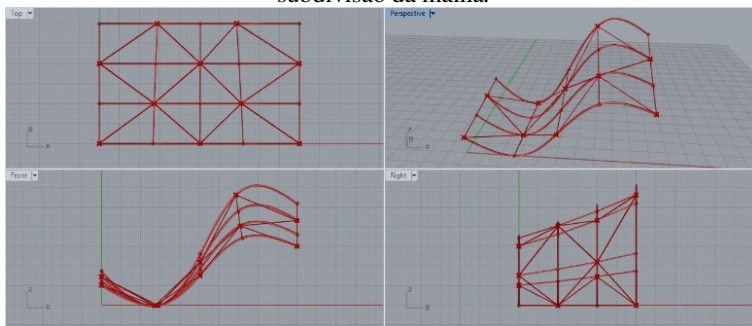
O processo de concepção projetual a partir das metodologias de *Design* Paramétrico e Modelagem Algorítmica não consistem na elaboração final da forma, mas nos parâmetros contidos nela. As figuras 31 e 32 mostram um exemplo de estrutura parametrizada. Os parâmetros que definem a forma são: (a) número de linhas no eixo 'y'; (b) fator de intensidade das curvaturas; (c) subdivisões das linhas no eixo 'x'. As variações dos parâmetros podem gerar, por meio da parametrização, várias possibilidades de estrutura.

Figura 31 – Estrutura composta por segmentos retilíneos – o tamanho dos segmentos representados em verdadeira grandeza (VG) facilita a subdivisão da malha.



Fonte: do autor.

Figura 32 – Estrutura composta por traçados curvilíneos – os comprimentos dos traçados não representam verdadeira grandeza (VG), o que dificulta a subdivisão da malha.



Fonte: do autor.

## 2.3 SITUAÇÃO DE ENSINO

A inserção de uma nova metodologia frente ao paradigma projetual já estabelecido nos cursos superiores de Arquitetura, requer que se elabore uma situação de ensino.

De acordo com (GIL, 1997), a elaboração de uma situação de ensino compreende três etapas: Preparação; Acompanhamento e Aperfeiçoamento. Onde:

- (a) Na fase de preparação procede-se à formulação dos objetivos e à previsão de todos os passos necessários para garantir a concretização desses objetivos;
- (b) A fase de acompanhamento tem lugar depois que o plano tenha sido colocado em ação. Nesta fase, acompanha-se a ação educativa do professor e o aprendizado do aluno;
- (c) A fase de aprimoramento, por fim, envolve a avaliação do alcance dos objetivos propostos na fase de preparação. A partir desta avaliação, procede-se aos ajustes que se fizerem necessários para a consecução dos objetivos.

É na preparação que ocorre o planejamento do que será abordado na situação de ensino. Segundo Gil (1997, p. 35),

Esse planejamento é o que se desenvolve basicamente a partir da ação do professor. Visa ao direcionamento metódico e sistemático das

atividades a serem desempenhadas pelo professor junto a seus alunos para alcançar os objetivos pretendidos.

A maneira pela qual o professor planeja suas atividades de aula é determinante para que o grupo de alunos na sua plateia reaja com maior ou menor interesse e contribui no modo como a aula transcorre. Para se alcançar os objetivos de uma situação de ensino, na sua preparação define-se quais estratégias, técnicas e dinâmicas serão empregadas. A organização e aplicação destas ações em uma situação de ensino ou de inserção de novos conceitos é fundamental.

Anastasiou e Alves (2005, p. 68-69) indicam que, às vezes, os meios ou processos denominados de estratégias, técnicas ou dinâmicas são usadas como sinônimos. Porém existem distinções:

- (a) **Estratégia:** do grego *estrategía* e do latim *strategia* é a arte de aplicar ou explorar os meios e condições favoráveis e disponíveis com vista à consecução de objetivos específicos. No caso, são as possíveis maneiras de transmitir o conhecimento desejado. (Ex: aula expositiva, estudo de texto, mapa conceitual, estudo dirigido, workshop etc);
- (b) **Técnica:** do grego *technikós*, relativo à arte. A arte material ou o conjunto de processos de uma arte, maneira, jeito ou habilidade especial de executar ou fazer algo. No caso, são os procedimentos para a realização das atividades propostas (Ex: técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica);
- (c) **Dinâmica:** do grego *dinamikós*, concerne o movimento e as forças ou organismo em atividade ou, ainda, parte da mecânica que estuda os movimentos. No caso, são as atividades, propostas realizadas durante o processo de ensino (Ex: exercícios orientados apresentados de forma expositiva).

Porém, a estratégia utilizada para o ensino é fundamental, pois é por ela que se repassam as técnicas e se definem as dinâmicas utilizadas na situação de ensino.

“[...] a palavra ‘estratégia’ possui estreita ligação com o ensino. Ensinar requer arte por parte do docente, que precisa envolver o aluno e fazer com ele se encante com o saber. O professor precisa promover a curiosidade, a segurança e a criatividade para que o principal objetivo educacional, a aprendizagem do aluno, seja

alcançada. Desse modo, o uso do termo “estratégias de ensino” refere-se aos meios utilizados pelos docentes na articulação do processo de ensino, de acordo com cada atividade e os resultados esperados. (PETRUCCI e BATISTON, 2006, p. 263)

Anastasiou e Alves (2004, p. 71) advertem que

As estratégias visam à consecução de objetivos, portanto, há que ter clareza sobre aonde se pretende chegar naquele momento com o processo de ensinagem. Por isso, os objetivos que norteiam devem estar claros para os sujeitos envolvidos – professores e alunos – e estar presentes no contrato didático, registrado no Programa de Aprendizagem correspondente ao módulo, fase, curso, etc.



### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a método científico aplicado para a realização da investigação proposta. Segundo Gil (2002, p. 43), pode-se definir “método científico como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento”.

O método aplicado na presente pesquisa é de caráter experimental, que “consiste essencialmente em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto” (GIL, 2002, p. 34-35).

Salienta-se que a pesquisa realizada é de ordem aplicada e o tipo de problema, neste caso, é aquele voltado para a avaliação de certas ações ou programas (GIL, 2002). Com base nos procedimentos técnicos que dizem respeito ao planejamento da coleta, análise e interpretação de dados, nesta pesquisa fez uso do modelo da pesquisa-ação.

#### 3.1 SOBRE A PESQUISA-AÇÃO

De acordo com a definição de Thiollent (2000, p. 14)

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo e participativo.

A pesquisa-ação tem sido utilizada com frequência na área das ciências sociais. Neste tipo de pesquisa, o importante é observar que neste a unidade amostral não é estática, e sim, participa várias vezes do processo, interagindo e modificando os resultados ao longo do tempo. Resumindo alguns de seus principais aspectos, segundo Thiollent (2000, p. 16), a pesquisa-ação é uma estratégia metodológica da pesquisa social na qual:

- a. Há uma ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada;

- b. Desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta;
- c. O objeto da investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação;
- d. O objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;
- e. Há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos autores da situação;
- f. A pesquisa não se limita a uma forma de ação (risco de ativismo): pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o "nível de consciência" das pessoas e grupos considerados.

Grundy e Kemmis (1982) definem pesquisa-ação como “uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática”. Acrescentam que as técnicas de pesquisa devem atender aos critérios comuns, aos outros tipos de pesquisa acadêmica.

Relacionando a pesquisa-ação aos propósitos de aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem, Tripp (2005) comenta que:

Entre alguns dos diversos desenvolvimentos do processo básico de investigação-ação, estão a pesquisa-ação (Lewin, 1946), a **aprendizagem-ação** (Revons, 1971), a **prática reflexiva** (Schön, 1983), o projeto-ação (Argyris, 1985), a aprendizagem experimental (Kolb, 1984), o ciclo PDCA (Deming, 1986), PLA, PAR, PAD, PALM, PRA1 etc. (Chambers, 1983), a prática deliberativa (McCutcheon, 1988), a pesquisa práxis (Whyte, 1964; 1991), a investigação apreciativa (Cooperrider; Shrevasteva, 1987), a prática diagnóstica (genérica em medicina, ensino corretivo etc.), a avaliação-ação (Rothman, 1999)<sup>2</sup>, a metodologia de sistemas flexíveis (Checkland; Holwell, 1998) e a aprendizagem transformacional (Marquardt, 1999). (TRIPP, 2005, p. 446).

Ressalta-se que, embora a pesquisa-ação tenda a ser pragmática, ela se distingue claramente da prática e, embora seja pesquisa, também se

distingue claramente da pesquisa científica tradicional, principalmente porque a pesquisa-ação altera o que está sendo pesquisado e, ao mesmo tempo, é limitada pelo contexto e pela ética da prática (TRIPP, 2005).

O Quadro 5 abaixo lista onze características da pesquisa-ação e relaciona-a com a prática e a pesquisa científica tradicional.

Quadro 3 – Onze características da pesquisa-ação.

	<b>PRÁTICA ROTINEIRA</b>	<b>PESQUISA- AÇÃO</b>	<b>PESQUISA CIÊNTEFICA</b>
01	Habitual	Inovadora	Original/financiada
02	Repetida	Contínua	Ocasional
03	Reativa contingência	Proativa estrategicamente	Método/Conduzida
04	Individual	Participativa	Colaborativa/Colegiada
05	Naturalista	Intervencionista	Experimental
06	Não questionada	Problematizada	Contratual (Negociada)
07	Com base na experiência	Deliberada	Discutida
08	Não-articulada	Documentada	Revisada pelos pares
09	Pragmática	Compreendida	Explicada/Teorizada
10	Específica do contexto	X	Generalizada
11	Privada	Disseminada	Publicada

Fonte: Tripp (2005).

### 3.1.1 Por que a pesquisa-ação

O fato de propor um novo modo de conceber a elaboração de formas a um grupo de acadêmicos, requer que o tipo de abordagem metodológica permita a reflexão e a experimentação.

Schön (2000, p. 63) comenta que

quando um profissional vê uma situação nova como um elemento do seu repertório, ele tem uma maneira nova de ver e uma nova possibilidade de agir, mas a adequação e a utilidade dessa nova visão ainda deverá ser descoberta na ação. A reflexão-na-ação envolve, necessariamente, experimento.

Neste sentido, a pesquisa-ação permite a reflexão-na-ação envolvidos em processos de ensino. Outros motivos para a escolha da metodologia da pesquisa-ação, fundamentado em Thiollent (2000), Gil (2002) e Tripp (2005), são:

- (a) Flexibilidade na ordenação das etapas da pesquisa;
- (b) O interesse dos participantes em relação à resolução do problema de pesquisa;
- (c) A intervenção do pesquisador através de seminários (*workshops*);
- (d) A reflexão na ação e sobre os dados coletados;
- (e) A maneira pela qual são divulgados os resultados da pesquisa.

Tripp (2005) defende que se encare a pesquisa-ação como uma das muitas diferentes formas de investigação-ação, a qual é por ele definida, sucintamente, como toda tentativa continuada, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a prática.

Apesar de gerar controvérsias entre alguns pesquisadores, esta pode ser explicada pelo modo como a pesquisa-ação flexibiliza suas etapas e em como, nos mais diversos momentos da pesquisa, envolve a ação dos pesquisadores e dos grupos interessados (GIL, 2002, p. 43).

Para Tripp (2005, p. 445-446), a pesquisa-ação, como um dos inúmeros tipos de investigação-ação, é um termo genérico para qualquer processo que siga um ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela. A pesquisa-ação se desenvolveu de maneira diferente para diferentes aplicações. Para o ensino – caso da pesquisa realizada – “a pesquisa-ação produz muito conhecimento baseado na prática, que devia ser incorporado ao conteúdo acadêmico de disciplinas “vocacionais” tais como ensino”.

Outro aspecto da prática da pesquisa-ação se dá na forma como ocorre a escolha das amostras pesquisadas. Na pesquisa-ação, de acordo com Thiollent (2000) e Tripp (2005), se pede o interesse dos pesquisados na solução do problema de investigação. Portanto, um dos critérios já evidente para a escolha do participante do processo de pesquisa-ação é que a amostra se enquadre no modelo de cooperação.

Neste sentido, Tripp (2005) lista ações para um modelo de cooperação. Espera-se que seja um meio que:

- (a) Trate de tópicos de interesse mútuo;
- (b) Baseie-se num compromisso compartilhado de realização da pesquisa;

- (c) Permita que todos os envolvidos participem ativamente do modo que desejarem;
- (d) Partilhe o controle sobre os processos de pesquisa o quanto possível de maneira igualitária;
- (e) Produza uma relação de custo-benefício igualmente benéfica para todos os participantes;
- (f) Estabeleça procedimentos de inclusão para a decisão sobre questões de justiça entre os participantes.

Contudo, faz-se necessário distinguir os tipos de participantes neste tipo de pesquisa, pois a forma de participação, segundo Tripp (2005, p. 454) pode ocorrer no modelo de:

- **Obrigação:** quando um participante não tem opção quanto ao assunto, em geral por haver algum tipo de coação ou diretriz de parte de um superior.
- **Cooptação:** quando um pesquisador persuade alguém a (a optar por) ajudá-lo em sua pesquisa e a pessoa cooptada de fato concorda em prestar um serviço ao pesquisador.
- **Cooperação:** quando um pesquisador consegue que alguém concorde em participar de seu projeto, a pessoa que coopera trabalha como parceiro sob muitos aspectos (uma vez que é regularmente consultado), mas num projeto que sempre “pertence” ao pesquisador (o “dono” do projeto). **A maioria das pesquisas para dissertação é desse tipo.**
- **Colaboração:** quando as pessoas trabalham juntas como co-pesquisadores em um projeto no qual têm igual participação.

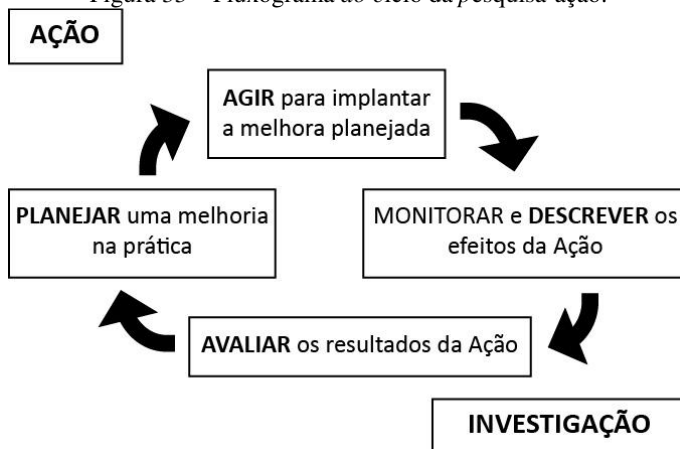
Por fim, é importante dar nota que, no modo cooperativo, é necessário examinar a participação não só na etapa de proposta, mas também durante toda sua duração (TRIPP, 2005).

### 3.1.2 Fases e Etapas da Pesquisa-ação

Para Thiollent (2000), o planejamento de uma pesquisa-ação é muito flexível. Diferente de outros tipos de pesquisa, ela não segue uma

série de fases rigidamente ordenadas. No entanto, para organização do processo de investigação, seguiu-se o modelo baseado em Tripp (2005), que divide a pesquisa-ação em quatro fases (Figura 33): Planejar, Agir, Descrever e Avaliar.

Figura 33 – Fluxograma *do ciclo da pesquisa-ação*.



Fonte: Tripp (2005).

Para Tripp (2005, p. 445),

“é importante que se reconheça a pesquisa-ação como um dos inúmeros tipos de investigação-ação”. Ela segue “um ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela”. Neste ciclo da pesquisa-ação, “planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação”

Os Quadros 5, 6, 7 e 8 demonstram as fases propostas nesta dissertação e estão baseados no esquema de Tripp (2005) acrescentados das etapas e respectivos procedimentos efetivados para a realização da pesquisa em questão:

---

Quadro 5- Procedimentos da primeira fase *da pesquisa – planejamento.*

---

**1ª Fase – PLANEJAR (Reconhecer a ação)**

---

1a) Intenções da pesquisa:

- Problemática (benefícios previstos);
  - Objetivos gerais e específicos;
  - Justificativa;
- 

1b) Contextualização

- Aspectos históricos e cronologia referente ao tema;
  - Práticas atuais de profissionais e empresas;
  - Pesquisas atuais e principais pesquisadores.
- 

1c) Pesquisa exploratória (Referencial Teórico):

- Aporte teórico para a investigação;
  - Conceituação e definição dos principais termos;
- 

1d) Organização dos conteúdos

- Textos
  - Imagens
  - Tabelas
  - Gráficos.
- 

Fonte: do autor.

A primeira fase da pesquisa (Quadro 5) concerniu o planejamento. O ato de planejar (reconhecer a ação), dividiu-se em quatro momentos principais: (1a) Intenções da pesquisa, quando delineou-se a problemática com os benefícios previstos, apontou-se os objetivos e estruturou-se a justificativa; (1b) Contextualização, sendo registrados os aspectos históricos, as práticas e pesquisas atuais dentro da temática de abordagem; (1c) Pesquisa exploratória, abarcando o aporte teórico e as conceituações e definições necessárias; (1d) Organização dos conteúdos, ou seja, arranjo de textos, imagens, tabelas e gráficos. O conteúdo desta primeira fase encontra-se explanado especialmente nos Capítulo 1 e 2 desta dissertação.

**2ª Fase – AGIR (Implantar a ação)**

---

2a) Definição do local e população a ser pesquisada.

---

2b) Amostragem (Participantes):

- Estabelecimento de critérios para a escolha dos participantes;
  - Contato com os possíveis participantes;
  - Cadastramentos dos participantes;
- 

2c) Disciplina (*Workshops*):

- Organização dos conteúdos da disciplina (baseado na Fase Exploratória e Estado da Arte);
  - Definição das práticas abordadas;
  - Agendamento dos locais, datas e horários.
- 

2d) Elaboração dos testes:

- Estabelecimento dos parâmetros para os testes;
  - Elaboração dos critérios e instrumentos de avaliação;
  - Organização dos conteúdos baseados na disciplina (*workshop*).
- 

Fonte: do autor.

A segunda fase da pesquisa (Quadro 6) deu-se pelo agir (implantar a ação) e foi organizado em quatro momentos principais: (2a) Definição do local e da população a ser pesquisada; (2b) Amostragem (Participantes), quando houve o estabelecimento de critérios para a escolha dos participantes, o contato com os possíveis participantes e o cadastramentos dos participantes; (2c) Disciplina (Workshop), com a organização dos conteúdos da disciplina (baseado na Fase Exploratória e Estado da Arte), a definição das práticas abordadas e o agendamento dos locais, datas e horários; (2d) Elaboração dos testes, ocorrido com o estabelecimento dos parâmetros para os testes, com a elaboração dos critérios e instrumentos de avaliação e com a organização dos conteúdos baseados na disciplina (Workshop). As informações desta segunda fase encontram-se explanadas especialmente no Capítulo 4 desta dissertação.



---

 Quadro 7 - Procedimentos da *terceira* fase – descrição.
 

---

**3ª Fase – DESCREVER (Efeitos da ação)**


---

 3a) Realização do *workshop*.

 - Aplicação prática (operacionalização da pesquisa-ação)
 

---

3b) Observação:

- Da mudança na prática: o que funcionou ou não e por quê;

- Da pesquisa: em que medida foi útil e adequada;

 - Coleta de dados.
 

---

3c) Organização das informações:

- Apresentação da análise dos dados;

 - Explicações e implicações;
 

---

Fonte: do autor.

A terceira fase da pesquisa (Quadro 7) envolveu o ato de descrever (efeitos da ação). Para tanto, ocorreram três momentos: (3a) Realização do *workshop*, quando houve a aplicação prática (operacionalização da pesquisa-ação); (3b) Observação da mudança na prática (o que funcionou ou não e por quê), da pesquisa (em que medida foi útil e adequada) e da coleta de dados; (3c) Organização das informações por meio da apresentação da análise dos dados e das explicações e implicações. A terceira fase e seus desdobramentos estão descritos no Capítulo 5 desta dissertação.

---

 Quadro 8 – Procedimentos da *quarta* fase – avaliação.
 

---

**4ª Fase – AVALIAR (Dissertar a ação)**


---

4a) Sumário I

- melhorias práticas alcançadas;

 - implicações para a prática profissional do próprio pesquisador e de outros;
 

---

4b) Sumário II

- o que foi aprendido a respeito do processo de pesquisa-ação;

 - implicações e recomendações para trabalhos futuros;
 

---

Fonte: do autor.

A quarta fase da pesquisa (Quadro 8) ocorreu pelo processo de avaliar (dissertar a ação) e deu-se através de dois momentos principais: (4a) Sumário I, quando analisou-se as melhorias práticas alcançadas, as implicações para a prática profissional do próprio pesquisador e de outros;

(4b) Sumário II, que explanou o que foi aprendido a respeito do processo de pesquisa-ação e as implicações e recomendações para trabalhos futuros. As etapas e considerações desta quarta fase estão descritas nas considerações finais desta dissertação.

## 4 APLICAÇÃO

Neste capítulo, está descrita a aplicação da ação, objeto de investigação do presente trabalho, aqui denominado de ‘Workshop: *Parametric Design e Algorithmic Modeling*’<sup>44</sup>. Também está relatado a respectiva definição do local, da população e das características da cota amostral pesquisada, bem como os procedimentos realizados para a aplicação do *Workshop* – com a descrição e explicação dos exercícios orientados realizados durante o processo de investigação.

### 4.1 DEFINIÇÃO DO LOCAL E DA POPULAÇÃO

O local escolhido para a aplicação da ação foi o Campus II da Universidade do Vale do Itajaí (Univali)<sup>45</sup>, em Balneário Camboriú, município do Estado de Santa Catarina.

Para a prática de pesquisa, ficaram restritos os laboratórios de informática do Centro de Ciências Sociais Aplicadas – Comunicação, Turismo e Lazer (CECIESA-CLT)<sup>46</sup> da universidade, visto que a ferramenta para o trabalho de investigação (*Rhinoceros* mais o *plug-in Grasshoper*) se encontrava ali instalada, sem restrições de funcionamento e com suas respectivas licenças.

Outros motivos para a escolha do restrito local foram:

- (1) Fácil acesso aos laboratórios pela população a ser pesquisada;
- (2) Disponibilização de equipamentos, de acordo e em bom estado, necessários para a pesquisa;
- (3) Modelo padrão de laboratório de informática adotado por outras universidades, o que viabiliza, caso seja de interesse, a replicação da pesquisa em demais instituições.

---

<sup>44</sup> No caso da denominação da ação, a escolha pelos termos em inglês se deve em parte pelos estudos de Leach (2014) e pela nomenclatura sugerida pelo fabricante do *plug-in* que é objeto de estudo desta pesquisa.

<sup>45</sup> Endereço: 5ª Avenida, s/n, Bairro dos Municípios. CEP: 88.337-000. Disponível em: <<http://www.univali.br/ensino/graduacao/ceciesactl/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 08 Ago. 2015.

<sup>46</sup> Disponível em: < <http://www.univali.br/ensino/graduacao/ceciesactl/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 20 Fev. 2016.

A população participante da investigação proposta está delimitada pela relação de alunos matriculados no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí, juntamente de professores que façam parte do corpo docente do mesmo curso.

A população elenca 507 (quinhentos e sete) discentes e 75 (setenta e cinco) docentes, gerando um total de 582 (quinhentos e oitenta e duas) possíveis amostras (Apêndice C). Não se restringiu a participação de qualquer acadêmico, pois os procedimentos de investigação da ação não exigiam conhecimentos ou características técnicas e/ou científicas específicas.

Assinala-se que os dados contidos neste subitem correspondem ao semestre de 2015/I, período no qual se deu a aplicação do experimento.

## 4.2 INFORMAÇÕES SOBRE POSSÍVEIS PARTICIPANTES

Na primeira etapa da aplicação do experimento, o intuito foi conhecer o perfil dos possíveis participantes do ‘*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*’, por meio da coleta de informações sobre eles.

Neste sentido, foi elaborado um questionário – aqui denominado de “Questionário 1” (Apêndice D). Com ele, objetivou-se: (a) verificar se os entrevistados e possíveis participantes eram docentes ou discentes; (b) levantar se conheciam o tema ou termos relacionados a pesquisa; (c) identificar se conheciam ou utilizavam as ferramentas que seriam utilizadas na aplicação do experimento; (d) pontuar se possuíam algum conhecimento sobre o estado da arte relacionado ao tema; (e) constatar se os entrevistados possuíam interesse sobre o tema de pesquisa, pelo fato deste tipo de pesquisa depender de uma amostra cooperativa.

### 4.2.1 Lançamento da proposta de pesquisa

O “Questionário 1” foi enviado para os possíveis 582 (quinhentos e oitenta e dois) participantes, para a coleta dos dados foi utilizada a ferramenta *on-line* ‘*Google Forms*’<sup>47</sup>, sendo a data de envio para os

---

<sup>47</sup> Disponível em: <<https://www.google.com/intx/pt-BR/work/apps/business/products/forms/>> Acesso em: 08 Ago. 2015.

discentes no dia 10 de Junho de 2015 e para os docentes no dia 15 de junho de 2015.

O formulário permaneceu aberto às respostas *on-line* até o dia 30 de junho de 2015. Recebeu-se o retorno de 94 (noventa e quatro) respondentes, o que representa 16% da população pesquisada (Apêndice E). Entre eles, 16 (dezesseis) eram docentes e 77 (setenta e sete) discentes, o que corresponde, respectivamente, a 17% e 83% do total dos respondentes do “Questionário 1” (Apêndice F).

#### 4.2.2 Perfil dos Respondentes

Entre os docentes respondentes do ‘Questionário 1’, identificou-se que: 62,5% eram arquitetos; 12,5% designers; 12,5% da área das engenharias; 12,5% de outras áreas (Apêndice G). Quanto ao perfil dos acadêmicos, verificou-se que: 14% estavam no primeiro período do curso; 9% no segundo período; 19% no terceiro período; 3% no quarto período; 15% no quinto período; 18% no sexto período, 5% no sétimo período; 6% no 8º período; 8% no nono período; 2% no décimo período do curso (Apêndice H).

#### 4.2.3 Conhecimentos dos respondentes sobre o tema de pesquisa

Após o conhecimento do perfil dos respondentes, buscou-se compreender o nível de seus entendimentos quanto ao tema da pesquisa. Para isto, foi questionado qual entendimento o respondente considerava ter em relação aos termos *Parametric Design*, *Algorithmic Modeling* e *Complex Geometry*.

A indicação dos dois primeiros termos tem relação direta com o cerne da pesquisa. Contudo, optou-se também por questionar sobre *Complex Geometry*, pois o resultado das metodologias de *Design Paramétrico* e *Modelagem Algorítmica* pode gerar formas ou geometrias complexas. Considerou-se, desta forma, que poderia haver confusão de termos, mesmo que nem toda forma complexa seja proveniente das metodologias de *Design Paramétrico* e *Modelagem Algorítmica*.

Sobre o termo *Design Paramétrico*, verificou-se que os respondentes consideravam não conhecê-lo plenamente: 30 (trinta) respondentes (32%) afirmaram desconhecer e não fazer ideia do que se tratava; 36 (trinta e seis) respondentes (39%) afirmaram apenas já ter ouvido algo a respeito este tema. Entre os demais, 16 (dezesseis)

respondentes (17%) afirmaram conhecer técnicas de *Parametric Design* mas não utilizá-las; 11 (onze) respondentes (12%) disseram conhecer bem e utilizar as técnicas de *Parametric Design*. Apenas 1 (um) respondente (1%) não respondeu a este questionamento (Apêndice I).

Sobre o tema *Algorithmic Modeling* também foi verificado que os respondentes consideravam não conhecê-lo plenamente: 42 (quarenta e dois) respondentes (45%) afirmaram desconhecer e não fazer ideia do que se tratava; 35 (trinta e cinco) respondentes (38%) afirmaram apenas já ter ouvido algo a respeito do termo. Entre os demais, 14 (quatorze) respondentes (15%) afirmaram conhecer técnicas de *Algorithmic Modeling*, mas não utilizá-las; 2 (dois) respondentes (2%) consideraram conhecer bem e utilizar as técnicas de *Algorithmic Modeling*. Apenas 1 (um) respondente (1%) não indicou resposta a este questionamento (Apêndice J).

Sobre o termo *Complex Geometry*, assim como os termos acima mencionados, foi verificado que os respondentes consideravam não conhecê-lo plenamente: 35 (trinta e cinco) respondentes (37%) afirmaram desconhecer e não fazer ideia do que se tratava; 43 (quarenta e três) respondentes (46%) afirmaram apenas já ter ouvido algo a respeito do termo. Entre os demais, 13 (treze) respondentes (14%) afirmaram conhecer técnicas de *Complex Geometry*, mas não utilizá-las. Apenas 3 (três) respondentes (2%) consideraram conhecer bem e utilizar as técnicas de *Complex Geometry* (Apêndice K).

#### **4.2.4 Conhecimento dos respondentes sobre as ferramentas utilizadas**

Em relação ao conhecimento ou uso do *software Rhinoceros*, 52 (cinquenta e dois) respondentes (56%) afirmaram não conhecer o *software* e 41 (quarenta e um) afirmaram conhecer ou utilizar o *software*. Apenas 1 (um) respondente (1%) não respondeu ao questionamento (Apêndice L).

Quanto ao conhecimento ou uso do *plug-in Grasshopper*, 84 (oitenta e quatro) respondentes (89%) afirmaram não conhecer o *plug-in*, número significativamente menor em relação ao *software Rhinoceros*. Ainda, 10 (dez) respondentes (11%) afirmaram conhecer ou utilizar o *plug-in* (Apêndice M).

#### 4.2.5 Conhecimento dos respondentes em relação ao estado da arte

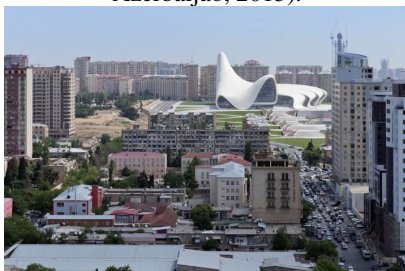
Em relação aos arquitetos que fazem uso de métodos de modelagem paramétrica ou modelagem algorítmica, os seguintes foram mencionados na pesquisa: Zaha Hadid (Iraque), Norman Foster (Inglaterra), Sir. Peter Cook (Inglaterra) e Jürgen Mayer-Hermann (Alemanha). A pesquisa apontou que grande parte dos respondentes conheciam a arquiteta Zaha Hadid (87%). Um número expressivo (63%) dos respondentes afirmou conhecer o arquiteto Norman Foster. Já os arquitetos Sir Peter Cook e Jürgen Mayer-Hermann foram os menos citados, sendo respectivamente mencionados por 23% e 22% dos respondentes. Também foi apontando por 2 (dois) respondentes o Arquiteto Frank Gehry (Apêndice N).

Dentre o total de respondentes, 10% afirmou não conhecer nenhum dos arquitetos mencionados na pesquisa. Destes, 1 (um) era discente do quinto período, 1 (um) do primeiro período e 2 (dois) do terceiro período letivo.

Em relação ao estado da arte, as edificações expostas nesta pesquisa ficam situadas em cidades europeias, pois neste continente encontram-se exemplos significativos em termos de alteração formal por meio das metodologias de *Design* Paramétrico e Modelagem Algorítmica ou de projetos idealizados por meio de ferramentas computacionais parametrizadas. Os seguintes critérios foram utilizados para escolha dos exemplos: (1) a importância política e/ou representatividade da cidade em relação ao país de origem; (2) a concentração de edificações já existentes em seu entorno; (3) a idade da localidade; (4) o tamanho físico da edificação em questão.

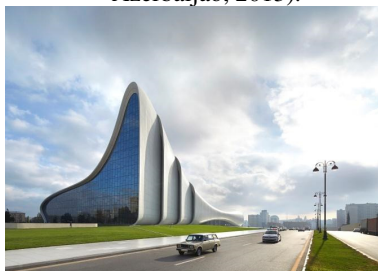
Foram apresentadas obras e edificações que fizeram uso dos métodos de modelagem paramétrica e modelagem algorítmica para a sua realização, sendo elas: *Heydar Aliyev Center / Zaha Hadid Architects* (Baku, Azerbaijão, 2013) (Figuras 34 e 35); *City Hall / Foster & Partners* (Londres, Inglaterra, 2002) (Figuras 36 e 37); *Kunsthaus / Crab Studio* (Graz, Áustria, 2003) (Figuras 38 e 39); *Metropol Parasol / Jürgen Mayer Architecture & Design Research* (Sevilha; Espanha, 2011) (Figuras 40 e 41).

Figura 34 – Heydar Aliyev Center / ZahaHadid Architects (Baku, Azerbaijão, 2013).



Fonte: (ZAHA-HADID ARCHITECTS, 2015)

Figura 35 – Heydar Aliyev Center / ZahaHadid Architects (Baku, Azerbaijão, 2013).



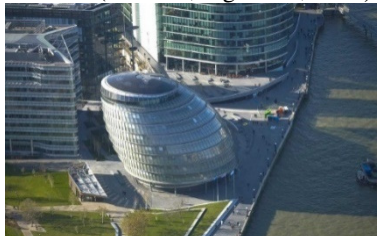
Fonte: (ZAHA-HADID ARCHITECTS, 2015)

Figura 36 – City Hall / Foster & Partners (Londres, Inglaterra, 2002).



Fonte: (FOSTER & PARTNERS, 2015).

Figura 37 – City Hall / Foster & Partners (Londres, Inglaterra, 2002).



Fonte: (FOSTER & PARTNERS, 2015).

Figura 38 – Kunsthaus / Crab Studio (Graz – Áustria, 2003).



Fonte: (CRAB STUDIO, 2004).

Figura 39 – Kunsthaus / Crab Studio (Graz – Áustria, 2003).



Fonte: (CRAB STUDIO, 2004).



Figura 40 - Metropol Parasol / Jürgen Mayer Architecture & Design Research (Sevilha – Espanha, 2011).



Fonte: (J. MAYER H., 2015).

Figura 41 - Metropol Parasol / Jürgen Mayer Architecture & Design Research (Sevilha – Espanha, 2011).



Fonte: (J. MAYER H., 2015).

No questionamento (Apêndice O), as edificações mais lembradas foram a do inglês Norman Foster e do alemão Jürgen Mayer-Hermann, sendo elas *City Hall*, em Londres (Inglaterra), mencionada por 51% dos respondentes e *Metropol Parasol*, em Sevilha (Espanha), mencionada também por 51% dos respondentes.

Já a obra idealizada pela Arquiteta Zaha Hadid, a mais mencionada em questionamento anterior, teve sua obra *Heydar Aliyev Center*, em Baku (Azerbaijão), mencionada por 29% dos respondentes. A edificação do Arquitecto Sir Peter Cook, o museu *Kunsthhaus*, em Graz (Áustria), foi a menos mencionada, citada por 18% dos respondentes.

Um dado interessante foi de que 26% dos respondentes não conheciam nenhuma das obras ou edificações mencionadas na pesquisa.

Também foi citado por 1 (um) respondente o *Museu de Bilbao*, na Espanha.

#### 4.2.5 Interesse sobre o tema da pesquisa

Ao final da primeira etapa, foi questionado sobre o interesse do respondente sobre o tema da pesquisa. Este foi um dado importante para corroborar com o trabalho, pois houve alto índice de interesse pelo tema – 93,6% dos respondentes do ‘Questionário 1’ (Apêndice P).

Apenas 2 (dois) discentes e 4 (quatro) eram docentes não manifestaram interesse pelo tema de pesquisa. Destes docentes, 2 (dois) eram da área de Arquitetura e o restante de outras áreas.

### 4.3 CADASTRAMENTO DOS PARTICIPANTES

Na segunda etapa da aplicação do experimento, foi enviado um *e-mail* para cada um dos respondes que se manifestaram interessados sobre o tema de pesquisa. Na mensagem eletrônica, encaminhada por meio do endereço cedido pelos próprios no ‘Questionário 1’, havia o convite para uma palestra (Apêndice Q) e um *link* de acesso a um cadastro intitulado “Cadastro (*Workshop Parametric Design e Algorithmic Modeling*)” (Apêndice R) – denominado, neste capítulo, de ‘Questionário 2’.

A palestra tinha o intuito de apresentar conceitos sobre as metodologias de *Design* Paramétrico e Modelagem Algorítmica aos interessados em participar do experimento e, neste sentido, esclarecer alguns questionamentos sobre o tema. O esclarecimento se fez necessário, visto que o tipo de participação para a investigação proposta deveria ser no modo cooperativo, ou seja, o participante teria que estar ciente do que tratava o experimento e, portanto, concordar em participar.

Após a palestra, os interessados em participar do experimento efetuaram o cadastro por meio do formulário (também gerado no *Google Forms*). Os dados obtidos eram quanto ao curso (período cursado) e ao conhecimento das ferramentas utilizadas na aplicação do experimento.

O interesse em saber o conhecimento prévio que os cadastrados possuíam sobre as ferramentas utilizadas se deve ao fato de que a construção dos exercícios orientados seria condizente com o nível de conhecimento que os participantes do ‘Workshop: *Parametric Design e Algorithmic Modeling*’ consideravam ter.

A habilidade do professor em identificar essas diferenças e escolher os processos de ensinagem que melhor se adapte as características dos alunos com os quais trabalha e que considere as características dos conteúdos em discussão, poderá fazê-lo mais bem-sucedido no seu ofício de educar. (ANASTASIOU e ALVES, 2005)

É interessante notar, que dos 88 (oitenta e oito) respondentes do “Questionário 1” que se manifestaram interessados no tema de pesquisa, apenas 38 (trinta e oito) se cadastraram para o ‘Workshop: *Parametric Design e Algorithmic Modeling*’ efetivamente, ou seja, cerca de 29% dos respondentes interessados (Apêndice S). Este segundo formulário permaneceu aberto on-line do dia 24 de junho de 2015 ao dia 15 de julho de 2015.

Dos acadêmicos que se cadastraram, 2 (dois) respondentes (5%) eram docentes, 36 (trinta e seis) eram discentes (95%) (Apêndice T). Os discentes estavam distribuídos nos seguintes períodos letivos: primeiro período (5%), segundo período (14%), terceiro período (17%), quarto período (3%), quinto período (14%), sexto período (22%), sétimo período (6%), oitavo período (0%), nono período (11%) e décimo período (8%) (Apêndice U).

#### **4.3.1 Conhecimento sobre as ferramentas relacionadas a pesquisa**

Também procurou-se saber qual era o conhecimento sobre as ferramentas que seriam utilizadas na aplicação do experimento. Foram perguntados aos respondentes, numa escala de 1 a 3 (sendo 1 o cadastrado considerando-se “iniciante” em relação à ferramenta, 2 o cadastrado considerando possuir conhecimento “intermediário”, 3 o cadastrado considerando possuir conhecimento “avançado”).

Em relação ao *software Rhinoceros*, 97% dos respondentes consideraram-se “iniciantes” em relação à ferramenta e apenas 3% consideraram-se possuir conhecimento “avançado”. Nenhum cadastrado indicou possuir conhecimento “intermediário” (Apêndice V).

Em relação ao *plug-in Grasshopper*, o número de cadastrados que consideraram-se “iniciantes” foi expressivo, chegando a 100% (Apêndice W).

Numa análise geral deste item, notou-se que os possíveis participantes do “Workshop: *Parametric Design* e *Algorithmic Modeling*” possuíam pouco conhecimento sobre as duas ferramentas.

#### **4.3.2 Conhecimento sobre outras ferramentas**

A pesquisa também procurou obter informações relacionadas ao conhecimento em torno de outros *softwares* utilizados em projetos. Neste questionamento ficou claro o expressivo número de usuários do *software AutoCad*, sendo que 100% dos cadastrados afirmaram conhecer ou utilizá-lo. Outro *software* bastante citado foi o *Revit*, sendo que 56% dos cadastrados afirmaram conhecer ou utilizá-lo. Pode-se supor que estes sejam os *softwares* mais citados pelo fato da universidade, onde a aplicação do experimento foi realizado, oferecer em sua grade curricular disciplinas de computação gráfica que fazem o uso destes.

Outros *softwares* que também citados foram: *3D Studio Max*, sendo mencionado por 15% dos cadastrados e, em menor porcentagem, *Solid Works* (7%), *Achicad* (5%), *Inventor*, *Maya* e *Cinema 4D* (2%) (Apêndice X). Também foi mencionado o *software Sketchup*<sup>48</sup>, por 4 (quatro) cadastrados (10%).

#### 4.4 WORKSHOP: PARAMETRIC DESIGN E ALGORITHMIC MODELING

A estratégia de ensino *Workshop*, também conhecida como Oficina ou Laboratório, é orientada ao agrupamento de pessoas com interesses em uma determinada situação de ensino.

É a reunião de um pequeno número de pessoas com interesses comuns, a fim de estudar e trabalhar para o conhecimento ou aprofundamento de um tema, sob orientação de um especialista. Possibilita o aprender a fazer melhor algo, mediante a aplicação de conceitos e conhecimentos previamente adquiridos. (ANASTASIOU e ALVES, 2005, p. 96)

O *Workshop* possibilita o ensino mediante a apresentação de conceitos e conhecimentos previamente adquiridos. O conteúdo é abordado de maneira mais prática do que teórica, o que tende ao envolvimento e a participação num modo de cooperação. Durante um *Workshop*, os participantes podem aprender conceitos e teorias importantes, mas o foco está na aplicação desse conhecimento em atividades práticas.

Assim, com as informações obtidas através dos dados adquiridos por meio do ‘Questionário 1’ e do ‘Questionário 2’, verificou-se que o conhecimento dos possíveis participantes era baixo ou vago em relação ao tema e, principalmente, em relação às ferramentas que seriam utilizadas durante a aplicação do experimento. Por este motivo, optou-se por elaborar o conteúdo do “*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*” baseando-se no participante que se considera “iniciante” em relação ao tema e às ferramentas propostas. Contudo, levou-se em consideração a experiência que os entrevistados indicaram possuir no

---

<sup>48</sup> Disponível em: <<https://www.sketchup.com/>>. Acesso em: 19 Fev. 2016.

*software AutoCad e Revit*, o que levou ao entendimento de que os possíveis participantes teriam condições de desenvolver propostas arquitetônicas pelo “método tradicional de projeto”.

O conteúdo do *Workshop* ficou dividido em duas unidades básicas: (1) Conceitos relacionados aos métodos *Design Paramétrico* e *Modelagem Algorítmica* para concepção de formas arquitetônicas; (2) Técnicas de parametrização e modelagem algorítmica. A Unidade 1 caracterizou-se por ser mais voltada às definições de termos e às discussões de conceitos relacionados ao tema e a Unidade 2 mais à técnica vinculada para uso da ferramenta e ao pensamento algorítmico.

Para tanto, foi desenvolvido um Plano de Aulas divididos em 5 (cinco) manhãs de 3 (três) horas/aula e 5 (cinco) tardes de 3 (três) horas/aula, num total de 30 (trinta) horas de *Workshop*. Nele, exercícios orientados foram ordenados por grau de dificuldade, juntamente com conteúdos conceituais sobre o tema de pesquisa.

Neste contexto, optou-se por desenvolver o experimento com o objetivo de estimular o participante a elaborar concepções formais de modelos que podem ser usados em Arquitetura, por meio de técnicas da modelagem paramétrica e algorítmica e pela atribuição do *software Rhinoceros* mais *plug-in Grasshopper*. Após essa elaboração, intentou-se fazer com que o participante comparasse o que desenvolveu – em termos de tempo, complexidade e chance de erro – em relação ao que teria feito pelo “método tradicional”, utilizando o CAD.

#### **4.4.2 Dinâmicas do *Workshop***

Para a realização de um *Workshop*, é necessário organizar o grupo e providenciar, com antecedência, o ambiente e os recursos didáticos necessários. A organização é indispensável para o sucesso da estratégia. Para isso foi reservada uma sala de aula – Laboratório de Informática – e providenciou-se para que o *software Rhinoceros* e o *plug-in Grasshopper* estivessem devidamente instalados e em perfeito funcionamento.

Um *workshop* pode ser desenvolvido através de diferentes atividades: estudos individuais, consulta bibliográfica, palestras, discussões, resolução de problemas, atividades práticas, redação de trabalhos, saídas a campo, etc (ANASTASIOU e ALVES, 2005). No caso do ‘*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*, as dinâmicas aplicadas foram a de realização de atividades práticas e a resolução de problemas. Ainda, por meio da interação, buscou-se a experiência

conjunta, estimulando a criatividade e a troca de informações entre os participantes e o instrutor-pesquisador.

Ao fim, a avaliação do que foi aprendido se deu por meio da verificação da participação nas atividades e pela demonstração das habilidades visadas. Também foram analisados os produtos finais desenvolvidos no processo.

### **4.3.3 Programação do *Workshop***

O Plano ou Programação das Aulas ocorre à medida que o professor especifica as realizações diárias (GIL, 1997). Luckesi (1994, p. 105) corrobora, recomendando que o Plano contenha os conteúdos orientados para o alcance dos objetivos de cada aula. Assim, elaborou-se uma programação do que se pretendia propor para os cinco dias de *Workshop*.

Os conteúdos foram orientados de acordo com os objetivos a serem alcançados em cada dia do *Workshop* (Quadros 11, 12, 13 e 14). É importante ressaltar que os conteúdos foram explanados durante o período da manhã, por meio de aulas expositivas e dialogadas, enquanto os períodos da tarde ficaram destinados à prática de experimentações, discussões, esclarecimentos e resolução de possíveis problemas relacionados aos conteúdos expostos.

Quadro 4 – Programação da Aula 1.

<b>1º Dia: INTRODUÇÃO</b>	
<b>Período:</b> Matutino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Objetivo da Aula:</b> Introduzir conceitos sobre <i>Parametric Design</i> e <i>Algorithmic Modeling</i> e explorar as ferramentas de trabalho.	
<b>Conteúdo:</b> Aplicação do 'Exercício Orientado 1' – <b>Treliça Parametrizada.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Conceituação dos termos modelagem paramétrica e algorítmica, paramétrico e parametrização, geometrias complexas e formas não convencionais;</li> <li>b. Exemplos de edificações e arquitetos que utilizam as técnicas (estado da Arte);</li> <li>c. Exploração do <i>software</i>Rhinoceros mais <i>plug-in</i>Grasshopper, organização dos menus, abas e componentes.</li> </ul>	
<b>Período:</b> Vespertino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Conteúdo:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>d. Esclarecimentos sobre o tema;</li> <li>e. Discussões sobre os assuntos abordados.</li> </ul>	

Fonte: do autor

Quadro 5 – Programação da Aula 2.

<b>2º Dia: MODELAGEM PARMÉTRICA</b>	
<b>Período:</b> Matutino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Objetivo da Aula:</b> Apresentar técnicas de parametrização por meio do <i>software</i> Rhinoceros mais <i>plug-in</i> Grasshopper.	
<b>Conteúdo:</b> Aplicação do 'Exercício Orientado 2' – <b>Estrutura Parametrizada.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Inserção de coordenadas aos elementos (pontos);</li> <li>b. Divisão de elementos em segmentos;</li> <li>c. Mover e copiar com direções e eixos;</li> <li>d. Aplicar funções matemáticas ao modelo 3D parametrizado;</li> </ul>	
<b>Período:</b> Vespertino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Conteúdo:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>e. Recapitulação do 'Exercício Orientado 2' e auxílio as dúvidas;</li> <li>f. Experimentação.</li> </ul>	

Fonte: do autor

Quadro 6 – Programação da Aula 3.

<b>3º Dia: MODELAGEM ALGORÍTMICA</b>	
<b>Período:</b> Matutino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Objetivo da Aula:</b> Apresentar técnicas de modelagem algorítmica por meio do <i>software</i> Rhinoceros mais <i>plug-in</i> Grasshopper e desenvolver o pensamento algorítmico.	
<b>Conteúdo:</b> Aplicação do ‘Exercício Orientado 3’ – <b>Painel Parametrizada.</b>	
a. Vinculação de entes geométricos (ponto);	
b. Propriedades e construção de entes (polígonos e matriz);	
c. Aplicação de domínios;	
d. Interligação de funções entre entes geométricos;	
<b>Período:</b> Vespertino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Conteúdo:</b>	
e. Recapitulação do ‘Exercício Orientado 3’ e auxílio as dúvidas;	
f. Experimentação.	

Fonte: do autor

Quadro 7 – Programação da Aula 4.

<b>4º Dia: MODELAGEM GEOMETRICA COM ATRIBUIÇÕES ALGORÍTMICAS</b>	
<b>Período:</b> Matutino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Objetivo da Aula:</b> Apresentar técnicas de modelagem geométrica com atribuições de modelagem algorítmica por meio do <i>software</i> Rhinoceros mais <i>plug-in</i> Grasshopper.	
<b>Conteúdo:</b> Aplicação do ‘Exercício Orientado 4’ – <b>Parede Parametrizada.</b>	
a. Vinculação de entes geométricos (Sólido Geométrico);	
b. Inserção de coordenadas aos elementos (pontos);	
c. Mover e copiar com direções e eixos;	
d. Elaboração e subdivisão de superfícies	
e. Vinculação de atribuições paramétricas ao sólido geométrico;	
<b>Período:</b> Vespertino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Conteúdo:</b>	
f. Recapitulação do ‘Exercício Orientado 4’ e auxílio as dúvidas;	
g. Experimentação.	

Fonte: elaboração Própria



Quadro 8 – Programação da Aula 5.

<b>5º Dia: EXERCÍCIO LIVRE</b>	
<b>Período:</b> Matutino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Objetivo da Aula:</b> Induzir a criatividade juntamente com o pensamento algorítmico por meio do <i>software</i> Rhinoceros mais <i>plug-in</i> Grasshopper.	
<b>Conteúdo:</b> Exercício de Criatividade.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Indução do pensamento algorítmico;</li> <li>b. Exploração dos conhecimentos adquiridos durante o ‘workshop’;</li> </ul>	
<b>Período:</b> Vespertino	<b>Hora/Aula:</b> 3 hs
<b>Conteúdo:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>c. Fechamento das atividades;</li> <li>d. Considerações sobre o ‘workshop’ e a novo processo de elaboração de forma.</li> </ul>	

Fonte: elaboração Própria

#### 4.5 EXERCÍCIOS ORIENTADOS

As metodologias de Design paramétrico e modelagem algorítmica geralmente são associadas às formas não uniformes e curvilíneas (LEACH, 2014). Neste sentido, nota-se que as formas retas e as curvas regulares são menos complexas e, por consequência, mais fáceis de se desenhar do que as não uniformes. Além disso, a construção de representações (vistas ortogonais e perspectiva) também se torna mais trabalhosa quando o projeto é elaborado a partir de curvas não uniformes. Um exemplo é a curva NURBS, tipo de curva que foi utilizada na aplicação dos exercícios orientados elaborados para o “*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*”.

Dos quatro exercícios orientados que foram aplicados durante o workshop: (1) os “Exercícios Orientados 1 e 2” tiveram seu início apresentando a forma regular para a forma não uniforme. Abordou-se os conceitos iniciais de modelagem algorítmica e a geração e modificação da forma por meio de parâmetros; (2) o “Exercício Orientado 3” teve início com uma figura geométrica regular que gerou a forma a partir dela. Abordou-se o pensamento algorítmico como meio para se chegar à forma; (3) o “Exercício Orientado 4” tratou de um sólido geométrico que,

aplicado em outra forma, gerou a estrutura final. Foram abordadas técnicas de modelagem geométrica, algorítmica e parametrização.

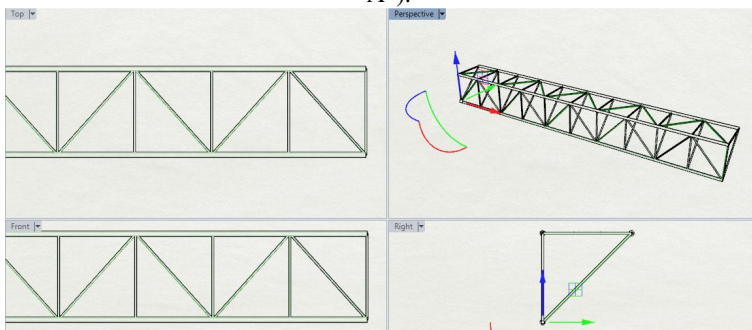
É importante dar nota que as propriedades paramétricas dos modelos gerados nos exercícios orientados deram condições aos participantes do “*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*” para que elaborassem variações da concepção formal.

#### 4.5.1 “Exercício Orientado 1”: treliça curvilínea parametrizada

O desenho de modelos arquitetônicos retos e regulares por meio do “método tradicional” não exigem do projetista, a princípio, habilidade superior ou técnica apurada. O desafio começa ao propor que estes modelos tenham características formais baseadas em formas curvilíneas e não uniformes.

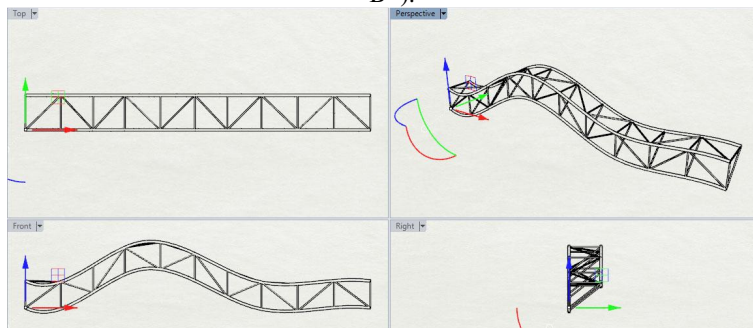
O ‘Exercício Orientado 1’ consistiu em elaborar um padrão de treliça com peças tubulares e fazê-lo percorrer uma ‘linha guia’ curvilínea não uniforme editável, conforme figuras 42 e 43.

Figura 42 – “Exercício Orientado 1”: treliça curvilínea parametrizada (posição “A”).



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 43 – “Exercício Orientado 1”: treliça curvilínea parametrizada (posição “B”).



Fonte: Elaboração Própria.

#### 4.5.1.1 Explicação do ‘Exercício Orientado 1’

A treliça a ser parametrizada tem início com o desenho de uma curva NURBS, do tipo interpolar, dispondo seus pontos de edição de forma linear, em um eixo “x”, por meio do *software Rhinoceros*.

A parametrização começa ao utilizar o *plug-in Grasshopper* para copiá-la na direção “z” e, depois, replicá-la na direção “y”. As distâncias são parâmetros que vão do valor “0” ao “10”.

Depois, as linhas são divididas em segmentos iguais e são vinculadas aos pontos. O número de divisões é um segundo parâmetro, que vai do valor “0” ao “10”.

Com os pontos vinculados às divisões, liga-se uma “*line*”, que passa pelos pontos na direção “y”, e uma “*polyline*”, que passa pelos pontos de modo alternado, na direção “x”.

As espessuras dos segmentos gerados são atribuídas através do comando “*pipe*” e seus raios formam dois parâmetros, as espessuras nos segmentos orientados em “x” e nos segmentos orientados em “y”.

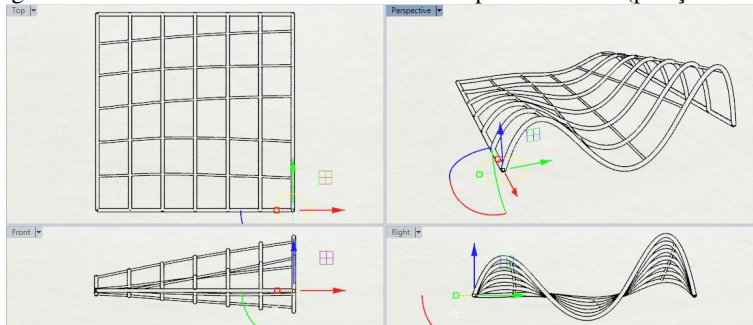
O último parâmetro é a própria “linha guia” que, quando modificada sua sequência de pontos, altera-se também a sua forma e, respectivamente, toda a forma da treliça, que se auto ajusta por meio da parametrização.

Este processo se dá por meio de modelagem algorítmica (*Rhino+Grasshopper*), e a parametrização irá definir a forma.

A ênfase deste exercício é a parametrização e os comandos básicos do *plug-in Grasshopper*.



Figura 46 – “Exercício Orientado 2”: estrutura parametrizada (posição “B”).



Fonte: do autor.

#### 4.5.2.1 Explicação do “Exercício Orientado 2”

A linha que define o restante da forma da estrutura é elaborada a partir de pontos dispostos linearmente na direção “y” e seus parâmetros são as coordenadas x, y e z do plano.

Por esses pontos, percorre uma curva do tipo “*interpol*”, ao quais é ajustada a curvatura, de acordo com o posicionamento dos pontos.

Essa curva é copiada na direção na direção “x” e seu número de cópias é fixado em quatro. Porém, a cada cópia acrescenta-se, no eixo “z”, um fator de porcentagem que é um parâmetro e que pode variar do valor “-2” ao valor “2”, numa escala fracionada (ex: 1.0, 1.1, 1.2...). Ou seja, se na primeira linha o valor do eixo “z” de um dos pontos for 2, na próxima cópia será 2 mais o fator de porcentagem.

Nas vistas onde a estrutura é composta por traçados curvilíneos, as linhas correspondentes ao eixo “x” são variações paramétricas de intensidade gradual (a curvatura das linhas se acentua de acordo com um fator de porcentagem). Ou seja, quanto maior o fator e mais distante da linha base, mais intensificada será a curvatura.

Depois, as linhas são divididas em segmentos iguais, que são vinculados aos pontos. O número de divisões é um segundo parâmetro, que vai do valor “0” ao valor “10”.

Com os pontos vinculados às divisões, liga-se uma “*line*” que passa pelos pontos na direção “x”. As linhas do eixo “y” são ajustadas parametricamente, conforme subdivisões das linhas do eixo “x”.

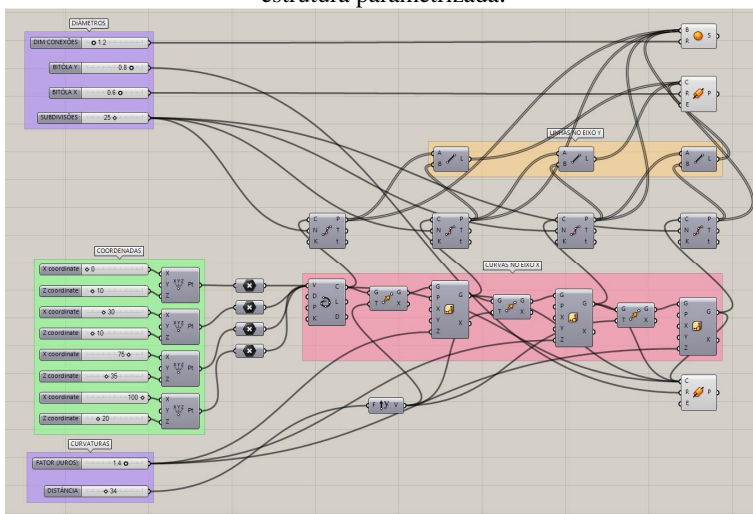
As espessuras dos segmentos gerados são atribuídas através do comando “*pipe*” e seus raios formam um parâmetro de espessuras dos segmentos.

Neste exercício os parâmetros são, respectivamente: (a) número de linhas no eixo “x”; (b) fator juros porcentagem; (c) subdivisões em “x”.

Alterando esses parâmetros podem-se gerar, parametricamente, várias possibilidades de estrutura.

A figura 47 ilustra as interligações dos parâmetros utilizados no respectivo exercício.

Figura 47–Código da modelagem algorítmica do “Exercício Orientado 2”: estrutura parametrizada.

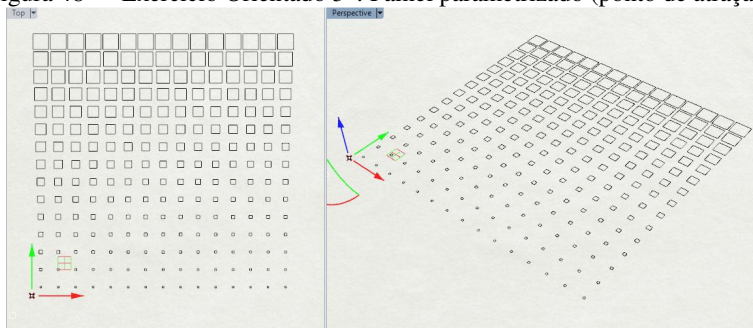


Fonte: do autor

### 4.5.3 “Exercício Orientado 3”: painel parametrizado

O “Exercício Orientado 3” consiste em elaborar um painel com elementos dispostos em uma matriz, em um plano “xy”, sendo tais elementos polígonos regulares de 4 ou 6 lados. Também consiste em elaborar um algoritmo para ajustar o tamanho dos elementos dispostos nas intersecções da grade “xy”, de acordo com um “ponto de atração”. Quanto mais aproximar o “ponto de atração” do elemento, mais ampliado ou reduzido o elemento ficará. A ênfase deste exercício foi o pensamento algorítmico, conforme figura 48.

Figura 48 – “Exercício Orientado 3”: Painel parametrizado (ponto de atração).



Fonte: do autor

#### 4.5.3.1 Explicação do “Exercício Orientado 3”

Primeiro, deve-se criar uma matriz em um plano “xy”, com os parâmetros de distância em “x”, em “y” e diâmetro dos elementos, que poderá ser polígonos regulares de 4 ou 6 lados.

Então, vincula-se um “domínio” a estes elementos, com a finalidade de deixá-los posicionados com os seus centros nas intersecções dos eixos “x” e “y”, gerados pela matriz.

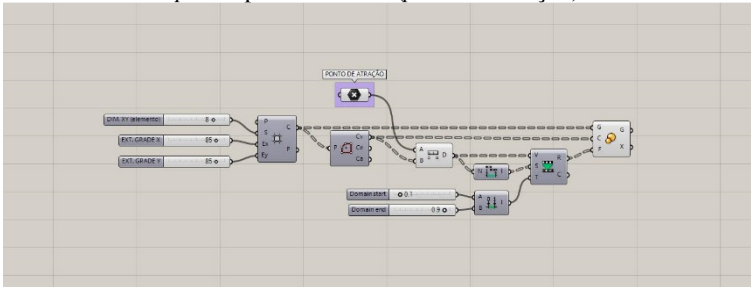
Cria-se um ponto, que é denominado “ponto de atração” e vincula-se um “domínio de distância” entre o “ponto de atração” e o centro dos elementos dispostos na matriz.

Para ajustar o tamanho dos elementos, o valor da distância entre o “ponto de atração” e o centro dos elementos é multiplicado pelo tamanho real. Por exemplo, se o diâmetro real do elemento for 10 e o valor da distância entre “ponto de atração” e centro do elemento for 2, o valor do raio será ampliado para 20. Caso o valor da distância seja 0,5, o valor do raio será reduzido para 5.

Ao final, para que os elementos do painel não ultrapassem a matriz ou fiquem muito pequenos, vincula-se um “domínio” com o tamanho máximo e mínimo que o elemento poderá ter.

A figura 49 ilustra as interligações dos parâmetros utilizados no respectivo exercício.

Figura 49 – Código da modelagem algorítmica do “Exercício Orientado 3”:  
painel parametrizado (ponto de atração).

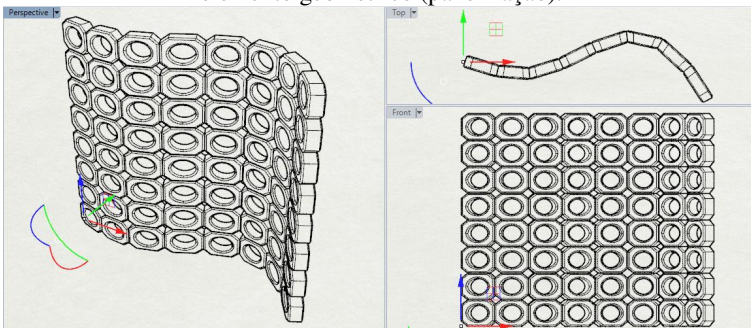


Fonte: do autor

#### 4.5.4 “Exercício Orientado 4”: parede parametrizada (panelização)

O exercício consiste em ajustar padrões de um elemento pré-definido de acordo com a curvatura da parede parametrizada, sendo a curvatura da parede ajustada através de parâmetros, conforme figuras 50.

Figura 50 – “Exercício Orientado 4”: parede parametrizada com aplicação de elemento geométrico (panelização).



Fonte: do autor

##### 4.5.4.1 Explicação do “Exercício Orientado 4”

Primeiro, define-se a curvatura da parede, por meio de inserção de parâmetros. Esta primeira etapa é muito similar à construção do algoritmo da linha base (no “Exercício orientado 2”).



A linha que define a forma da parede é elaborada a partir de pontos dispostos, linearmente, na direção “y” e seus parâmetros são as coordenadas “x”, “y” e “z” do plano. Por esses pontos percorre uma curva do tipo “*interpolat*”, ao quais é ajustada a curvatura, de acordo com o posicionamento dos pontos. Essa curva é copiada na direção “z” e seu número de cópias é fixado em 3.

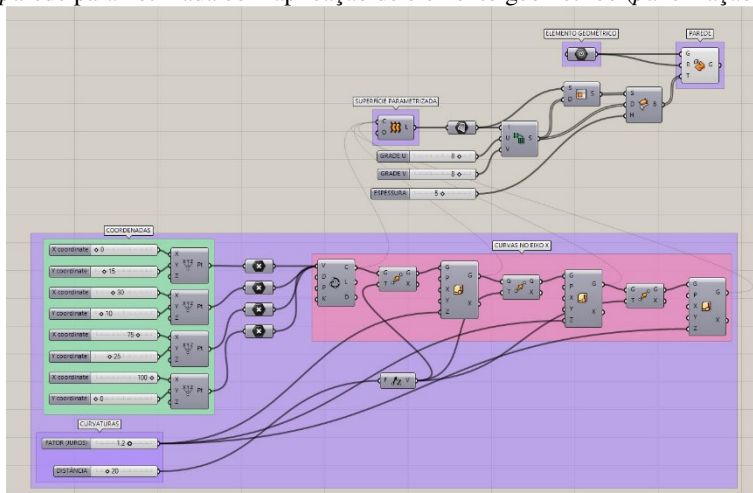
As linhas dispostas na direção “z” formarão uma superfície, que sofrerá extrusão e será subdividida nas orientações “U” e “V”. O valor da extrusão e o número de subdivisões são os parâmetros utilizados para definir o tamanho dos elementos dispostos.

Então, desenha-se um elemento (sólido geométrico) no *software Rhinoceros* e vincula-se ao *plug-in Grasshopper*.

Ao fim, orienta-se o algoritmo, de modo a ajustar o elemento geométrico e a posicionar e ajustar a grade formada pela extrusão e pela subdivisão geradas a partir da superfície da parede.

A figura 51 ilustra as interligações dos parâmetros utilizados no respectivo exercício.

Figura 51 – Código da modelagem algorítmica do “Exercício Orientado 4”: parede parametrizada com aplicação de elemento geométrico (panelização).



Fonte: do autor.



## 5 RESULTADOS OBTIDOS

Após a aplicação do *Workshop*, foi realizada uma pesquisa junto aos seus participantes, por meio de um questionário intitulado “*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*” (Apêndice Y, 26 e 27). Neste capítulo, foi denominado “Questionário 3”. A seguir são apresentados os dados obtidos pós *Workshop*, relacionando:

- (a) O entendimento sobre o tema de pesquisa, seus respectivos termos, ferramentas e processos de concepção;
- (b) O aproveitamento em relação às atividades propostas no *Workshop*;
- (c) O nível de satisfação;
- (d) Os interesses futuros em relação ao tema de pesquisa.

Destaca-se que, no que se refere ao número de acadêmicos que participaram efetivamente da aplicação da ação, dos 38 (trinta e oito) cadastrados, 19 (dezenove) foram participantes do “*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*” (Apêndice BB).

### 5.1 ENTENDIMENTO RELACIONADO AO TEMA DE PESQUISA

A primeira parte do “Questionário 3” focou em conhecer como o participante considerou seus entendimentos pós “*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*”, se tais haviam se alterado.

Assim, colocou-se como opções de respostas:

- (1) Não alterou-se, continua da mesma maneira como antes do *Workshop*;
- (2) Alterou-se pouco, pois já possuía uma noção sobre a ferramenta e sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos;
- (3) Alterou-se muito, pois possuía um entendimento bem diferente sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos, de como foram apresentadas no *Workshop*;
- (4) Outros.

Dos 19 (dezenove) participantes, 100% optaram pela “resposta 3”, a qual expressa que consideraram que o seu entendimento sobre o tema havia se alterado muito (Apêndice CC).

## 5.2 ENTENDIMENTO QUANTO AOS TERMOS RELACIONADOS À PESQUISA

Buscou-se, também, saber se o entendimento dos participantes sobre termos relacionados ao tema – como modelagem geométrica; modelagem paramétrica ou parametrização; modelagem por meio de programação de algoritmos e modelagem de formas complexas – haviam se alterado.

Assim, colocou-se como opções de respostas:

- (1) Não alterou-se, continua da mesma maneira, como antes do *Workshop*;
- (2) Alterou-se pouco, pois já possuía uma noção sobre a ferramenta e sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos;
- (3) Alterou-se muito, pois possuía um entendimento bem diferente sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos, de como foram apresentados no *Workshop*;
- (4) Outros.

Também neste caso, verificou-se que 100% dos 19 (dezenove) participantes apontaram a “resposta 3”, indicando que consideraram que o seu entendimento sobre o tema havia se alterado muito (Apêndice DD).

## 5.3 ENTENDIMENTO RELACIONADO ÀS FERRAMENTAS UTILIZADAS

Buscou-se o conhecimento quanto ao entendimento, pós *Workshop*, dos participantes sobre as técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica por meio do *Software Rhinoceros* mais o *plug-in Grasshopper*.

Assim, foram colocadas como opções de respostas:

- (1) Não alterou-se, continua da mesma maneira como antes do *Workshop*;

- (2) Alterou-se pouco, pois já possuía uma noção sobre a ferramenta e sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos;
- (3) Alterou-se muito, pois possuía um entendimento bem diferente sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos, de como foram apresentados no *Workshop*;
- (4) Outros.

Verificou-se que, dos 19 (dezenove) participantes (Apêndice EE):

- 12 (doze) participantes (63%) optaram pela “resposta 3”, indicando que consideraram que o seu entendimento sobre o tema havia se alterado muito;
- 4 (quatro) participantes (21%) optaram pela “resposta 2”, apontando que consideraram que seu entendimento apenas havia se alterado,
- 3 (três) participantes (15%) optaram por outras respostas.

Dentre as respostas às perguntas abertas colocadas aos participantes, verificou-se que parte deles começaram a conhecer as técnicas, conceitos, ferramentas e o pensamento algoritmo durante a aplicação do experimento.

Comentou-se, também, sobre a abertura de possibilidades que estes tipos de metodologias podem dar na elaboração das formas e que o tempo do *Workshop* não teria sido suficiente para explorar as ferramentas mais à fundo. Ainda, explanaram o fato de poder testar outras técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica.

#### 5.4 ENTENDIMENTO RELACIONADO AO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE FORMA

No fim da primeira etapa do “Questionário 3”, um aspecto importante foi de se buscar a relação dos participantes – aqueles que mudaram seu conceito sobre o processo de elaboração de forma (Concepção Formal) – em comparação ao modo de concepção de forma em um “processo tradicional”.

Assim, foram indicadas como opções de respostas:

- (1) Continua da mesma forma com antes do *Workshop*;
- (2) Alterou-se;
- (3) Alterou-se significativamente.

Verificou-se que, dos 19 (dezenove) participantes (Apêndice FF):

- 9 (nove) participantes (47%) optaram pela “resposta 3”, na qual apontam que sua percepção se alterou significativamente;
- 7 (sete) participantes (37%) optaram pela “resposta 2”, indicando que consideraram que seu entendimento apenas havia se alterado;
- 3 (três) participantes (16%) optaram pela “resposta 1”, no qual apontaram que sua percepção continuava da mesma forma como antes do *Workshop*.

## 5.5 RESULTADOS RELACIONADOS AOS EXERCÍCIOS ORIENTADOS

A segunda etapa do “Questionário 3” concentrou-se em conhecer a percepção dos participantes quanto ao aproveitamento dos exercícios orientados propostos durante o experimento. Assim procurou-se saber sobre:

- (a) O grau de dificuldade do exercício (complexidade de realização do exercício);
- (b) O aproveitamento do exercício (se executou o exercício integralmente ou parcialmente);
- (c) Um comparativo, caso a proposta de modelo de forma fosse elaborado através do “método tradicional”.

### 5.5.1 Resultados pós “Exercícios Orientado 1” – Treliça Parametrizada

Em relação ao “Exercício Orientado 1”, dos 19 (dezenove) participantes (Apêndice GG):

- 10 (dez) participantes (53%) consideraram o exercício de média complexidade;
- 8 (oito) participantes (42%) consideraram de baixa complexidade;

- 1 (um) participante (5%) considerou o exercício de alta complexidade.

Quanto ao aproveitamento do “Exercício Orientado 1” (Apêndice HH):

- 11 (onze) participantes (58%) conseguiram executar integralmente o exercício;
- 5 (cinco) participantes (26%) conseguiram executar parcialmente o exercício;
- 3 (três) participantes (16%) conseguiram executar o exercício integralmente, mas com ressalvas.

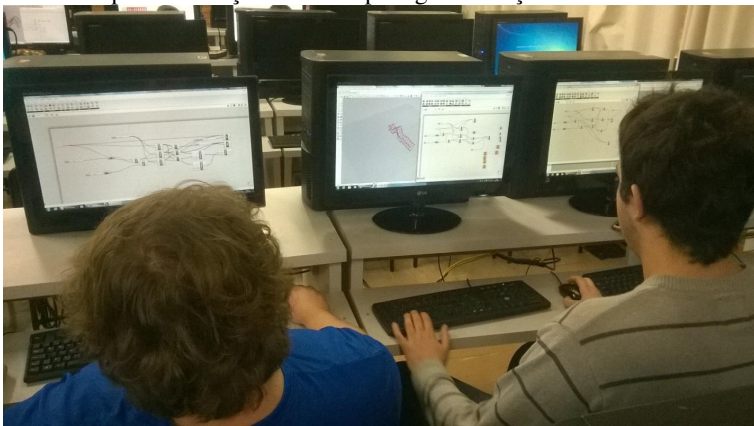
Quanto às ressalvas do “Exercício Orientado 1” (Apêndice II), de geral os participantes o consideraram de fácil execução, porém deixaram bem evidente que a execução sem a orientação do ministrante do *Workshop* acrescentaria significativa complexidade.

De acordo com os relatos, a dificuldade mencionada – de realizar sem auxílio – seria devido ao fato do *plug-in Grasshopper* possuir uma expansão muito grande de comandos e inter-relações. Para um iniciante na ferramenta, demonstrou-se algo que dificultaria a procura ou a escolha das pilhas.

Para os participantes, também não ficou totalmente entendível as ligações e as pilhas utilizadas para a execução do exercício, sendo citada a última etapa, quando se percorre uma linha intercalada por toda a treliça parametrizada. O fato de vincular aos pontos a variável *true* ou *false* não foi plenamente compreendida pelos participantes.

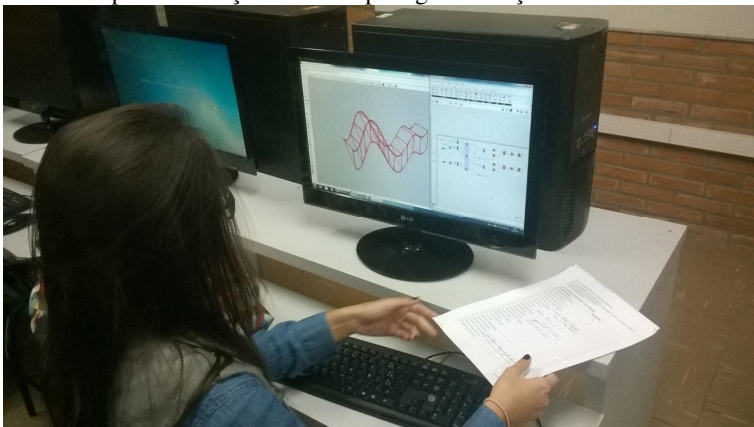
Porém, é importante notar que os participantes relataram que a continuidade do estudo, em relação ao *plug-in* e à prática, tornaria a proposta compreendida. As Figuras 52 e 53 mostram os participantes desenvolvendo o “Exercício Orientado 1”.

Figura 52 – Participantes desenvolvendo o “Exercício Orientado 1”, a parametrização de curva para gerar treliça curvilínea.



Fonte: do autor

Figura 53 – Participante desenvolvendo o “Exercício Orientado 1”, a parametrização de curva para gerar treliça curvilínea.



Fonte: do autor

A pesquisa também questionou os participantes sobre caso o “Exercício Orientado 1” fosse executado por meio do “processo tradicional” com o uso de outras ferramentas.

Apresentou-se como opções de respostas:

- (1) Conseguiria facilmente executar;
- (2) Executaria, porém de forma mais lenta;



- (3) Executaria, porém seria demasiadamente complexo;
- (4) Não conseguiria executar;
- (5) Outras respostas.

Neste questionamento, a comparação se daria no caso do participante optar por realizar o mesmo modelo 3D por meio do *software Autocad*. As respostas se enquadraram da seguinte forma (Apêndice JJ):

- 8 (oito) participantes (42%) escolheram a “resposta 2”, considerando que executariam de forma mais lenta;
- 7 (sete) participantes (37%) escolheram a “resposta 3”, considerando que executariam, mas seria demasiadamente complexo;
- 4 (quatro) participantes (21%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar o exercício.

Nota-se que nenhum participante considerou que a execução do exercício seria de forma fácil com o uso do *software Autocad*, mesmo todos terem afirmado conhecer ou utilizar o *software*.

No caso do participante optar por realizar o mesmo modelo 3D por meio somente do *software Rhinoceros*, as seguintes respostas foram dadas (Apêndice KK):

- 11 (onze) participantes (58%) escolheram a “resposta 2”, considerando que executariam de forma mais lenta;
- 5 (cinco) participantes (26%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar o exercício;
- 2 (dois) participantes (11%) escolheram a “resposta 1”, considerando que conseguiriam executar facilmente;
- 1 (um) participante (5%), escolheu a “resposta 3”, considerando que executaria, mas seria demasiadamente complexo.

### **5.5.2 Resultados pós “Exercício Orientado 2” – Estrutura Parametrizada**

Em relação ao “Exercício Orientado 2”, dos 19 (dezenove) participantes (Apêndice LL):

- 12 (doze) participantes (63%) consideraram o exercício de média complexidade;

- 5 (cinco) participantes (26%) consideraram de baixa complexidade;
- 2 (dois) participantes (11%) consideraram o exercício de alta complexidade.

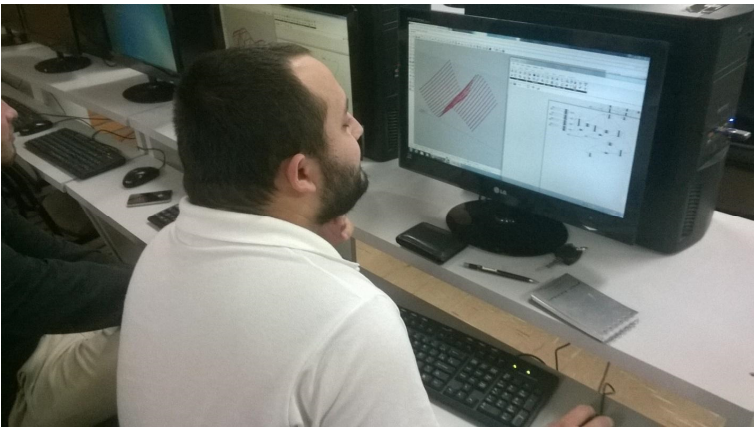
Quanto ao aproveitamento do “Exercício Orientado 2” (Apêndice MM):

- 10 (dez) participantes (53%) conseguiram executar integralmente o exercício;
- 6 (seis) participantes (31%) conseguiram executar parcialmente o exercício;
- 3 (três) participantes (16%) conseguiram executar o exercício integralmente, mas com ressalvas.

Quanto às ressalvas do “Exercício Orientado 2” (Apêndice NN), assim como ocorreu no “Exercício Orientado 1”, de forma geral os participantes consideraram que não teriam dificuldades de execução, desde que tivessem a orientação do ministrante do *Workshop*.

Porém, nesta proposta de modelo 3D os participantes relataram que a maior dificuldade era a escolha dos comandos mais adequados, além de não ter ficado totalmente compreendido o porquê de determinados procedimentos. A Figura 54 mostra os participantes desenvolvendo o “Exercício Orientado 2”.

Figura 54 – Participante desenvolvendo “Exercício Orientado 2” – Estruturada Parametrizada.



Fonte: do autor

Caso o participante optasse por realizar o mesmo modelo 3D por meio do *software Autocad* (Apêndice OO):

- 11 (onze) participantes (58%) escolheram a “resposta 3”, considerando que executariam, mas seria demasiadamente complexo;
- 5 (cinco) participantes (26%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar;
- 3 (três) participantes (16%) escolheram a “resposta 2”, considerando que executariam de forma mais lenta.

Também verificou-se que nenhum participante considerou que a execução deste exercício se daria de forma fácil com o uso do *software Autocad*, mesmo todos terem afirmado conhecer ou utilizar o *software*.

E caso o participante optasse por realizar o mesmo modelo 3D por meio somente do *software Rhinoceros* (Apêndice PP):

- 9 (nove) participantes (47%) escolheram a “resposta 2”, considerando que executariam de forma mais lenta;
- 4 (quatro) participantes (21%) escolheram a “resposta 3”, considerando que executariam, mas seria demasiadamente complexo;
- 4 (quatro) participantes (21%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar o exercício;
- 2 (dois) participantes (10%), escolheram a “resposta 1”, considerando que conseguiriam executar facilmente.

### **5.5.3 Resultados pós “Exercício Orientado 3” – Painel Parametrizado**

Em relação ao “Exercício Orientado 3”, dos 19 (dezenove) participantes (Apêndice QQ):

- 10 (dez) participantes (53%) consideraram o exercício de média complexidade;
- 6 (seis) participantes (31%) consideraram de baixa complexidade;

- 3 (três) participantes (16%) consideraram o exercício de alta complexidade.

Quanto ao aproveitamento do “Exercício Orientado 3” (Apêndice RR):

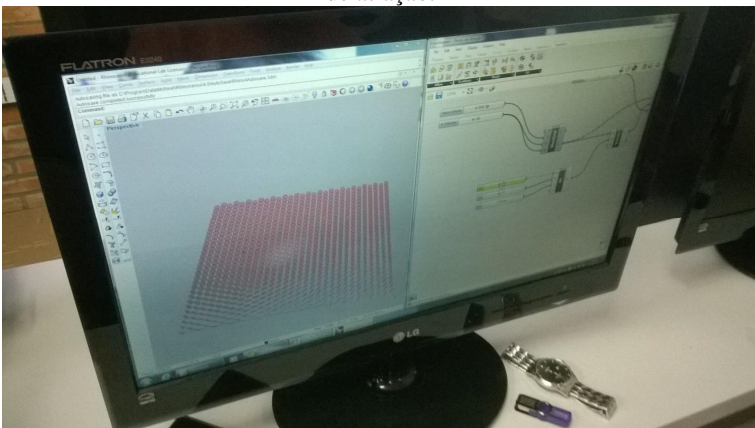
- 13 (treze) participantes (68%) conseguiram executar integralmente o exercício;
- 3 (três) participantes (16%) conseguiram executar parcialmente o exercício;
- 2 (dois) participantes (10%) conseguiram executar o exercício integralmente, mas com ressalvas;
- 1 (um) participante não conseguiu executar a atividade.

Quanto as ressalvas do “Exercício Orientado 3” (Apêndice SS), novamente os participantes relataram que teriam dificuldades de execução caso não tivessem a orientação do ministrante do *Workshop*.

Porém, neste exercício ficou evidente que participantes não compreenderam o pensamento algorítmico contido no mesmo, apenas replicaram os procedimentos passados no *Workshop*.

Apesar de considerarem o código simples e o resultado interessante, não ficou entendível a função das pilhas e suas interligações. A Figura 55 mostra o desenvolvimento do “Exercício Orientado 3”.

Figura 55 – Painel desenvolvido por participante utilizando a técnica do ponto de atração.



Fonte: do autor

Caso o participante optasse por realizar o mesmo modelo 3D por meio do *software Autocad* (Apêndice TT):

- 7 (sete) participantes (37%) escolheram a “resposta 2”, considerando que executariam de forma mais lenta;
- 6 (seis) participantes (32%) escolheram a “resposta 3”, considerando que executariam, mas seria demasiadamente complexo;
- 5 (cinco) participantes (26%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar;
- 1 (um) participante (5%) escolheu a “resposta 1”, considerando que conseguiria executar facilmente.

Nesta parte da pesquisa é importante dar nota que existe a probabilidade do participante que escolheu a “resposta 1” não ter entendido plenamente o exercício.

E caso o participante optasse por realizar o mesmo modelo 3D por meio somente do *software Rhinoceros* (Apêndice UU):

- 7 (sete) participantes (36%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar o exercício;
- 6 (seis) participantes (32%) escolheram a “resposta 2”, considerando que executariam de forma mais lenta;
- 6 (seis) participantes (32%) escolheram a “resposta 3”, considerando que executariam, mas seria demasiadamente complexo.

É importante dar nota que não houve escolha da “resposta 1”, a que considera que o participante executaria facilmente o exercício somente usando o *software Rhinoceros*.

#### **5.5.4 Resultados pós “Exercício Orientado 4” – Parede Parametrizada**

Em relação ao “Exercício Orientado 4”, dos 19 (dezenove) participantes (Apêndice VV):

- 10 (dez) participantes (52%) consideraram o exercício de alta complexidade;
- 6 (seis) participantes (32%) consideraram de média complexidade;
- 3 (três) participantes (16%) consideraram o exercício de baixa complexidade.

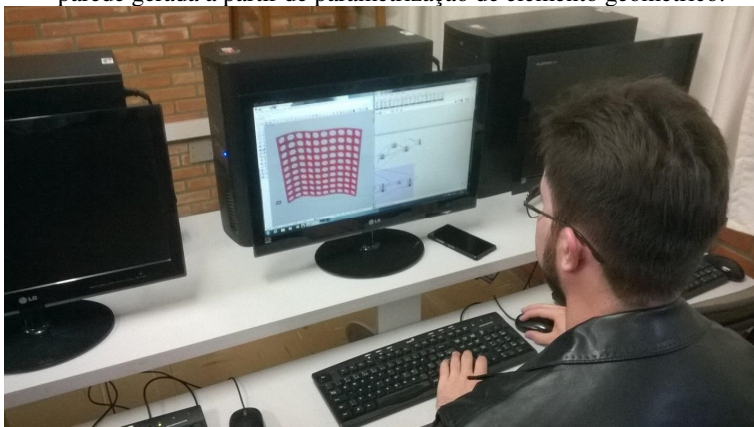
Quanto ao aproveitamento do “Exercício Orientado 4” (Apêndice WW):

- 13 (treze) participantes (53%) conseguiram executar integralmente o exercício;
- 4 (quatro) participantes (16%) não conseguiram executar a atividade;
- 3 (três) participantes (16%) conseguiram executar o exercício integralmente, mas com ressalvas;
- 2 (dois) participantes (10%) conseguiram executar parcialmente o exercício.

Quanto às ressalvas do “Exercício Orientado 4” (Apêndice XX), notou-se que o entendimento dos procedimentos ficou evidenciado, porém os participantes relataram dificuldades na criação das superfícies que compunham a parede parametrizada.

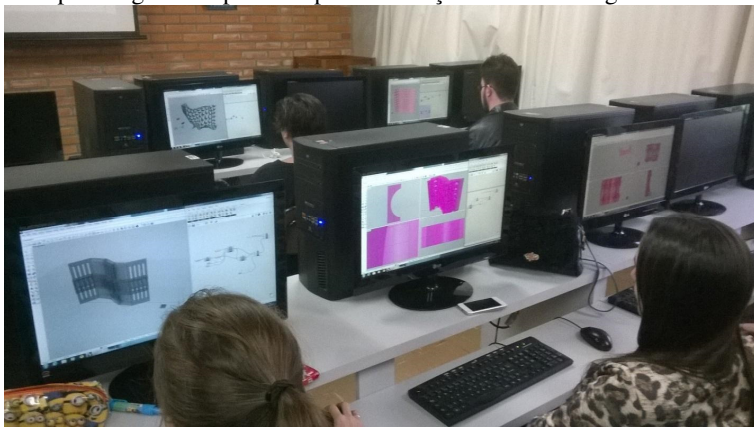
Destaca-se que participantes relataram que o “Exercício Orientado 4” foi o mais gratificante e que gerou os melhores resultados formais. As Figuras 56 e 57 mostram o desenvolvimento do “Exercício Orientado 4”.

Figura 56 – Participante desenvolvendo “Exercício Orientado 4” (panelização)  
– parede gerada a partir de parametrização de elemento geométrico.



Fonte: do autor

Figura 57 – Participantes desenvolvendo “Exercício Orientado 4” (panelização)  
– parede gerada a partir de parametrização de elemento geométrico.



Fonte: do autor

Caso o participante optasse por realizar o mesmo modelo 3D por meio do *software Autocad* (Apêndice YY):

- 9 (nove) participantes (48%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar;

- 7 (sete) participantes (37%) escolheram a “resposta 3”, considerando que executariam, mas seria demasiadamente complexo;
- 1 (um) participante (5%) escolheu a “resposta 2”, considerando que executaria de forma mais lenta;
- 1 (um) participante (5%) escolheu a “resposta 1”, considerando que executaria facilmente o exercício;
- 1 (um) participante (5%), escolheu outra resposta.

Caso o participante optasse por realizar o mesmo modelo 3D por meio somente do *software Rhinoceros* (Apêndice ZZ):

- 7 (sete) participantes (37%) escolheram a “resposta 4”, considerando que não conseguiriam executar;
- 7 (sete) participantes (37%) escolheram a “resposta 3”, considerando que executariam, mas seria demasiadamente complexo;
- 4 (quatro) participantes (21%) escolheram a “resposta 2”, considerando que executariam de forma mais lenta;
- 1 (um) participante (5%) escolheu a “resposta 1”, considerando que executaria facilmente o exercício.

## 5.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS DOS PARTICIPANTES REFERENTES QUANTO AO *WORKSHOP*

Ao final da aplicação da ação “*Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*”, foi requisitada a opinião dos participantes em relação à satisfação quanto às práticas abordadas, quanto ao tempo da ação, quanto ao interesse futuro no tema e se considerariam interessante a inserção das metodologias de DP e MA nas grades curriculares de cursos superiores de Arquitetura e Urbanismo.

Sendo assim, em relação à satisfação, 17 (dezesete) participantes (90%) consideraram as práticas abordadas interessantes e que possivelmente adotariam em seus projetos e 2 (dois) participantes relataram ressalvas (Apêndice AAA).

Quanto ao tempo empregado no *Workshop*, 7 (sete) participantes (37%) consideraram satisfatório, 7 (sete) participantes (37%) consideraram que deveria ter mais tempo, 3 (três) participantes (16%)



consideraram que houve pouco tempo e 2 (dois) participantes (10%) relataram ressalvas (Apêndice BBB).

Em relação ao interesse futuro e à continuação dos estudos relacionados ao tema, 18 (dezoito) participantes (95%) relataram possuir interesse (Apêndice CCC).

Quanto à inserção de conteúdos relacionados ao tema nas grades curriculares de cursos superiores de Arquitetura e Urbanismo, 19 (dezenove) participantes (100%) demonstraram interesse (Apêndice DDD).

Também se pediu que os a participantes de forma voluntária emitissem comentários referentes a ação (Apêndice EEE), sendo destes a ressalva mais comentada, a criação de grupos de estudos referentes ao tema para aperfeiçoamento das práticas iniciadas durante o *Workshop*.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas considerações finais foram relatadas as conclusões referentes às ações aplicadas durante o processo de investigação. Primeiramente, fez-se uma reflexão, sob uma abordagem crítica, relacionando a fundamentação teórica à prática da pesquisa, visando explicar as melhorias alcançadas e o que foi aprendido com o processo da pesquisa-ação. Por fim, apontam-se os possíveis desdobramentos do trabalho realizado.

## REFLEXÃO CRÍTICA

O desafio da aplicação da ação proposta esteve em parte no paradigma projetual já estabelecido nos cursos superiores de Arquitetura e Urbanismo, principalmente no que diz respeito à concepção e à elaboração de forma. Neste sentido, a inserção de novas metodologias, como *Design* Paramétrico e Modelagem Algorítmica se mostrou bastante rica.

Percebeu-se, durante o processo de investigação, implicações de concepção por meio das novas metodologias propostas em relação ao “método tradicional”, tal como a maneira que ordenamos procedimentos para se chegar à forma. Este ato processual da concepção, denominado por alguns autores de “pensamento algorítmico”, foi considerado pelos participantes do *Workshop* como a principal alteração no processo de elaboração de modelagens para Arquitetura. De acordo com os participantes, os efeitos da aplicação de conceitos e técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica nas fases iniciais da concepção projetual alterou-se significativamente.

Em se tratando das ferramentas computacionais, no caso o *software Rhinoceros* mais o *plug-in Grasshopper*, o modo de elaboração também se mostrou significativo ao grupo de participantes, apesar de considerarem que, para um melhor aproveitamento, seria necessário um período de adaptação.

Os efeitos relacionados as metodologias com o uso das ferramentas computacionais propostas já foram previstos por Fabricio e Melhado (2002) ao afirmarem que

os impactos da tecnologia na forma de pensar e organizar o processo de projeto já são imensos e certamente se intensificarão no futuro dado que os

projetistas ainda estão se adaptando a esses instrumentos e começando a tirar proveito das novas possibilidades. Ao longo dos próximos anos, à medida que os dispositivos técnicos evoluam e os projetistas se familiarizem com a informática, é possível supor que os computadores e programas desempenhem um papel tão importante, nos projetos, como o desenho e a abordagem tecnológica das construções representaram no passado.

Outro ponto em relação ao novo processo de elaboração proposto é a transparência da visualização dos procedimentos para se chegar à concepção da forma. Esta característica de transparência, cada vez mais em voga, pode ser considerada um melhoramento do processo de projeto. Delatorre (2014, p. 52) comenta que o “processo de projeto na arquitetura contemporânea deve ser transparente de forma que se possa conhecer o funcionamento dele. Deve também ser capaz de reproduzir e de aperfeiçoar esse processo”.

Além de seu uso, os constantes aperfeiçoamentos no desenvolvimento das ferramentas de projeto digitais, no caso aquelas relacionadas à modelagem paramétrica e algorítmica por programação visual ou *visual script*, de certa forma influenciaram a concepção.

[...] o processo de projeto na Arquitetura sofreu mudanças significativas, principalmente nos últimos anos, com a rápida evolução das tecnologias digitais. Os projetos, como dos arquitetos Frank O. Gehry, Norman Foster, ZahaHadid, são exemplos de como a tecnologia gerou mudanças na forma de projetar e vem demonstrando o impacto, que os recursos computacionais têm sobre o edifício. (DELATORRE, 2014, p. 53)

Neste contexto, o processo de ensino de novas técnicas e conceitos é essencial para o aperfeiçoamento continuado dos futuros projetistas. Para isso, os esforços de pesquisadores em torno de novos modelos projetivos estarão em demonstrar suas aplicações e as possibilidades de gerar resultados cada vez mais ousados, algo que seria demasiadamente sofrível com as ferramentas e métodos tradicionais.

Esta articulação do professor-pesquisador é necessária, pois quando se tratam das novas metodologias de projeto, conforme Schön (2000, p. 79), o estudante não pode inicialmente entender o que precisa aprender. Necessita aprendê-lo fazendo na prática. E aprender uma competência nova. Mesmo que seja complexo para o acadêmico, é essencial para o seu aperfeiçoamento.

Quando entende-se que o acadêmico fica propenso a aceitar o que a ferramenta digital tem condições de gerar, as novas metodologias serão cada vez mais auxiliadoras na geração de ideias mais complexas, ousadas ou pouco convencionais. Do mesmo modo, no caso das formas propostas pelo “Parametricismo” (SCHUMACHER, 2009), fica evidente que o “processo tradicional” poderá se tornar um inibidor.

Porém, é importante deixar claro que somente o fato isolado – de inserir uma nova ferramenta computacional – não é suficiente para alterar o paradigma projetual. É preciso que se insira, também, novos conceitos de elaboração, ou seja, uma nova maneira de pensar projetivamente. Delatorre (2014) reforça declarando que a inserção das tecnologias digitais nos cursos de Arquitetura e Urbanismo não deve ser vista apenas como a inclusão de mais disciplinas de informática aplicada ou inserção de ferramentas digitais no ensino. Entendem que é preciso uma revisão das metodologias, em todas as fases do curso, buscando a inclusão das tecnologias digitais.

Contudo, o mais importante deste processo de investigação foi o fato de perceber que somente a tecnologia não pode gerar forma, é preciso que haja uma integração com o projetista, assim como a propensão do projetista ao novo modo de pensar algoritmicamente. Considerando as informações passadas pelos participantes, o bom aproveitamento das novas metodologias no âmbito acadêmico será possível por meio de contínuas ações integradas às realidades dos cursos, como a inserção das ferramentas em disciplinas pontuais, que exploram a criação, tais como oficinas ou laboratórios e cursos de aperfeiçoamento.

### **Melhorias alcançadas (implicações e recomendações para a prática profissional)**

Após a aplicação da ação, os participantes informaram alguns dados importantes sobre possíveis melhorias vinculadas ao processo de elaboração de forma estudado. Dentre as melhorias alcançadas no âmbito prático, as mais relevantes estão relacionadas com:

(1) **Ganho em tempo** – em todos os exercícios orientados, mais de 50% dos participantes indicaram que, se estivessem elaborando a proposta pelo “processo tradicional”, levariam mais tempo do que quando utilizadas as técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica;

(2) **Diminuição de erros** – em todos os exercícios orientados, menos de 15% dos participantes indicaram que, se estivessem elaborando a proposta pelo “processo tradicional”, conseguiriam executar os modelos com facilidade e em torno de 40% dos participantes apontaram que executariam com muita dificuldade, o que poderia acarretar em erros;

(3) **Facilidade de elaboração e representação** – a visualização simultânea em três dimensões, enquanto os participantes programavam os parâmetros, facilitou o entendimento da construção dos modelos 3D. Cerca de 75% dos participantes indicaram que a elaboração das propostas era de média complexidade ou de baixa complexidade. Enquanto com o “método tradicional” este número se inverteria.

(4) **Aumento no número de possibilidade para um mesmo projeto** – outro aspecto importante é a possibilidade da modelagem paramétrica e algorítmica gerar diversas alternativas para um mesmo modelo parametrizado. Esse procedimento pode ser bastante útil para evitar que o projetista adote uma primeira solução e não recorra a outras possíveis alternativas que poderiam produzir melhores resultados.

(5) **Possibilidade de geração de formas mais complexas** – a elaboração de estruturas curvilíneas, com elementos não ordenados ou com um número maior de elementos, mostrou-se de baixa complexidade, quando utilizadas as técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica. Mais de 70% dos participantes indicaram que conseguiram executar as propostas em modelos 3D com facilidade.

## **O que foi aprendido à respeito do processo de pesquisa**

De modo geral, dentre o que foi aprendido à respeito da investigação – considerando que as respostas de docentes e discentes foram proporcionalmente similares – os aspectos mais relevantes foram:

(1) **Existe interesse, por parte dos acadêmicos, sobre o tema *Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica*** – De acordo com a pesquisa, observou-se que mais de 90% dos entrevistados manifestaram possuir interesse no tema de pesquisa ou na obtenção de informações sobre as metodologias abordadas no *Workshop*, sendo que quase 30% desses entrevistados efetuaram o cadastro.

(2) **É superficial o que os acadêmicos sabem sobre o tema *Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica*** – Apesar dos entrevistados se manifestarem interessados no tema de pesquisa, observou-se que era vaga a compreensão sobre o que se tratava as metodologias abordadas. Isso foi notado quando perguntado sobre o entendimento acerca do tema e dos termos relacionados. Verificou-se que os próprios entrevistados consideravam conhecer pouco do processo de modelagem paramétrica e algorítmica. Mais de 70% dos entrevistados consideravam conhecer pouco (indicaram apenas ter ouvido falar à respeito) ou desconhecer o tema e seus termos. Outro dado que confirma isto é o fato de que 100% dos participantes do *Workshop* relataram ter seus entendimentos prévios sobre o tema e seus termos significativamente alterados após a vivência na ação.

(3) **À respeito do estado da arte, os acadêmicos demonstraram pouco conhecimento** – Os acadêmicos indicaram que conheciam apenas algumas obras e arquitetos. Foram poucas as citações além das expostas no “Questionário 1” (Apêndice XX), sendo citado apenas o Arquiteto *Frank Gehry* e o *Museu de Bilbao*, na Espanha. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é o fato dos entrevistados não ligarem as obras aos seus respectivos arquitetos. Isto ficou denotado ao observar que uma das obras mais citadas foi *Metropol Parasol*, em Sevilha, na Espanha – lembrada por aproximadamente 50% dos entrevistados – enquanto o arquiteto alemão *Jürgen Mayer-Hermamm*, responsável pela obra, foi citado somente por, aproximadamente, 20% dos entrevistados. O mesmo aconteceu com a arquiteta iraquiana *Zaha Hadid*, citada por aproximadamente 90% dos entrevistados, enquanto sua obra *Heydar Aliyev Center*, em Bacu, no Azerbaijão, foi lembrada apenas por, aproximadamente, 30% dos entrevistados.

(4) **Existe, ainda, confusão com o termo modelagem paramétrica** – quando perguntado sobre *Parametric Design*, alguns entrevistados o relacionaram ao *software Revit* ou à metodologia *BIM (Building Information Modeling)*, sendo que paramétrico é apenas uma das propriedades de um processo *BIM*.

(5) **Existe diferença entre dominar a ferramenta computacional e compreender o pensamento algorítmico** – De acordo com o relato dos participantes do *Workshop*, os exercícios não foram totalmente compreendidos, apesar de considera-los de simples execução. Isso ficou mais evidente na aplicação do “Exercício Orientado 3”, que foi executado integralmente por aproximadamente 70% dos participantes. Nas ressalvas, porém, alguns participantes relataram não ter compreendido o que modelaram algorítmicamente, sendo que apenas

executaram os procedimentos repassados durante a aplicação. Outro aspecto foi o fato dos participantes terem indicado a dificuldade para executar os exercícios no caso de não contarem com a orientação do ministrante do *Workshop*.

**(6) Após o ‘Workshop’, a percepção e o entendimento dos participantes se alterou significativamente em relação ao tema, aos termos e às ferramentas computacionais** – De acordo com os dados obtidos pós *Workshop*, ficou relatado que 100% dos participantes consideraram ter seu entendimento em relação ao tema e aos termos significativamente alterados. E em relação ao *software Rhinoceros* mais o *plug-in Grasshopper*, aproximadamente 60% dos participantes fizeram a mesma consideração.

**(7) De certa maneira, as técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica são muito úteis para estruturas curvilíneas** – De acordo com dados obtidos em todos os exercícios orientados, mais de 50% dos participantes relataram que conseguiriam executar com dificuldade ou não conseguiriam executar os modelos propostos nos exercícios orientados “1”, “2” e “4”, respectivamente os exercícios baseados na elaboração e estruturas curvilíneas e não uniformes.

**(8) As técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica ainda precisam ser muito exploradas** – Não se sabe ainda todo o potencial que as técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica podem chegar. Vários foram os participantes que relataram não terem conseguido realizar as concepções que tinham idealizado.

**(9) Existe interesse em utilizar as técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica combinadas com prototipagem digital** – Nos comentários finais da pesquisa, alguns participantes relataram o interesse em aliar a modelagem paramétrica com prototipagem digital, ou seja, gerar a materialização dos modelos virtuais.

**(10) Existe um grande interesse, por parte dos participantes, em continuar os estudos das técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica** – De acordo com os dados obtidos, mais de 90% dos participantes relataram satisfação em ter participado do *Workshop* e interesse em continuar os estudos relacionados às técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica.

## DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Após a realização da pesquisa, um dos relatos mais frequentes foi o fato de que os participantes gostariam de um maior aprofundamento das



técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica. Neste sentido, a elaboração de novos exercícios orientados para a elaboração de modelos mais avançados seria significativamente interessante.

Assim, em seus desdobramentos pretende-se ajustar os exercícios que, naquele momento, foram aplicados de modo isolado. Para um próximo evento, pensa-se na geração de exercícios compostos, ou seja, que unam técnicas diferentes a fim de gerar modelos mais complexos.

Outro desdobramento interessante é a aplicação dos procedimentos adotados na pesquisa em outras instituições de ensino superior de Arquitetura e *Design*, visando avaliar se existem divergências em relação aos dados coletados nesta pesquisa.

Parece interessante, também, aprimorar a estratégia ou reavaliar a ação de ensinar o pensamento algorítmico, pois percebeu-se, de acordo com os relatos dos participantes, que alguns exercícios não ficaram compreensíveis de modo satisfatório.

É importante, ainda, que os dados e informações gerados nesta pesquisa conduzam a publicações, pois acredita-se que estas poderão ser uteis para outros estudos relacionados ao tema.

Pretende-se, também, formular uma disciplina semestral ou introduzir os conceitos e técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica em um curso de Arquitetura e Urbanismo junto aos conteúdos de criatividade e composição, por exemplo. O intuito é elaborar investigação para uma tese de doutorado, pois entende-se que é um tema amplo que ainda pode ser muito explorado.



## REFERÊNCIAS

- AFANA, M. **Mafana**, 2011. Disponível em:  
<<https://mafana.wordpress.com/2011/10/03/how-does-technology-impact-architecture/>>. Acesso em: 25 Novembro 2015.
- AISH, R.; WOODBURY, R. **Multi-Level Interaction in Parametric Design**. In: Internacional Symposium On Smart Graphics. Berlim: [s.n.]. 2005. p. 151-162.
- ALVES, G.; PRATSCHKE, A. **Processos de Projetos Cibersemióticos: Procedimentos de Observação, Representação e Performance Aplicados ao Design Paramétrico**. In: Proceedings of the XVII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Knowledge-based Design. [S.l.]: Blucher Design Proceedings. Novembro 2013. p. 258-261.
- AMORIM, A. L. **Notas de aula da disciplina ARQ739**. Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2010.
- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de Ensino na Universidade: Pressupostos para Estratégias de Trabalho em Aula**. 5. ed. Joinville: Univille, 2005.
- BURRY, M.; MURRAY, Z. **Computer Aided Architectural Design Using Parametric Variation And Associative Geometry**. In: CHALLENGES OF THE FUTURE. Vienna: [s.n.]. 1997.
- CARPO, M. **The Alphabet and the Algorithm**. London: Mit Press, 2011. Disponível em:  
<<http://s1.downloadmienphi.net/file/downloadfile7/192/1379456.pdf>>.
- CARVALHO, R. S.; PEREIRA, A. P. S. **Professor do Futuro X Arquiteto do Futuro**. In: V Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil - TIC. Salvador: UFBA. 2011. p. Anais.
- CASTELJAU, P. Polar Forms for Curve and Surface Modeling as Used at Citroen, in Fundamental Developments of Computer-Aided Geometric Modeling, Les Piegl, p. 1-12, 1993.

CASTELLS, E. **Avaliação da Aplicabilidade de Programas para a Qualidade de Projeto na Elaboração de Projetos de Edifícios Residenciais e Comerciais em Altura**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2001.

CELANI, G. **Beyond analysis and representation in CAD: a new computational approach to design education**. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, p. 202 f. 2002.

CELANI, G. **CAD Criativo**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

CELANI, G. A importância da Pesquisa na Formação de Docentes: O Caso da Informática. **Cadernos de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo**, Campinas, v. 7, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.mackenzie.br/dhtml/seer/index.php/cpgau/article/view/94/2>>.

CELANI, M. G. C.; VAZ, C. E. V. **Scripts Em CAD e Ambientes de Programação Visual para Modelagem Paramétrica: Uma Comparação do Ponto de vista Pedagógico**. V TIC. Salvador: [s.n.]. Agosto 2011.

CRAB STUDIO. kunsthau-Graz. **Crab Studio**, 2004. Disponível em: <<http://www.crab-studio.com/#kunsthau-graz>>. Acesso em: 20 Fevereiro 2015.

DAVIDSON, S. **Grasshopper - Algorithmic Modeling**, 2015. Disponível em: <<http://www.grasshopper3d.com/page/architecture-projects>>. Acesso em: 5 Outubro 2015.

DAVIDSON, S. **Grasshopper - Algorithmic Modeling**, 2015. Disponível em: <<http://www.grasshopper3d.com/photo/fustat-city-plaza-1?context=latest>>. Acesso em: 5 Outubro 2015.

DAVIS, D.; BURRY, J.; BURRY, M. Understanding visual scripts: Improving collaboration through modular programming. **International Journal Of Architectural Computing**, Liverpool, v. 3, p. 361-376, Fevereiro 2012. Disponível em: <[http://www.nzarchitecture.com/image/03\\_davis.pdf](http://www.nzarchitecture.com/image/03_davis.pdf)>. Acesso em: 20 Dezembro 2015.

DELATORRE, V. **Potencialidades e Limites do Bim no Ensino de Arquitetura: Uma Proposta de Implementação**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 293 f. 2014.

EASTMAN, C.; ET AL. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2ª. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 264 p.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. **Impactos da Tecnologia da Informação no Conhecimento e Métodos Projetuais**. TIC Seminário de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Curitiba: [s.n.]. 2002. p. 37-47.

FLORIO, W. **O Uso de Ferramentas de Modelagem Vetorial na Concepção de uma Arquitetura de Formas Complexas**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 477 f. 2005.

FLORIO, W. Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura. **Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**, São Carlos, n. 9, p. 571-582, 18-20 Novembro 2009.

FLORIO, W. Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: Duas Experiências Com Estudantes de Arquitetura. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 43-66, Dezembro 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51010>>.

FOSTER & PARTNERS. City-Hall. **Foster & Partners**, 2015. Disponível em: <<http://www.fosterandpartners.com/projects/city-hall/>>. Acesso em: 10 Abril 2015.

FROTA, T. **Arquitetura Acessível**, 2009. Disponível em: <<https://thaisfrota.wordpress.com/2009/06/page/2/>>. Acesso em: 5 Novembro 2015.

GALAFASSI, M. **Impacto do Método Prescritivo do RTQ-C no Processo de Projeto Arquitetônico de Edificações: A Visão de Arquitetos em Florianópolis-SC**. Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 122 f. 2010.

GASPERINI, G. C. **Contexto e Tecnologia: O Projeto como Pesquisa Contemporânea em Arquitetura**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1988.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL, A. C. **Metodologia do Ensino Superior**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, J.; VELHO, L. **Fundamentos da Computação Gráfica**. Rio de Janeiro: IMPA, 2008. Disponível em:  
<<http://loja.sbm.org.br/index.php/colecao-matematica-e-aplicacoes/fundamentos-da-computac-o-grafica.html>>.

GRUNDY, S.; KEMMIS, S. **Educational action research in Australia: the state of the art**. Geelong: Deakin University Press, 1982. Disponível em:  
<[https://books.google.com.br/books?id=y9hYgG7ym1gC&pg=PA139&lpq=PA139&dq=Educational+action+research+in+Australia:+the+state+of+the+art&source=bl&ots=LP6INce-YP&sig=X7-JR8htCI4zg1RpPch9xashWWs&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwiTzc2\\_9ZvLahWDi5AKHffLDMMQ6AEIMTAB#v=o](https://books.google.com.br/books?id=y9hYgG7ym1gC&pg=PA139&lpq=PA139&dq=Educational+action+research+in+Australia:+the+state+of+the+art&source=bl&ots=LP6INce-YP&sig=X7-JR8htCI4zg1RpPch9xashWWs&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwiTzc2_9ZvLahWDi5AKHffLDMMQ6AEIMTAB#v=o)>. Acesso em: 10 Outubro 2015.

HENDERSON, H. **Encyclopedia of Computer Science and technology**. New York: Facts on File, 2009. Disponível em:  
<[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3Tla6d153uwC&oi=fnd&pg=PR3&dq=HENDERSON+Encyclopedia+of+Computer+science+and+technology&ots=YNefg9rOj7&sig=OQ7Vvr--VN\\_KRIabjVfyxnZQZyY#v=onepage&q=HENDERSON%20Encyclopedia%20of%20Computer%20science%20and%20](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3Tla6d153uwC&oi=fnd&pg=PR3&dq=HENDERSON+Encyclopedia+of+Computer+science+and+technology&ots=YNefg9rOj7&sig=OQ7Vvr--VN_KRIabjVfyxnZQZyY#v=onepage&q=HENDERSON%20Encyclopedia%20of%20Computer%20science%20and%20)>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

HERNANDEZ, C. R. B. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. **Design Studies**, Cambridge, v. 27, n. 3, p. 309-324,

2006. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X05000876>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

HOFFMANN, C.; JOAN-ARINYO, R. **Parametric Modeling**. In: FARIN, Gerald; HOSCHEK, Josef; KIM, Myung-soo. Amsterdã: [s.n.]. 2002. p. 519-541.

J. MAYER H. Metropol-Parasol. **J. Mayer H.**, 2015. Disponível em: <<http://www.jmayerh.de/19-0-Metropol-Parasol.html>>. Acesso em: 10 Abril 2015.

JAMISON, S. et al. **Foundations The Grasshopper Primer Third Edition**. MODE LAB NYC. Long Island City, p. 165. 2014.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing**. New York: Spon Press, 2003. Disponível em: <<https://gsappworkflow2011.files.wordpress.com/2011/09/kolarevic-architecture-in-the-digital-age1.pdf>>. Acesso em: 15 Fevereiro 2016.

LAWSON, B. Towards a computer-aided architectural design process: a journey of several mirages. **Computers in Industry**, Sheffield, p. 47-57, Fevereiro 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361597000833>>.

LEACH, N. Parametrics explained. **Next Generation Building**, Delft, v. I, n. 1, p. 33-41, JAN 2014.

LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C. M. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. **Automation in Construction**, Oxford, v. 15, n. 6, p. 758-776, Novembro 2006.

LUCKESI, C. **Filosofia da educação**. São Paulo: Cortez, 1994.

MAHFUZ, E. C. **Ensaio sobre a razão compositiva**. Belo Horizonte: UFV Impre. Univ., 1995. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/175351090/Ensaio-Sobre-a-Raza-o-Compositiva-Edson-da-Cunha-Muhfuz#scribd>>.

MARION, J. C.; MARION, A. L. C. **Metodologias de ensino na área dos Negócios**. São Paulo: Atlas, 2006.

MCCULLOUGH, M. 20 Years of Scripted Space. **Programming Cultures: Architectural Design**, v. 76, n. 4, p. 12-15, Agosto 2006.

MEC. **Portaria nº 1770**. [S.l.]: [s.n.]. 1994.

MINETTO, C. F. **Um Estudo sobre Curvas NURBS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 111 f. 2003.

MITCHELL, W. J.; MCCULLOUGH, M. **Digital Design Media: a handbook for architects & design professionals**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

MITCHELL, W. J. **A Lógica da Arquiteura**. Tradução de Gabriela Celani. Campinas: Unicamp, 2008.

MONEDERO, J. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. **Automation in Construction**, Oxford, v. 9, n. 4, p. 369-377, 2000. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580599000205>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

NATIVIDADE, V. G. **Fraturas Metodológicas nas Arquiteturas Digitais**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 302 f. 2010.

NOME, N. Q. **Artefatos Geradores de Microclima: Biomimética, Parametrização e Prototipagem Rápida na Busca por Soluções bioclimáticas para Clima Quente e Úmido**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 137 f. 2015.

ORCIUOLI, A. Projeto assistido por computador: ontem, hoje e amanhã. **Revista AU**, Agosto 2010. Disponível em:  
<<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/197/artigo181405-1.aspx>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

PETRUCCI, B. C.; BATISTON, R. R. **Estratégias de ensino e avaliação de aprendizagem em contabilidade**. In: PELEIAS, Ivam Ricardo. (Org.). São Paulo: Saraiva. 2006.



POLONINI, F. B. S. **A Modelagem Paramétrica na Concepção de Formas Curvilíneas da Arquitetura Contemporânea**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 286 f. 2014.

PUPO, R. T. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. I, n. 3, Novembro 2008. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~parc/vol1/n3/vol1-n3-pupo.pdf>>.

RÊGO, R. M. **Arquitetura e Tecnologias Computacionais: novos instrumentos mediadores e as possibilidades de mudanças no processo projetual**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 177 f. 2000.

RÊGO, R. M. **Educação Gráfica para o Processo Criativo Projetual Arquitetônico: as relações entre a capacidade visiográfica-tridimensional e a utilização de instrumentos gráficos digitais para a modelagem geométrica**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 320 f. 2008.

RICHVON. **Richvon Co**, 2015. Disponível em: <<http://www.richvon.co/autocad-architectural-desktop/>>. Acesso em: 10 Outubro 2015.

ROCHA, I. M. **Programa e Projeto na Era Digital: O ensino de projeto de Arquitetura em ambientes virtuais interativos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 340 f. 2009.

SCHÖN, D. A. **Educando o Profissional Reflexivo: Um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SCHUMACHER, P. Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design. **Digital Cities**, v. 79, n. 4, JUL/AGO 2009.

SILVA, E. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: UFRG, 1984. Disponível em: <[https://www.academia.edu/9074715/SILVA\\_Elvan\\_-](https://www.academia.edu/9074715/SILVA_Elvan_-)

\_Uma\_Introducao\_ao\_Projeto\_Arquitetonico>. Acesso em: 10 Fevereiro 2016.

STEVE. **Revit Oped**, 2004. Disponível em: <[http://revitoped.blogspot.com.br/2015\\_04\\_01\\_archive.html](http://revitoped.blogspot.com.br/2015_04_01_archive.html)>. Acesso em: 20 Novembro 2015.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 10<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, Set/Dez 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira.

VIEIRA, É. P. **Produção digital de maquetes arquitetônicas: um estudo exploratório**. Universidade de Estadual Campinas. Campinas. 2007.

WALKER, J. **Fourmilab Ch**, 2007. Disponível em: <[http://www.fourmilab.ch/autofile/images/roadshow\\_1985/](http://www.fourmilab.ch/autofile/images/roadshow_1985/)>. Acesso em: 5 Novembro 2015.

WIKI. Geometria Descritiva. **Wikipédia**, 2015. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Geometria\\_descritiva](https://pt.wikipedia.org/wiki/Geometria_descritiva)>. Acesso em: 20 Novembro 2015.

WIKI. Geometria Euclidiana. **Wikipédia**, 2015. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Geometria\\_euclidiana#A\\_base\\_da\\_geometria\\_euclidiana:\\_os\\_axiomas\\_e\\_postulados](https://pt.wikipedia.org/wiki/Geometria_euclidiana#A_base_da_geometria_euclidiana:_os_axiomas_e_postulados)>. Acesso em: 20 Novembro 2015.

WIKIBOOKS. Compilação. **Wikibooks**, 2014. Disponível em: <[https://pt.wikibooks.org/wiki/Programar\\_em\\_C%2B%2B/Compila%C3%A7%C3%A3o](https://pt.wikibooks.org/wiki/Programar_em_C%2B%2B/Compila%C3%A7%C3%A3o)>. Acesso em: 10 Novembro 2015.

WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. 1<sup>a</sup>. ed. New York: Routledge, 2010.

ZAHA-HADID ARCHITECTS. Heydar-Aliyev-Centre. **Zaha-Hadid Architects**, 2015. Disponível em: <

[hadid.com/architecture/heydar-aliev-centre/](http://hadid.com/architecture/heydar-aliev-centre/)>. Acesso em: 10 Abril 2015.



**APÊNDICES**

**APÊNDICE A - Relação das Instituições de Ensino Superior de Arquitetura no Estado de Santa Catarina em 2015.**

UNIVERSIDADE	ENDEREÇO	COORDENAÇÃO	E-MAIL	TELEFONE
ASSEVIM – Faculdade Grupo Uniasselvi	Rua Gregório Diegoli, 35 – Brusque CEP: 88351-350	Jéssica Pinto de Souza	jesouza.arq@gmail.com	(47) 3044-9000
Centro Universitário - Católica de SC	Rua Visconde de Taunay, 427 – Centro – Joinville CEP: 89.203-005	Katia Cristina Lopes de Paula	katia.paula@catolicasc.org.br	(47) 3145-9712
Centro Universitário - Estácio de Sá	Av. Leoberto Leal, 431, São José - CEP: 88117-001	Julia Fiuza Cercal	julia.cercal@estacio.br	(48) 3381-8016/8001
FACC - Faculdade Concórdia	Rua Anita Garibaldi, 3185 Bairro Primavera - Contorno Norte - Concórdia CEP: 89700-000	Mônica Lanzotti	arquitetura@facc.com.br	(49) 3444-5006
Faculdade Avantis	Av. Marginal Leste, 3600 - Km 132 - Bairro dos Estados Balneário Camboriú, CEP: 88339-125	Tatiani Passos	arquiteturaurbanismo@avantis.edu.br	(47) 3363-0631
Faculdade Barddal	Avenida Madre Benvenuta, 416	Dulce América de Souza	dulce.souza@uniesp.edu.br	(48) 3234-2344

	Trindade - Florianópolis CEP: 88036- 500			
FACVEST - Centro Universitário Facvest	Av. Mal. Floriano, 947 - Centro Lages CEP: 88501- 103	Taís Trevisan	taistrevisan @yahoo.co m.br	(49) 3289- 4000
FAMEG - Faculdade Metropolitan a de Garamirim	Rod BR 280, 15885 - Imigrantes, Guaramirim CEP: 89.270- 000	Karen da Rosa Zanotto Roig	arquitetura @fameg.ed u.br	(47) 3373- 9800
FURB - Universidade Regional de Blumenau	Rua Antônio da Veiga, 140 Bairro: Victor Konder - Blumenau CEP: 89.012- 900	Luiz Alberto de Souza	lasouza@fu rb.br	(47) 3321- 0478
SEI/FAI - Sociedade Educacional de Itapiranga	Rua Carlos Kummer, 100 - Bairro Universitário Itapiranga CEP: 89896000	Adriana Diniz Baldissera	adrianabal dissera@uc eff.edu.br	(49) 3678- 8700
UNC - Universidade do Contestado	Av. Leoberto Leal, 1904 Bairro Universitário - Curitiba CEP: 89.520- 000	Fabieli Spessatto	arquitetura .cbs@unc.b r	(49) 3245- 4100
UCEFF - Faculdade Empresarial de Chapecó	Av. Irineu Bornhausen, 2045 E - Bairro: Quedas Palmital Chapecó	Adriana Diniz Baldissera	adrianabal dissera@uc eff.edu.br	(49) 3319- 3838

	CEP: 89 814-650			
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina	Rua Cel. Fernandes Martins, 270 - Progresso – Laguna CEP: 88.790- 000	Kleyser Ribeiro	arquitetura .ceres@ude sc.br	(48) 3647- 4190
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina	Campus Trindade - CP 470 Florianópolis CEP: 88040- 970	José Ripper Kos	arquitetura @contato.u fsc.br	(48) 3721- 9275
UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense	Av. Universitária , 1105 - Bairro Universitário - Bloco D, sala 04 Criciúma CEP: 88806- 000	Miguel Angel Pousadela	arquitetura @unescc.net	(48) 3431- 2556
UNIARP – Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe	Rua Victor Baptista Adami - 800 – Centro Caçador CEP: 89500- 000	Newton Marçal	arquitetura @uniarp.ed u.br	(49) 3561- 6200
UNIASSELVI – Centro Universitário Leonardo da Vinci	Rodovia BR 470 – Indaial CEP: 89.130- 000	Cassandra Helena Faes	cassandra.f aes@kroto n.com.br	(47) 3281- 9000
UNIDAVI – Universidade do Alto Vale do Itajaí	Rua Dr. Guilherme Gemballa, 13 Jardim América - Rio do Sul CEP: 89160- 932	Maristela Macedo Poleza	maristela@ unidavi.edu .br	(47) 3531- 6000



UNIFEBE – Centro Universitário de Brusque	Rua Dorval Luz, 123 - Bairro Santa Terezinha – Brusque CEP: 88352- 400	Marcelius Oliveira de Aguiar	arquitetura @unifebe.e du.br	(47) 3211- 7218
UNISOCIESC – Universidade Sociedade Educativa de Santa Catarina	Rua Albano Schmidt, 3333 - Joinville – SC CEP: 89206- 001	Graziella Cristina Demantova	graziella.de mantova@ gmail.com	(47) 3461- 0280
UNIPLAC – Universidade do Planalto Catarinense	Av. Castelo Branco, 170 – Bairro Universitário CEP: 88509- 900	Aline BeatrisSkow ronski da Silva	arquitetura @uniplac ges.edu.br	(49) 3251- 1022
UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí	5ª Avenida, S/n – Bairro dos Municípios Balneário Camboriú CEP: 88337- 300	Carlos Alberto Barbosa de Souza	arquitetura @univali.br	(47) 3361- 1219
UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville	Rua Paulo Malschitzki, 10 - Zona Industrial Norte, Joinville CEP: 89219- 710	Vanessa Naomi YuassaColell a	arqurb@un iville.br	(47) 3461- 9225
UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina	Avenida Pedra Branca, 25 - Cidade Universitária Pedra Branca - Palhoça/SC CEP: 88137- 270	Mauricio Andriani	arquitetura .fp@unisul. br	(48) 3279- 1000

UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina	Avenida José Acácio Moreira, 787, Bairro Dehon, Caixa Postal 370 – Tubarão CEP: 88704- 900	Rodrigo Althoff Medeiros	arquitetura .tb@unisul. br	(48) 3279- 1000
UNOCHAPEC Ó – Universidade Comunitária da Região de Chapecó	Av. Senador Atílio Fontana, 591-E Efapi - Caixa Postal: 1141 Chapecó CEP: 89809- 000	Paula Batistello	paula@bati stello.com.b r / arq_urb@u nochapeco. edu.br	(49) 3321- 8000
UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina	Rua Oiapoc, 211 Bairro Agostini São Miguel do Oeste CEP: 89900- 000	Marco Aurelio Bissani	arquitetura .smo@unoe sc.edu.br	(49) 3621- 1300
UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina	Rua Paese, 198 - Bairro Universitário Videira CEP: 89560- 000	Jeferson Eduardo Suckow	jeferson.su ckow@uno esc.edu.br	(49) 3533- 4400
UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina	Rua Dirceu Giordani, 696 - Bairro Jardim Universitário Xanxerê CEP 89820- 000	Anderson Saccol Ferreira	anderson.fe rreira@uno esc.edu.br	(49) 3441- 7034

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE B - Relação das Fontes das Grades Curriculares das Faculdades de Arquitetura no Estado de Santa Catarina.**

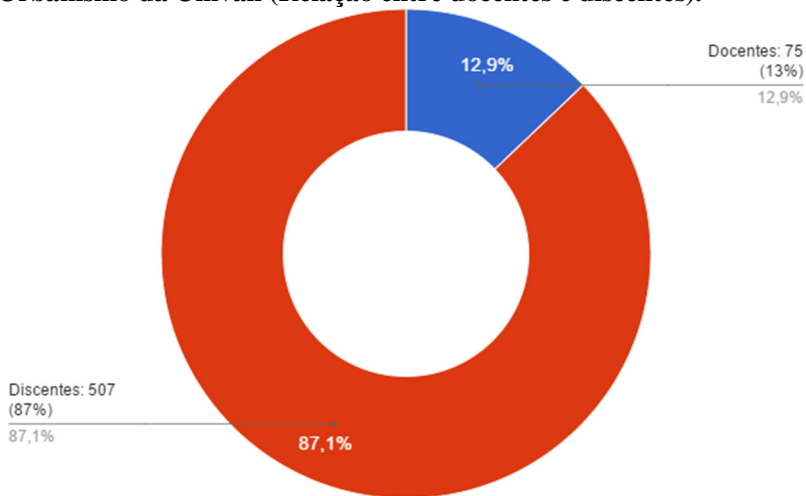
<b>Instituição</b>	<b>Matriz Curricular Acessada em:</b>
<b>ASSEVIM – Faculdade Grupo Uniasselvi</b>	Sem Fonte
<b>Centro Universitário Católica de SC</b>	<a href="http://www.catolicasc.org.br/joinville/wp-content/uploads/sites/2/2015/04/disciplinas-arquitetura-e-urbanismo.pdf">http://www.catolicasc.org.br/joinville/wp-content/uploads/sites/2/2015/04/disciplinas-arquitetura-e-urbanismo.pdf</a>
<b>Centro Universitário Estácio de Sá</b>	Sem Fonte
<b>FACC - Faculdade Concórdia</b>	<a href="http://www.facc.com.br/index.php/mp-download/send/9-jd-grades/24-gc-arquitetura-urbanismo">http://www.facc.com.br/index.php/mp-download/send/9-jd-grades/24-gc-arquitetura-urbanismo</a>
<b>Faculdade Avantis</b>	<a href="http://www.avantis.edu.br/index.php/matriz-curricular-ped">http://www.avantis.edu.br/index.php/matriz-curricular-ped</a>
<b>Faculdade Barddal</b>	<a href="http://www.uniesp.edu.br/florianopolis/downloads/gradeCurricularArquiteturaUrbanismo.pdf">http://www.uniesp.edu.br/florianopolis/downloads/gradeCurricularArquiteturaUrbanismo.pdf</a>
<b>FACVEST – Centro Universitário Facvest</b>	<a href="http://www.unifacvest.net/">http://www.unifacvest.net/</a>
<b>FAMEG – Faculdade Metropolitana de Garamirim</b>	Sem Fonte
<b>FURB – Universidade Regional de Blumenau</b>	<a href="http://www.furb.br/web/upl/graduacao/matriz/201308191031030.matriz_2009.2.030-0.pdf?20160320192802">http://www.furb.br/web/upl/graduacao/matriz/201308191031030.matriz_2009.2.030-0.pdf?20160320192802</a>
<b>SEI/FAI – Sociedade Educacional de Itapiranga</b>	<a href="http://www.faifaculdades.edu.br/arquitetura.php">http://www.faifaculdades.edu.br/arquitetura.php</a>
<b>UNC - Universidade do Contestado</b>	<a href="http://www.unc.br/ensino/grades_grad/GRADE-EM-VIGOR-ARQUITETURA_URBANISMO.pdf">http://www.unc.br/ensino/grades_grad/GRADE-EM-VIGOR-ARQUITETURA_URBANISMO.pdf</a>

<b>UCEFF – Faculdade Empresaria I de Chapecó</b>	<a href="http://www.uceff.com.br/arquitetura_urbanismo.php">http://www.uceff.com.br/arquitetura_urbanismo.php</a>
<b>UDESC – Universida de do Estado de Santa Catarina</b>	<a href="http://www.ceres.udesc.br/?id=108">http://www.ceres.udesc.br/?id=108</a>
<b>UFSC – Universida de Federal de Santa Catarina</b>	<a href="http://www.arq.ufsc.br/downloads/curriculo_19961.pdf">http://www.arq.ufsc.br/downloads/curriculo_19961.pdf</a>
<b>UNESC - Universida de do Extremo Sul Catarinens e</b>	<a href="http://www.unesc.net/portal/capa/index/64/3020/">http://www.unesc.net/portal/capa/index/64/3020/</a>
<b>UNIARP – Universida de do Alto Vale do Rio do Peixe</b>	<a href="http://www.uniarp.edu.br/home/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/MATRIZ_CURRICULAR_ARQUITETURA_7.pdf">http://www.uniarp.edu.br/home/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/MATRIZ_CURRICULAR_ARQUITETURA_7.pdf</a>
<b>UNIASSELV I – Centro Universitár io Leonardo da Vinci</b>	Sem Fonte
<b>UNIDAVI – Universida de do Alto Vale do Itajaí</b>	<a href="https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/siteunidavi/2014/01/Curr%C3%ADculo-DISCIPLINAS.pdf">https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/siteunidavi/2014/01/Curr%C3%ADculo-DISCIPLINAS.pdf</a>
<b>UNIFEBE – Centro Universitár io de Brusque</b>	<a href="https://www.unifebe.edu.br/site/docs/arquivos/curso-arquitetura-urbanismo/matriz_arquitetura_urbanismo_20121_06_11_2013.pdf">https://www.unifebe.edu.br/site/docs/arquivos/curso-arquitetura-urbanismo/matriz_arquitetura_urbanismo_20121_06_11_2013.pdf</a>

<b>UNISOCIES C - Universidade de Sociedade Educativa de Santa Catarina</b>	<a href="http://www.sociesc.org.br/pt/cursos-graduacao/conteudo.php?tipo=curso&amp;id=697&amp;mnu=1081&amp;rs=88&amp;top=0">http://www.sociesc.org.br/pt/cursos-graduacao/conteudo.php?tipo=curso&amp;id=697&amp;mnu=1081&amp;rs=88&amp;top=0</a>
<b>UNIPLAC - Universidade do Planalto Catarinense</b>	<a href="https://www.uniplaclages.edu.br/graduacao/grade_disciplinas/3-arquitetura-e-urbanismo/6-arquitetura-e-urbanismo">https://www.uniplaclages.edu.br/graduacao/grade_disciplinas/3-arquitetura-e-urbanismo/6-arquitetura-e-urbanismo</a>
<b>UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí</b>	<a href="http://www.univali.br/ensino/graduacao/ceciesactl/cursos/arquitetura-e-urbanismo/arquitetura-e-urbanismo-balneario-camboriu/matriz-curricular/Paginas/default.aspx">http://www.univali.br/ensino/graduacao/ceciesactl/cursos/arquitetura-e-urbanismo/arquitetura-e-urbanismo-balneario-camboriu/matriz-curricular/Paginas/default.aspx</a>
<b>UNIVILLE - Universidade da Região de Joinville</b>	<a href="http://univille.edu.br/community/novoportal/VirtualDisk.html?action=readFile&amp;file=Matriz_Arquitetura_e_Urbanismo.pdf&amp;current=/Departamentos/0matrizes_2016/00matrizes_alteradas">http://univille.edu.br/community/novoportal/VirtualDisk.html?action=readFile&amp;file=Matriz_Arquitetura_e_Urbanismo.pdf&amp;current=/Departamentos/0matrizes_2016/00matrizes_alteradas</a>
<b>UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina</b>	<a href="http://www.unisul.br/wps/portal/home/ensino/graduacao/arquitetura-e-urbanismo/#sa-page-curriculo?unidade=28">http://www.unisul.br/wps/portal/home/ensino/graduacao/arquitetura-e-urbanismo/#sa-page-curriculo?unidade=28</a>
<b>UNOCHAPECÓ - Universidade Comunitária da Região de Chapecó</b>	<a href="https://www.unochapeco.edu.br/arquitetura/o-curso/matriz/1003#disciplinas">https://www.unochapeco.edu.br/arquitetura/o-curso/matriz/1003#disciplinas</a> <a href="https://www.unochapeco.edu.br/arquitetura/o-curso/matriz/333#disciplinas">https://www.unochapeco.edu.br/arquitetura/o-curso/matriz/333#disciplinas</a>
<b>UNOESC - Universidade do Oeste de Santa Catarina</b>	<a href="http://www.unoesc.edu.br/cursos/graduacao/arquitetura-e-urbanismo/disciplinas/4/600/3">http://www.unoesc.edu.br/cursos/graduacao/arquitetura-e-urbanismo/disciplinas/4/600/3</a>

Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE C - População pesquisada do curso de Arquitetura e Urbanismo da Univali (Relação entre docentes e discentes).



Fonte: Elaboração própria.

# APÊNDICE D - 'Questionário 1' sobre o entendimento dos acadêmicos sobre os termos Parametric Design, Algorithmic Modeling e Complex Geometry.

## PARAMETRIC DESIGN e ALGORITHMIC MODELING

A prática do design digital contemporâneo está em um estado rápido de evolução. Enquanto arquitetos têm elaborado projetos com empresas de sistemas informatizados (CAE) por séculos, desde os séculos, os recentemente dois distintos e potentes processos de concepção – Parametric Design e Algorithmic Modeling – emergiram, tendo recentemente sido considerados de arquitetura e programadores que operam na prática, estas metodologias estão ganhando aceitação profissional e acadêmica generalizada. No entanto, continua a haver considerável confusão sobre o significado dos dois termos, e sobre o significado de "Parametric Design" em particular (LEACH, 2014).

Caro Entrevistado,

Esta pesquisa consiste em conhecer o entendimento de estudantes regularmente matriculados no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí e professores que fazem parte do quadro, em relação às temáticas Parametric Design e Algorithmic Modeling.

Obrigado por participar da pesquisa.  
Cristiano Vidali, Pesquisador Responsável,  
Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, UFSC.

\*Obrigatório



### 1. IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

Caro entrevistado por favor preencha com seu nome completo.

### 2. CONTATO \*

Caro entrevistado por favor preencha com seu e-mail.

### 3. INFORMAÇÕES SOBRE O ENTREVISTADO \*

Você é professor (Docente) ou aluno (Discente)?

Marcar apenas uma opção:

Professor

Aluno

### 4. FORMAÇÃO ACADÊMICA \*

Sua formação em nível de graduação é de?

Marcar apenas uma opção:

Alameda de Arquitetura e Urbanismo

Arquitetura e Urbanista

Designer (Desenhista Industrial, Gráfico, Interiores ou moda)

Engenharia (Civil, Mecânica, Elétrica ou Florestal)

Outro:

### 5. PERÍODO LETIVO DENTRO DO CURSO (Se for Professor marque a primeira opção) \*

Qual período está cursando? (Se for aluno marque a opção em que está cursando o maior número de disciplinas).

Marcar apenas uma opção:

Sou Professor

1º Período

2º Período

3º Período

4º Período

5º Período

6º Período

7º Período

8º Período

9º Período

10º Período

### 6. EM RELAÇÃO AO TERMO "PARAMETRIC DESIGN" (Modelagem 3D Paramétrica) \*

Qual é a afinidade do entrevistado com o tema?

Marcar apenas uma opção:

Conheço bem e uso essa técnica de modelagem em projetos

Conheço, mas não uso essa técnica de modelagem em projetos

Desconheço, mas já ouvi algo a respeito

Desconheço, não tenho ideia sobre o que seja essa técnica

### 7. EM RELAÇÃO AO TERMO "ALGORITHMIC MODELING" (Modelagem 3D por meio de programação de algoritmos) \*

Qual é a afinidade do entrevistado com o tema?

Marcar apenas uma opção:

Conheço bem e uso essa técnica de modelagem em projetos

Conheço, mas não uso essa técnica de modelagem em projetos

Desconheço, mas já ouvi algo a respeito

Desconheço, não tenho ideia sobre o que seja essa técnica

### 8. EM RELAÇÃO AO TERMO "COMPLEX GEOMETRY" (Modelagem 3D de Geometrias Complexas) \*

Qual é a afinidade do entrevistado com o tema?

Marcar apenas uma opção:

Conheço bem e uso essa técnica de modelagem em projetos

Conheço, mas não uso essa técnica de modelagem em projetos

Desconheço, mas já ouvi algo a respeito

Desconheço, não tenho ideia sobre o que seja essa técnica

### 9. SOFTWARE PARA MODELAGEM DIGITAL 3D \*

Conhece o software Rhinoceros?

Marcar apenas uma opção:

Sim

Não

### 10. SOFTWARE PARA ALGORITHMIC MODELING ou PARAMETRIC DESIGN \*

Conhece o Plugin Grasshopper?

Marcar apenas uma opção:

Sim

Não

### 11. \*

Conhece outro? Se sim, qual?

Marcar apenas uma opção:

Não

Outro: \_\_\_\_\_

### 12. EM RELAÇÃO A ARQUITETOS QUE FAZEM USO DAS TÉCNICAS MENCIONADAS NA PESQUISA \*

Conhece quais arquitetos (pode escolher mais de uma opção)? Se conhece outro(s), Qual(is)?

Marque todos que se aplicarem.

Zaha Hadid (Irãque)

Norman Foster (Inglaterra)

Sir Peter Cook (Inglaterra)

Jürgen Mayer-Hermann (Alemanha)

Não conheço nenhum dos mencionados

Outro: \_\_\_\_\_

### 13. EM RELAÇÃO A OBRAS OU EDIFÍCIOS QUE FIZERAM USO DAS TÉCNICAS MENCIONADAS NA PESQUISA \*

Conhece quais obras ou edifícios (pode escolher mais de uma opção)? Se conhece outro(s), Qual(is)?

Marque todos que se aplicarem.

Heydar Aliyev Center (Baku – Azerbaijão)

City Hall (Londres – Inglaterra)

Kunsthau (Staz – Áustria)

Metropol Parasol (Sevilha – Espanha)

Não conheço nenhuma das mencionadas

Outro: \_\_\_\_\_

### 14. INTERESSE SOBRE O TEMA DA PESQUISA \*

Você tem interesse em participar de um mini-curso (workshop) que abordará técnicas e conceitos sobre Parametric Design e Algorithmic Modeling?

Marcar apenas uma opção:

Sim, tenho interesse

Não tenho interesse

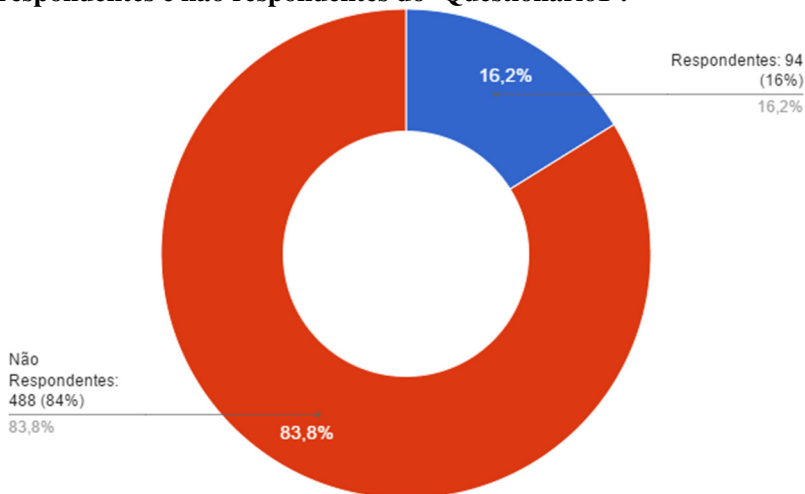
## REFERÊNCIAS

LEACH, N. Parametrics Explained. Next Generation Building. Baltzer Science Publishers; TU Delft, Delft, p. 33-41, JAN, 2014.

Powered by  
Google Forms

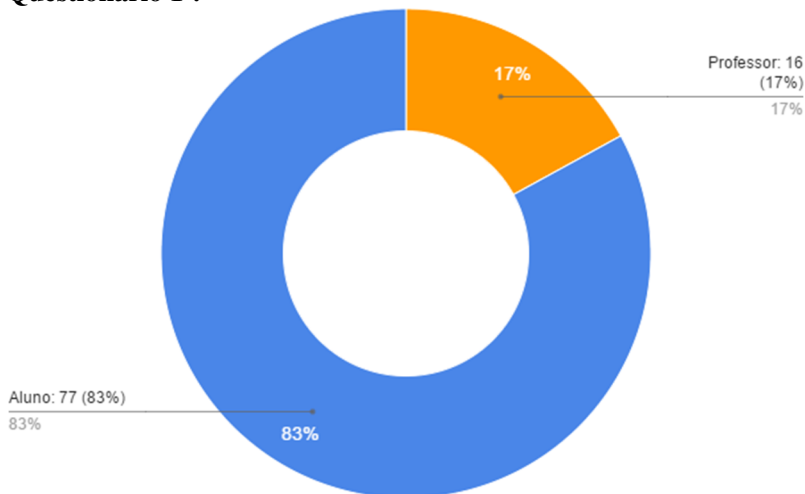
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE E - Relação do total da população pesquisada entre os respondentes e não respondentes do 'Questionário 1'.**



Fonte: Elaboração própria.

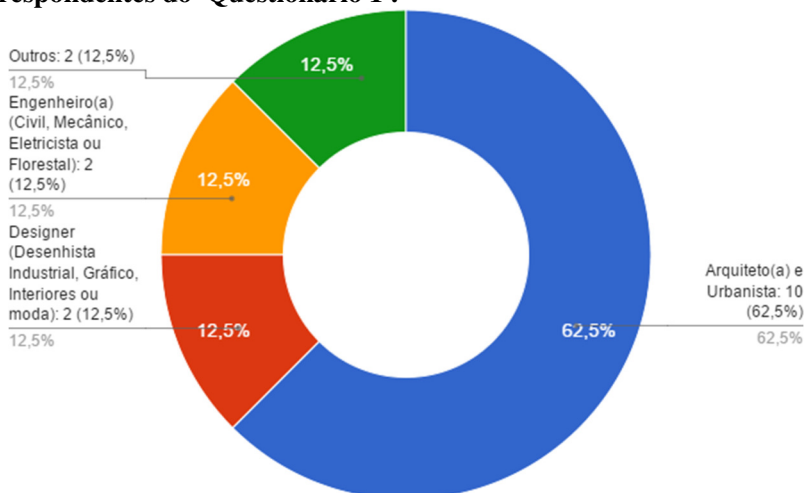
**APÊNDICE F - Relação entre docentes e discentes respondentes do 'Questionário 1'.**



Fonte: Elaboração própria.

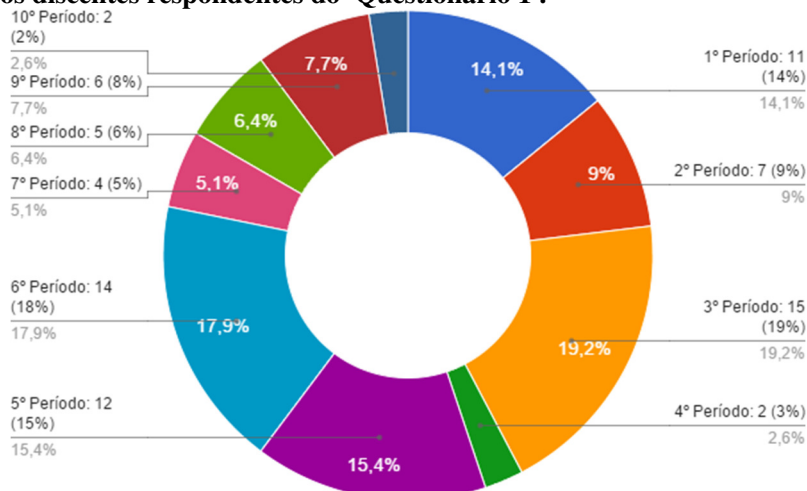


### APÊNDICE G - Relação da formação acadêmica dos docentes respondentes do 'Questionário 1'.



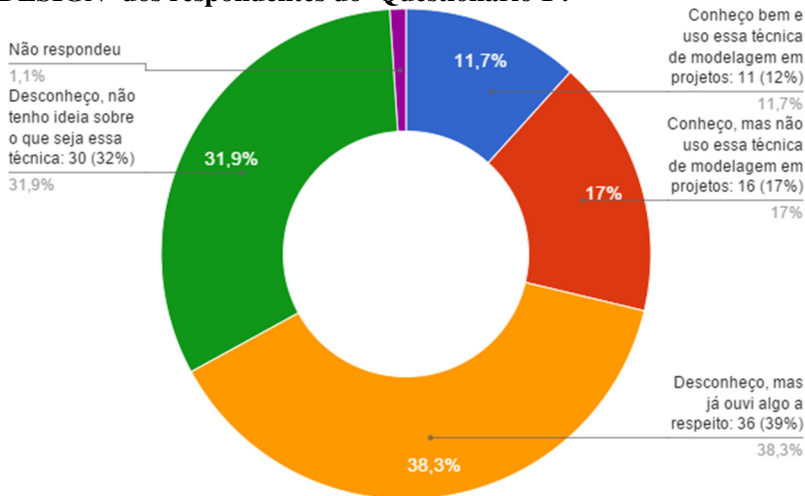
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE H - Relação dos períodos letivos em que se encontram os discentes respondentes do 'Questionário 1'.



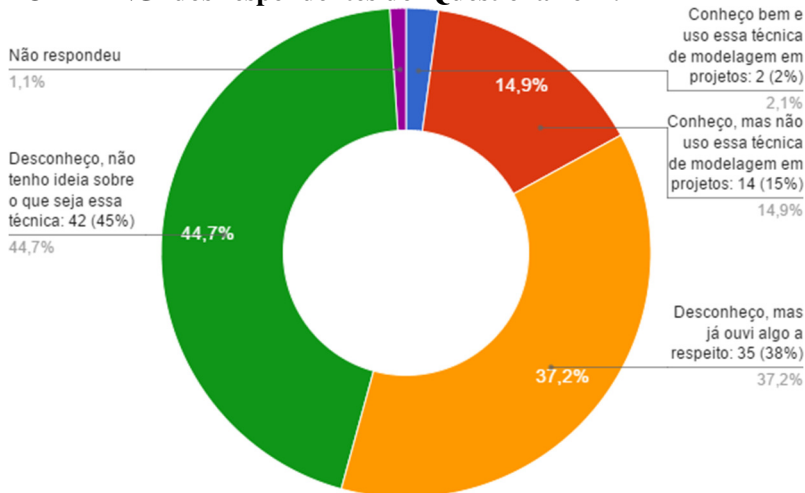
Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE I - Entendimento sobre o termo 'PARAMETRIC DESIGN' dos respondentes do 'Questionário 1'.



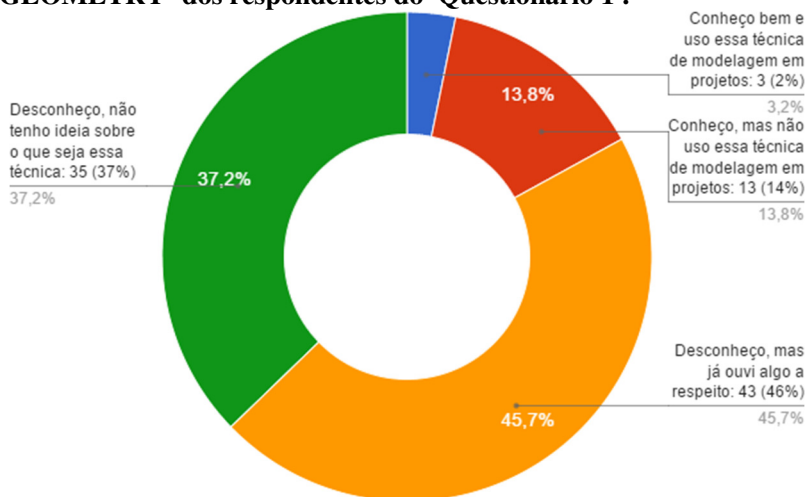
Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE J - Entendimento sobre o termo 'ALGORITHMIC MODELING' dos respondentes do 'Questionário 1'.



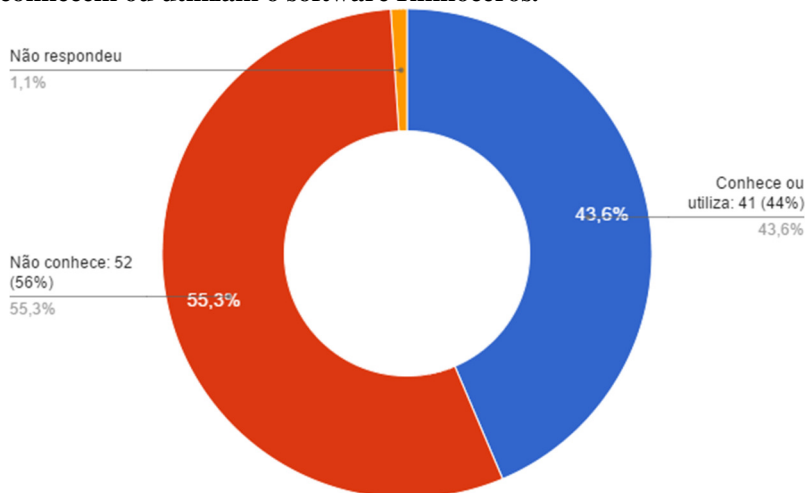
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE K - Entendimento sobre o termo 'COMPLEX GEOMETRY' dos respondentes do 'Questionário 1'.



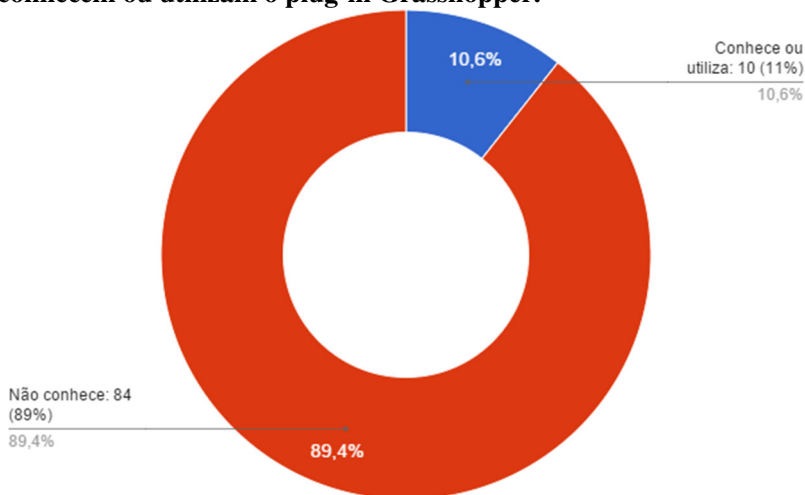
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE L - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que conhecem ou utilizam o software Rhinoceros.



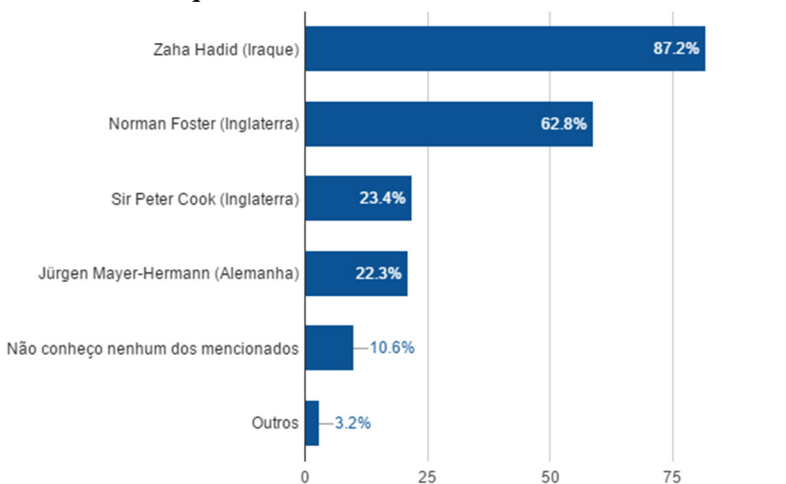
Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE M - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que conhecem ou utilizam o plug-in Grasshopper.



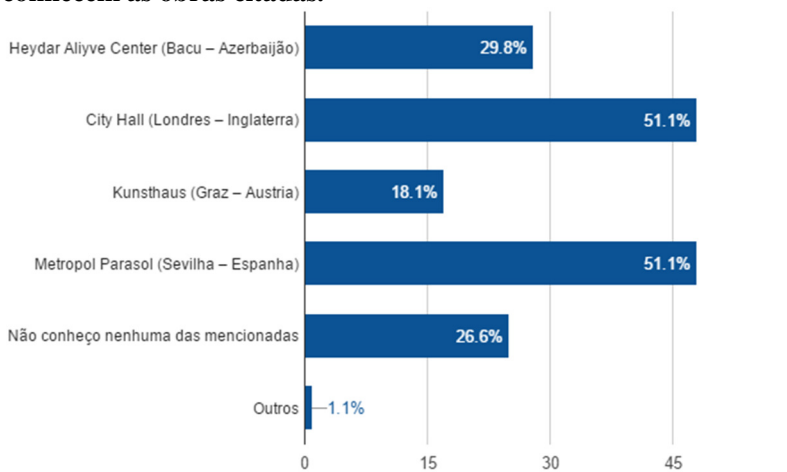
Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE N - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' que conhecem os arquitetos citados.



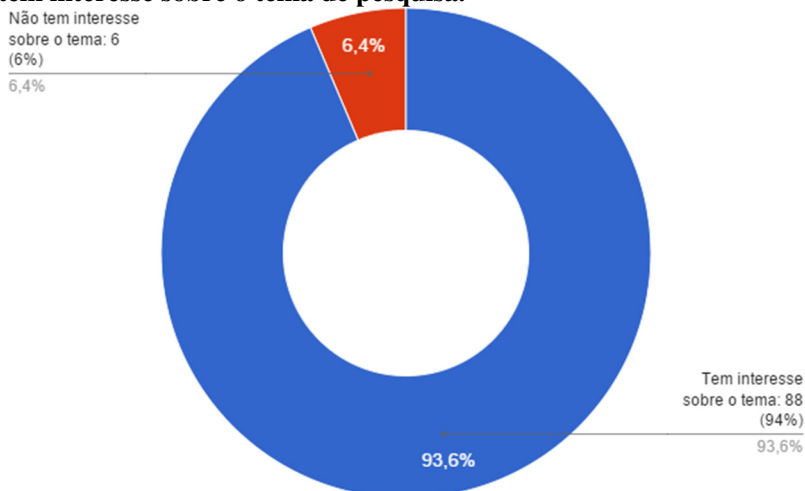
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE O - Relação dos respondentes do ‘Questionário 1’ que conhecem as obras citadas.



Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE P - Relação dos respondentes do ‘Questionário 1’ que tem interesse sobre o tema de pesquisa.



Fonte: Elaboração própria.

# APÊNDICE Q - Convite para a palestra referente ao ‘Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling’.

**PALESTRA:**  
**PARAMETRIC DESIGN e ALGORITHMIC MODELING**  
 Local: Auditório do Bloco 4 (Balneário Camboriú)  
 Data: 01/07/2015  
 Horário: 9:00 (manhã)



**Palestrantes: Prof. Giovanni Voltolini (Univali) e Prof. Dr. Regiane Trevisan Pupo (UFSC)**  
 Centro Heydar Aliyev / Zaha Hadid Architects (Baku, Azerbaijan, 2013). Fonte: ArchDaily.



Fonte: Elaboração própria.

# APÊNDICE R - ‘Questionário 2’ referente ao cadastro dos participantes no ‘Workshop’.

## CADASTRO (Workshop PARAMETRIC DESIGN e ALGORITHMIC MODELING)

Caro Participante:

As informações coletadas neste cadastro servem para organizar da melhor maneira os conteúdos, turnos, salas e horários, e também para gerar as declarações de sua participação (horas extracurriculares).

(Nota: só preencha se você for realmente participar do workshop, qualquer dúvida favor entrar em contato pelo e-mail [giovanniv@univali.br](mailto:giovanniv@univali.br).)

Segue as informações sobre o primeiro encontro:  
 Local: BLOCO 66 SALA 409 (Campus Balneário Camboriú).  
 Data: 13/07/2015 (segunda-feira).  
 Horário: 9:00 (manhã).

Giovanni Voltolini, Pesquisador Responsável,  
 Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, UFSC.

\*Obrigatório

### 1. IDENTIFICAÇÃO \*

Nome (completo): \_\_\_\_\_

### 2. Período Letivo \*

(colocar o que está cursando o maior número de disciplinas)  
 Marcar apenas uma oval:

- 1º Período  
 2º Período  
 3º Período  
 4º Período  
 5º Período  
 6º Período  
 7º Período  
 8º Período  
 9º Período  
 10º Período  
 Outro: \_\_\_\_\_

### 3. CONHECIMENTOS SOBRE OS SOFTWARES QUE SERÃO UTILIZADOS NO WORKSHOP \*

GRASSHOPPER 3D - como você considera seus conhecimentos em uma escala de 1 a 3?  
 Marcar apenas uma oval:

1 2 3  
 INICIANTE    AVANÇADO

4. \*

GRASSHOPPER - como você considera seus conhecimentos em uma escala de 1 a 3?  
 Marcar apenas uma oval:

1 2 3  
 INICIANTE    AVANÇADO

### 5. CONHECIMENTOS SOBRE OUTROS SOFTWARES \*

Quais outros softwares você pretende continuar a trabalhar?  
 Marque todos que se aplicam:

- AutoCAD (Autodesk)  
 Revit (Autodesk)  
 ArchiCAD (Graphisoft)  
 Inventor (Autodesk)  
 SolidWorks (Dassault Systemes)  
 Catia (Dassault Systemes)  
 Pro/Engineer (PTC)  
 3D Studio Max (Autodesk)  
 Maya (Autodesk)  
 Cinema 4D (Maxon)  
 Modo (Foundry)  
 Outro: \_\_\_\_\_

### 6. CONTATO \*

Para facilitar nossa comunicação, favor preencha com seu e-mail (obrigatório): \_\_\_\_\_

### 7. LAPTOP (Notebook) \*

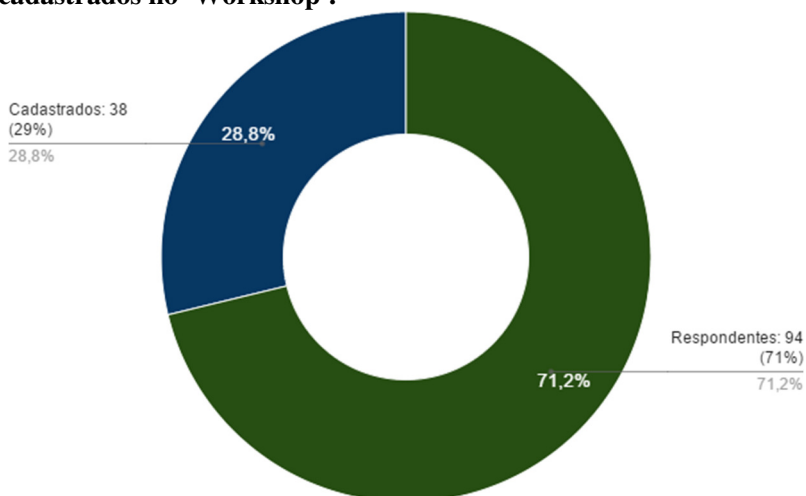
O participante possui computador tipo Laptop (notebook)? Se sim, poderá ser utilizado no workshop?  
 Marcar apenas uma oval:

- Sim, posso levar meu computador (laptop) para o workshop.  
 Não, preciso utilizar computador disponibilizado no workshop.

Powered by  

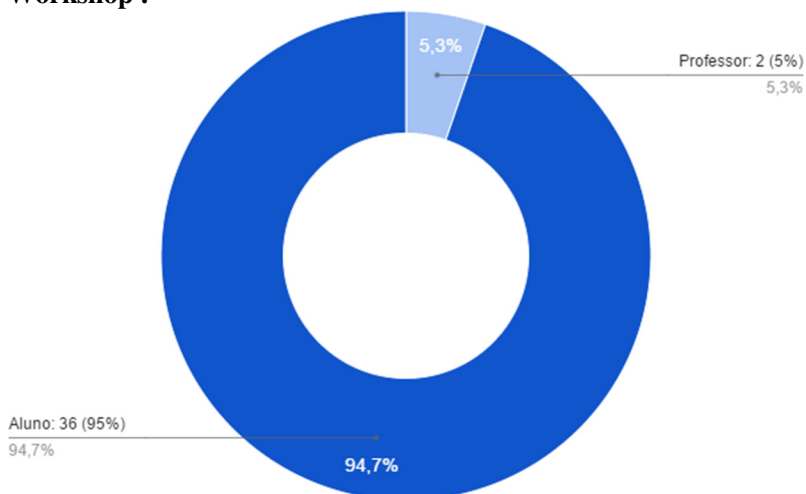

Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE S - Relação dos respondentes do 'Questionário 1' cadastrados no 'Workshop'.



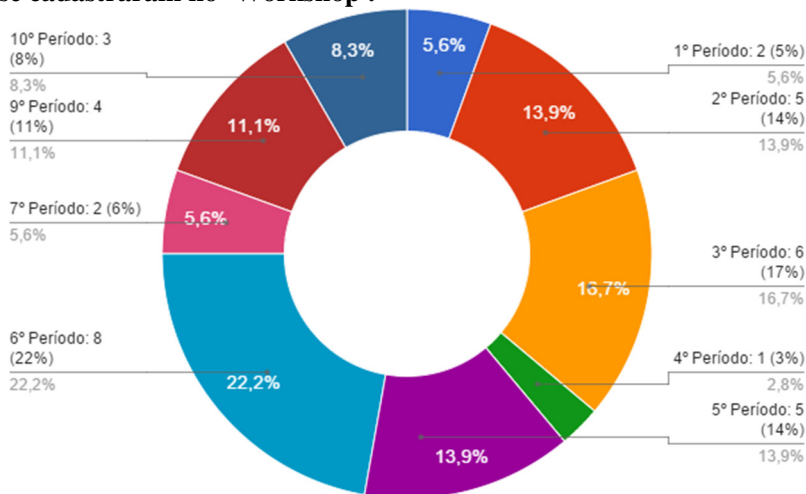
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE T - Relação entre docentes e discentes cadastrados no 'Workshop'.



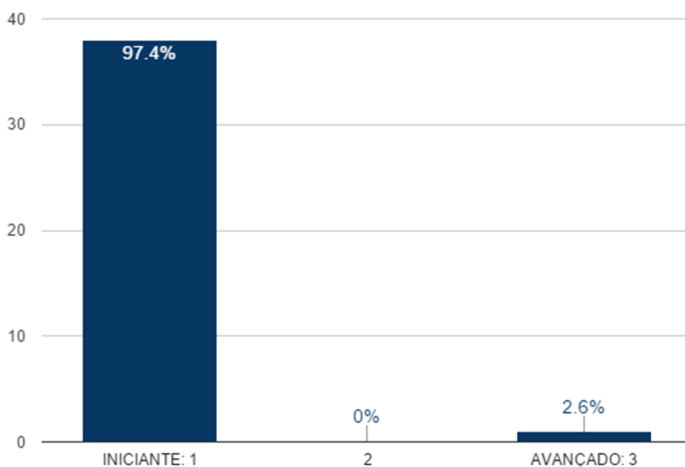
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE U - Relação entre os períodos letivos dos discentes que se cadastraram no ‘Workshop’.**



Fonte: Elaboração própria.

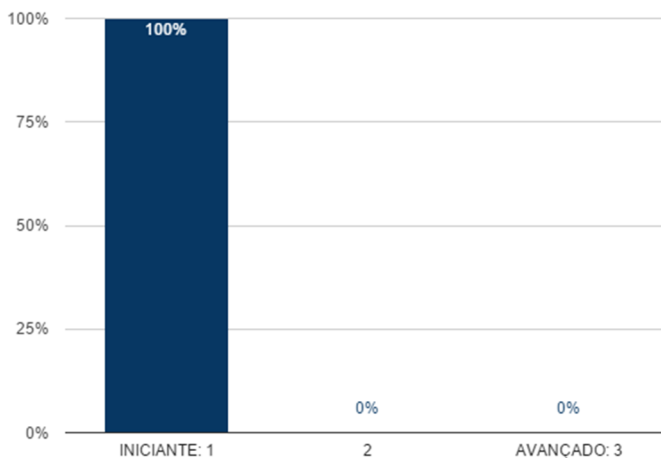
**APÊNDICE V - Nível de conhecimento que os cadastrados consideraram possuir em relação ao software Rhinoceros.**



Fonte: Elaboração própria.

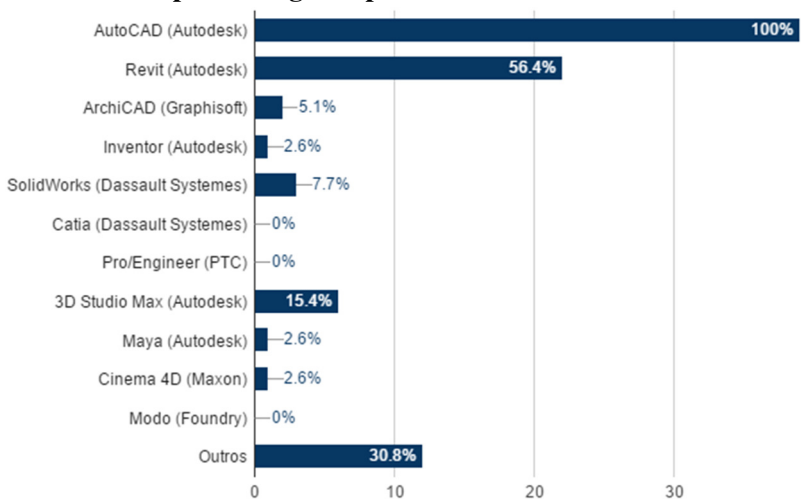


### APÊNDICE W - Nível de conhecimento que os cadastrados consideraram possuir em relação ao plug-in Grasshopper.



Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE X - Relação dos softwares que os cadastrados consideraram possuir algum tipo de conhecimento.



Fonte: Elaboração própria.

# APÊNDICE Y - 'Questionário 3' sobre o pós 'Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling' (1ª Parte).

## WORKSHOP - PARAMETRIC DESIGN E ALGORITHMIC MODELING

Caro Participante;

Obrigado por ter participado do Workshop PARAMETRIC DESIGN E ALGORITHMIC MODELING, que ocorreu entre os dias 13 e 17 de junho de 2015.

Esta etapa se refere aos dados pós workshop, e está relacionada ao:

- (a) entendimento sobre o tema da pesquisa, seus respectivos temas, ferramentas e processos de concepção;
  - (b) aproveitamento em relação as atividades propostas no workshop;
  - (c) nível de satisfação;
  - (d) interesses futuros relacionados ao tema da pesquisa em questão.
- Nota: para isso é preciso que o Participante responda suas opiniões de maneira sincera, sem recuos e de maneira imparcial (exemplo: mesmo que tenha uma opinião negativa sobre qualquer questionamento, por favor a expor, pois ela será de suma importância).

Atenciosamente

Giovani Volante, Pesquisador Responsável,  
Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, UFSC.

\*Obrigatório

### 1. IDENTIFICAÇÃO \*

Por favor, preencha com seu Nome (Completo),

### (a)

A primeira parte deste questionário se refere ao tema, seus respectivos temas, ferramentas (softwares) e processos de concepção expostos durante o workshop.

### 2. QUANTO AO TEMA \*

O seu entendimento, pós workshop, sobre o tema PARAMETRIC DESIGN E ALGORITHMIC MODELING:

Marcar apenas uma oval:

- Não alterou-se, continua da mesma maneira como antes do workshop.
- Alterou-se, pois possui um entendimento diferente sobre o tema em relação a maneira como foi apresentado no workshop.
- Não conseguiu compreender o tema.
- Outro: \_\_\_\_\_

### 3. QUANTO AOS TERMOS \*

O seu entendimento, pós workshop, sobre termos relacionados ao tema, como: modelagem geométrica, modelagem paramétrica ou parametrização, modelagem por meio de programação de algoritmos e modelagem de formas complexas:

Marcar apenas uma oval:

- Não se alterou, continua da mesma maneira como antes do workshop.
- Alterou-se, pois agora consigo discernir e organizar os termos relacionados ao tema e suas definições.
- Não conseguiu compreender as definições dos termos relacionados.
- Outro: \_\_\_\_\_

### 4. QUANTO AOS TERMOS QUE NÃO FORAM COMPREENDIDOS

Caso o Participante não tenha compreendido de maneira satisfatória algum termo mencionado no workshop, por favor indique abaixo:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## algoritmo

substantivo masculino

2. inf.

conjunto das regras e procedimentos lógicos perfeitamente definidos que levam à solução de um problema em um número finito de etapas.

## discernir

verbo

1. transitivo direto e transitivo

perceber claramente (algo, diferenças etc.); distinguir, diferenciar, discriminar.

"é a ação correta"

2. transitivo direto

compreender conceito, situação etc.; perceber, entender.

"é as consequências de uma ação"

### 5. QUANTO A FERRAMENTA (Software) \*

O seu conhecimento, pós workshop, sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos com o uso da ferramenta RIBNODES + PLUGIN GRASSHOPPER:

Marcar apenas uma oval:

- Não alterou-se, continua da mesma maneira como antes do workshop.
- Alterou-se pouco, pois já possuía uma noção sobre a ferramenta e sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos.
- Alterou-se muito, pois possuía um entendimento bem diferente, sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos, do que foram apresentados no workshop.
- Outro: \_\_\_\_\_

### 6. PROCESSO (Concepção Formal) \*

O seu modo de concepção de forma em relação ao "processo tradicional":

Marcar apenas uma oval:

- Continua da mesma forma como antes do workshop.
- Alterou-se.
- Alterou-se significativamente.
- Outro: \_\_\_\_\_

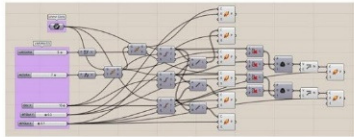
### "Processo tradicional"

processo de desenho baseado na Geometria Plana e Geometria Descritiva, geralmente executados nesta ordem: geração de planta, projeção de elevações e elaboração de perspectivas.

### (b)

A segunda etapa deste questionário se refere ao aproveitamento em relação as atividades propostas no workshop

### EXERCÍCIO 1- TRELIÇA CURVILÍNEA PARAMETRIZADA



### 7. EXERCÍCIO 1- GRAU DE DIFICULDADE \*

O Participante considerou o exercício

Marcar apenas uma oval:

- De baixa complexidade.
- De média complexidade.
- De alta complexidade.
- Outro: \_\_\_\_\_

### 8. EXERCÍCIO 1- QUANTO AO APROVEITAMENTO DO EXERCÍCIO \*

Quando usou a ferramenta RIBNODES + GRASSHOPPER, o participante:

Marcar apenas uma oval:

- Não conseguiu executar a atividade.
- Conseguiu executar parcialmente a atividade.
- Conseguiu executar integralmente.
- Conseguiu executar integralmente a atividade, mas com ressalvas.
- Outro: \_\_\_\_\_

### 9. Se houve ressalvas (aspectos difíceis relevantes) na execução do exercício, o Participante poderia listá-las:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 10. EXERCÍCIO 1- CASO O EXERCÍCIO FOSSE REALIZADO SOMENTE COM A FERRAMENTA AUTOCAD \*

O Participante:

Marcar apenas uma oval:

- Conseguiria facilmente executar;
- Executaria de forma mais lenta;
- Executaria, porém seria demasiadamente complexo
- Não conseguiria executar
- Outro: \_\_\_\_\_



Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE Z - 'Questionário 3' sobre o pós 'Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling' (2ª Parte).

# A

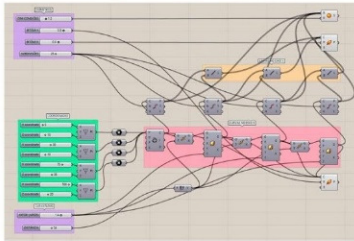
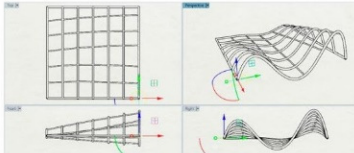
### 11. EXERCÍCIO 1 - CASO O EXERCÍCIO FOSSE REALIZADO SOMENTE COM A FERRAMENTA RHNOCEROS \*

O Participante:

Marcar apenas uma oval:

- Conseguiria facilmente executar;  
 Executaria de forma mais lenta;  
 Executaria, porém seria demasiadamente complexo  
 Não conseguiria executar  
 Outro: \_\_\_\_\_

### EXERCÍCIO 2 - SUPERFÍCIE CURVILÍNEA PARAMETRIZADA



### 12. EXERCÍCIO 2 - GRAU DE DIFICULDADE \*

O Participante considerou o exercício

Marcar apenas uma oval:

- De baixa complexidade.  
 De média complexidade.  
 De alta complexidade.

### 13. EXERCÍCIO 2 - QUANTO AO APROVEITAMENTO DO EXERCÍCIO \*

Quando usado a ferramenta RHNOCEROS + GRASHOPPER, o participante:

Marcar apenas uma oval:

- Não conseguiu executar a atividade.  
 Conseguiu executar parcialmente a atividade.  
 Conseguiu executar integralmente a atividade.  
 Conseguiu executar integralmente a atividade, mas com ressalvas.

### 14. Se houve ressalvas (aspectos difíceis relevantes) na execução do exercício, o Participante poderia listá-las:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### 15. EXERCÍCIO 2 - CASO O EXERCÍCIO FOSSE REALIZADO SOMENTE COM A FERRAMENTA AUTOCAD \*

O Participante:

Marcar apenas uma oval:

- Conseguiria facilmente executar;  
 Executaria de forma mais lenta;  
 Executaria, porém seria demasiadamente complexo  
 Não conseguiria executar  
 Outro: \_\_\_\_\_

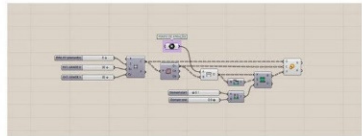
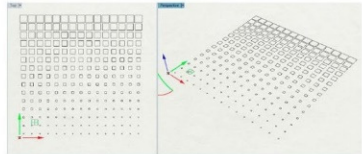
### 16. EXERCÍCIO 2 - CASO O EXERCÍCIO FOSSE REALIZADO SOMENTE COM A FERRAMENTA RHNOCEROS \*

O Participante:

Marcar apenas uma oval:

- Conseguiria facilmente executar;  
 Executaria de forma mais lenta;  
 Executaria, porém seria demasiadamente complexo  
 Não conseguiria executar  
 Outro: \_\_\_\_\_

### EXERCÍCIO 3 - PAINEL PARAMETRIZADO (PONTO DE ATRAÇÃO)



### 17. EXERCÍCIO 3 - GRAU DE DIFICULDADE \*

O Participante considerou o exercício

Marcar apenas uma oval:

- De baixa complexidade.  
 De média complexidade.  
 De alta complexidade.

### 18. EXERCÍCIO 3 - QUANTO AO APROVEITAMENTO DO EXERCÍCIO \*

Quando usado a ferramenta RHNOCEROS + GRASHOPPER, o participante:

Marcar apenas uma oval:

- Não conseguiu executar a atividade.  
 Conseguiu executar parcialmente a atividade.  
 Conseguiu executar integralmente a atividade.  
 Conseguiu executar integralmente a atividade, mas com ressalvas.

### 19. Se houve ressalvas (aspectos difíceis relevantes) na execução do exercício, o Participante poderia listá-las:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### 20. EXERCÍCIO 3 - CASO O EXERCÍCIO FOSSE REALIZADO SOMENTE COM A FERRAMENTA AUTOCAD \*

O Participante:

Marcar apenas uma oval:

- Conseguiria facilmente executar;  
 Executaria de forma mais lenta;  
 Executaria, porém seria demasiadamente complexo  
 Não conseguiria executar  
 Outro: \_\_\_\_\_

### 21. EXERCÍCIO 3 - CASO O EXERCÍCIO FOSSE REALIZADO SOMENTE COM A FERRAMENTA RHNOCEROS \*

O Participante:

Marcar apenas uma oval:

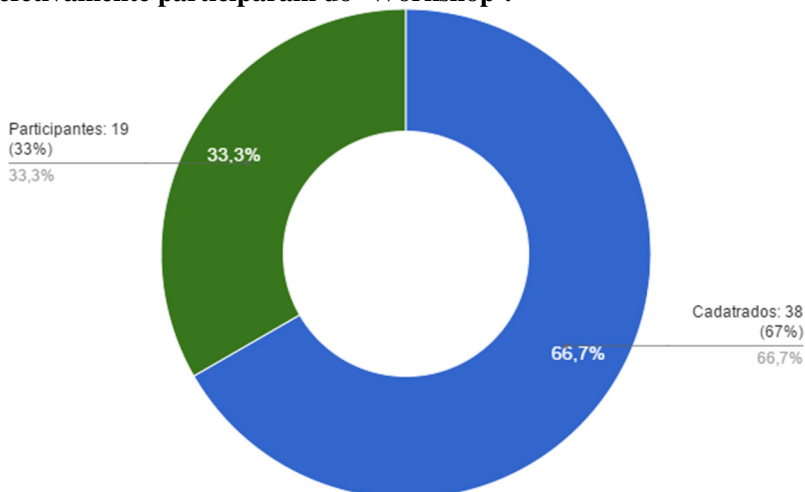
- Conseguiria facilmente executar;  
 Executaria de forma mais lenta;  
 Executaria, porém seria demasiadamente complexo  
 Não conseguiria executar  
 Outro: \_\_\_\_\_

# B

Fonte: Elaboração própria.



### APÊNDICE BB - Relação dos participantes cadastrados e do que efetivamente participaram do 'Workshop'.



Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE CC - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre o tema ParametricDesign e AlgorithmicModeling após o 'Workshop'.

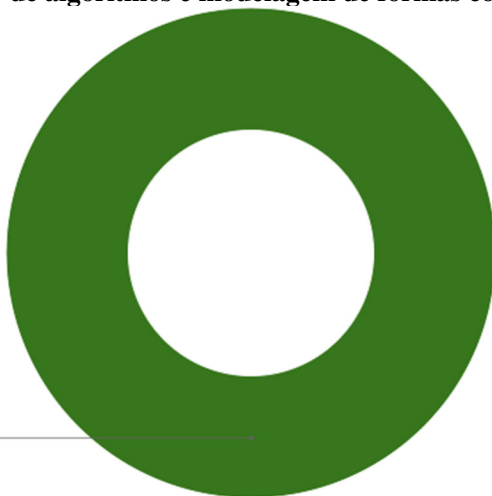


Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE DD - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre os termos: modelagem geométrica, modelagem paramétrica ou parametrização, modelagem por meio de programação de algoritmos e modelagem de formas complexas.**

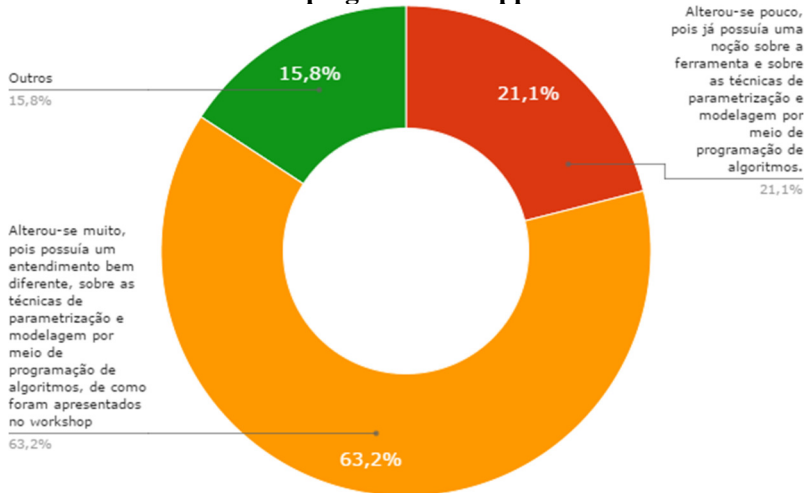
Alterou-se, pois possuía um entendimento diferente sobre o tema em relação a maneira de como foi apresentado no workshop: 19 (100%)

100%



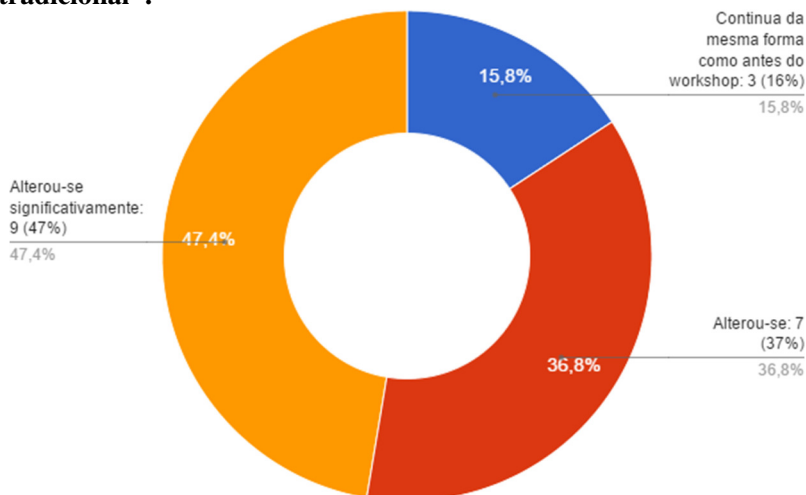
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE EE - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre as ferramentas e as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos com o uso do software Rhinoceros mais plug-in Grasshopper.**



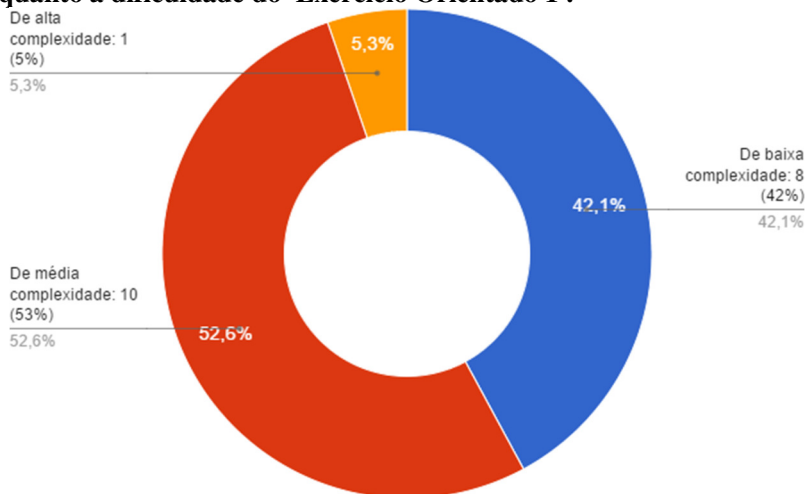
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE FF - Relação dos participantes que mudaram seu conceito sobre o Processo de elaboração de forma (Concepção Formal): Modo de concepção de forma em relação ao "processo tradicional".**



Fonte: Elaboração própria.

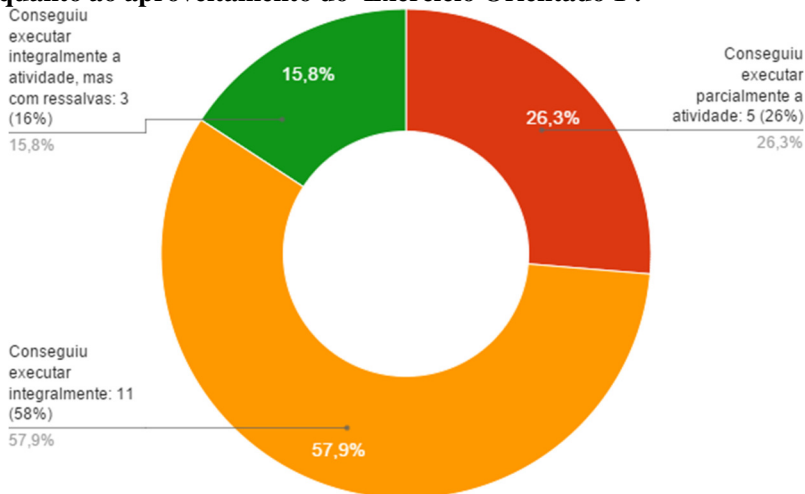
**APÊNDICE GG - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto a dificuldade do 'Exercício Orientado 1'.**



Fonte: Elaboração própria.



## APÊNDICE HH - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto ao aproveitamento do 'Exercício Orientado 1'.



Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE II - Comentários dos participantes do 'Workshop' referente ao 'Exercício Orientado 1'.

### COMENTÁRIOS PÓS 'EXERCÍCIO ORIENTADO 1'.

Achei tranquilo o feito, porém se fosse para aprender sozinho ou tentar refazê-la sem nenhum auxílio seria complicado, pois o software em si tem uma expansão enorme em comandos e modos de fazer uma só estrutura, gerando complexidade para os leigos como eu.

Por ser o primeiro exercício o entendimento ainda era básico, foi possível realizar o exercício, entretanto não era possível absorver de maneira completa a razão pela qual usávamos cada um dos (parâmetros) e suas ligações, senti mais como uma cópia.

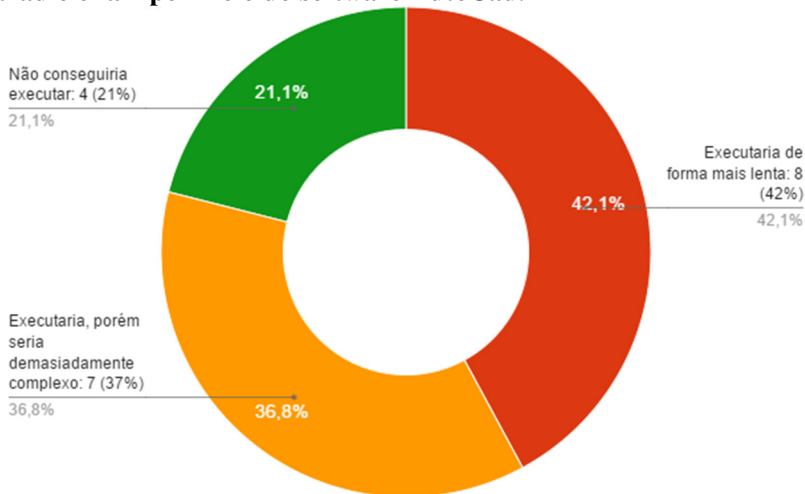
A dificuldade maior é saber qual ferramenta utilizar na hora de produzir o exercício, em função de nunca ter utilizado os programas. Mas nada que com a prática não se resolva.

A adesão da última barra na diagonal não ficou muito claro.

A dificuldade que tive foi em conhecer as ferramentas por não ter familiaridade com elas que lembram o autocad mas como não tenho muito prática senti dificuldade mas percebi que depois de conhecer bem as ferramentas do programa da pra executar tranquilo.

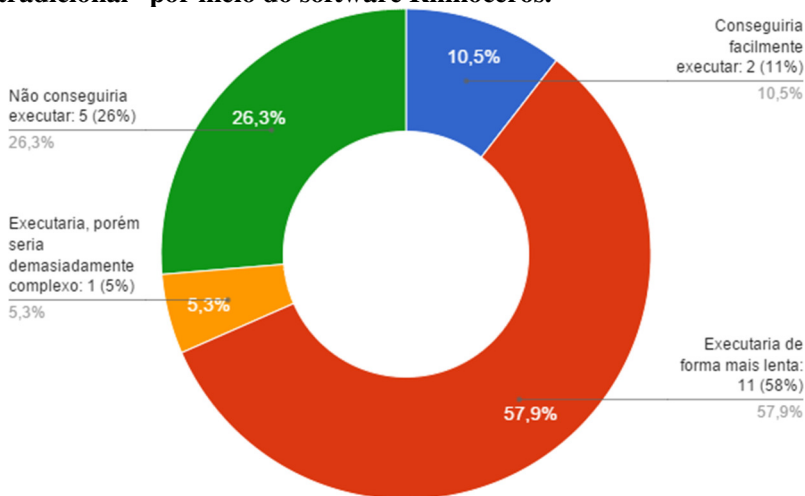
Fonte: Do Autor.

**APÊNDICE JJ - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 1’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad.**



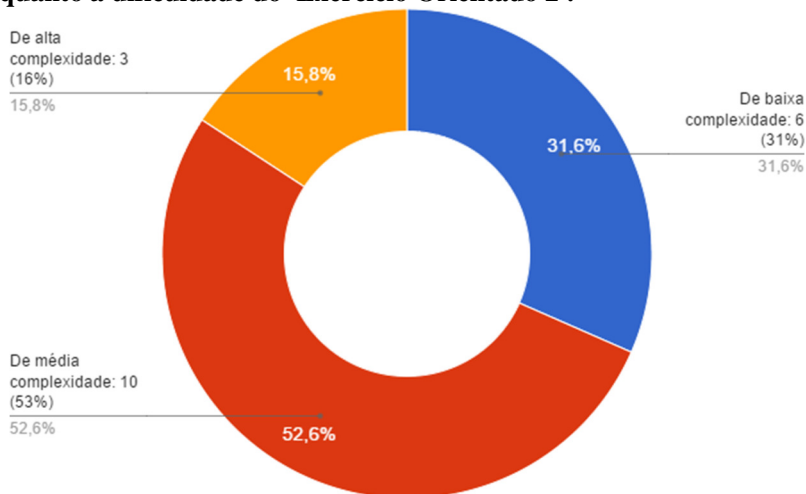
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE KK - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 1’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software Rhinoceros.**



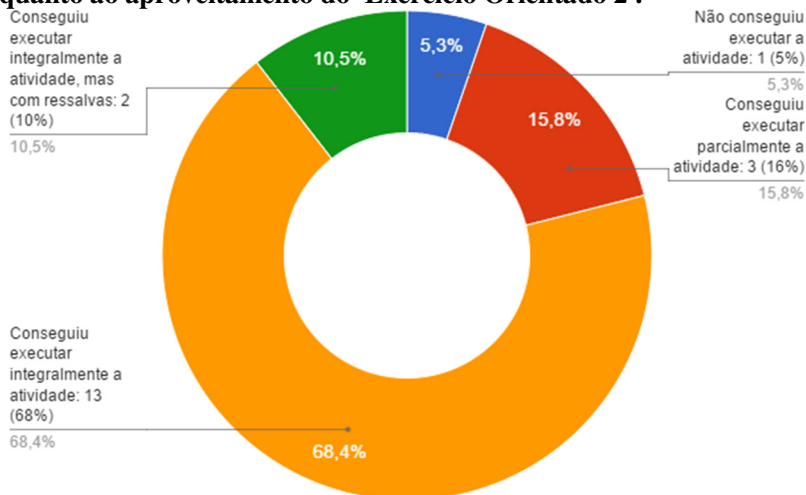
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE LL - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto a dificuldade do 'Exercício Orientado 2'.



Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE MM - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto ao aproveitamento do 'Exercício Orientado 2'.



Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE NN - Comentários dos participantes do ‘Workshop’ referente ao ‘Exercício Orientado 2’.

### COMENTÁRIOS PÓS ‘EXERCÍCIO ORIENTADO 2’.

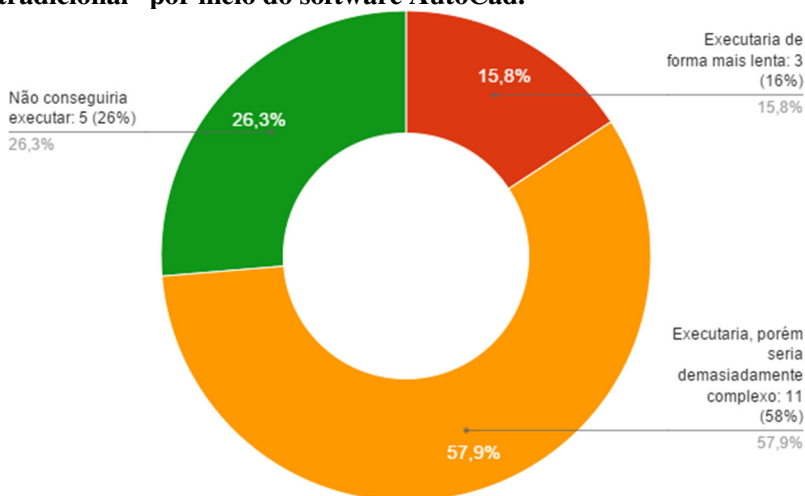
A dificuldade maior é saber qual ferramenta utilizar na hora da produzir o exercício, em função de nunca ter utilizado os programas. Mas nada que com a pratica não se resolva.

Da mesma maneira, é possível realizar a atividade seguindo o passo a passo, mas o entendimento de cada comando não foi completo.

No caso de repetição do exercício, é difícil escolher as ferramentas a serem utilizadas no grasshopper.

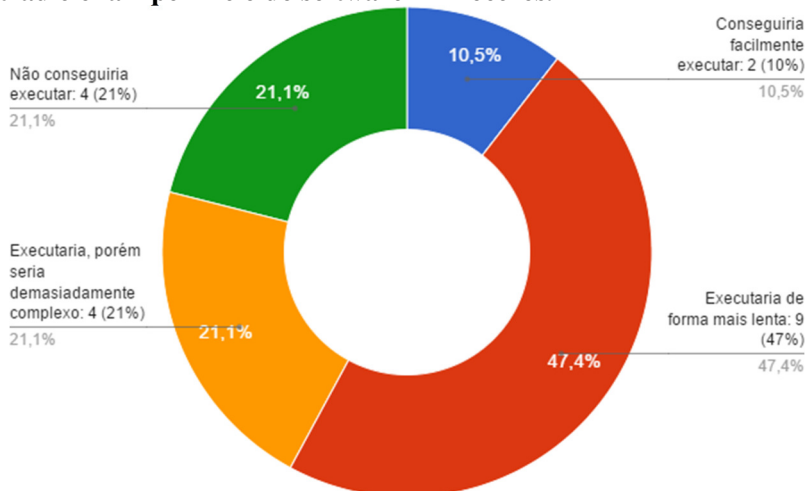
Fonte: Do Autor.

## APÊNDICE OO - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 2’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad.



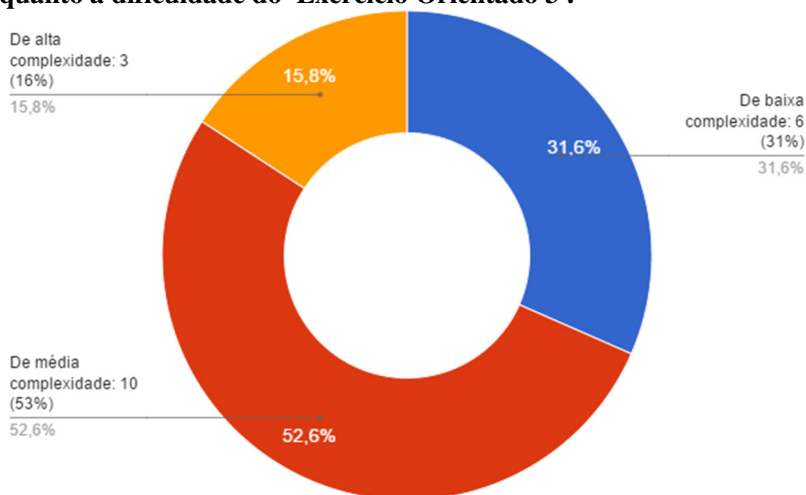
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE PP - Respostas dos participantes do 'Workshop' caso o 'Exercício Orientado 2' fosse elaborado através do "método tradicional" por meio do software Rhinoceros.**



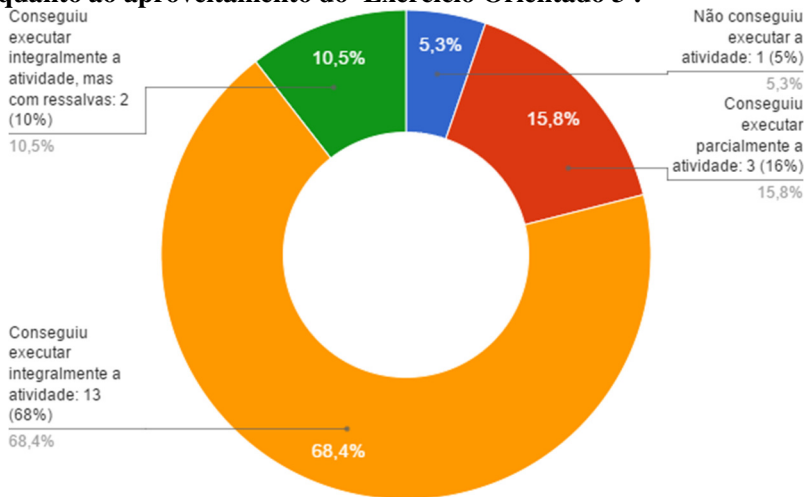
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE QQ - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto a dificuldade do 'Exercício Orientado 3'.**



Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE RR - Respostas dos participantes do 'Workshop' quanto ao aproveitamento do 'Exercício Orientado 3'.



Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE SS - Comentários dos participantes do 'Workshop' referente ao 'Exercício Orientado 3'.

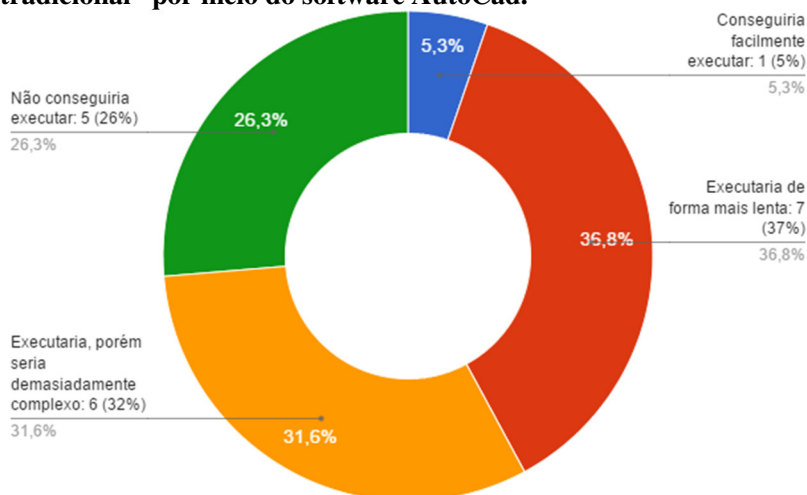
### COMENTÁRIOS PÓS 'EXERCÍCIO ORIENTADO 3'.

O exercício é muito simples de fazer, porém não entendi algumas das pilhas utilizadas, a função que elas exercem no resultado final.

Excelente exercício, porém para ser feito sozinho como já me referi acima, seria complexo pelo fato dos pontos de atração serem um pouco "novos" em relação ao meu conhecimento, mas num geral ótimo mesmo, utilizável em muitas coisas.

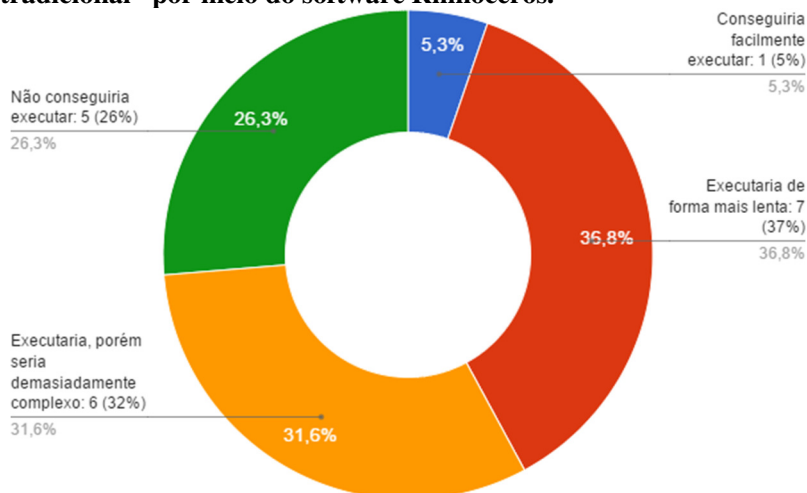
Fonte: Do Autor.

**APÊNDICE TT - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 3’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad.**



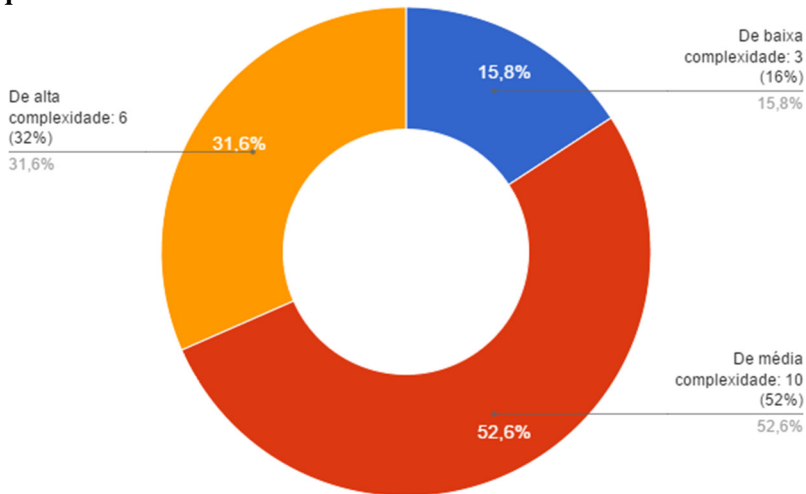
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE UU - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 3’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software Rhinoceros.**



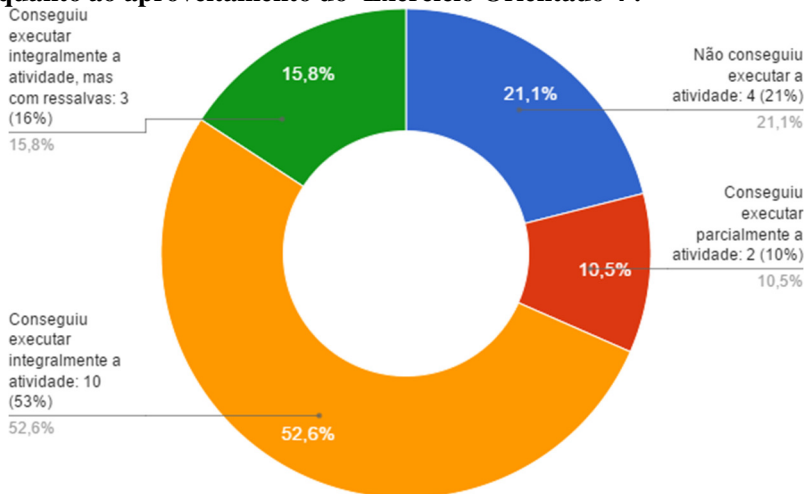
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE VV - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto a dificuldade do 'Exercício Orientado 4'.**



Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE WW - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ quanto ao aproveitamento do 'Exercício Orientado 4'.**



Fonte: Elaboração própria.



## APÊNDICE XX - Comentários dos participantes do ‘Workshop’ referente ao ‘Exercício Orientado 4’.

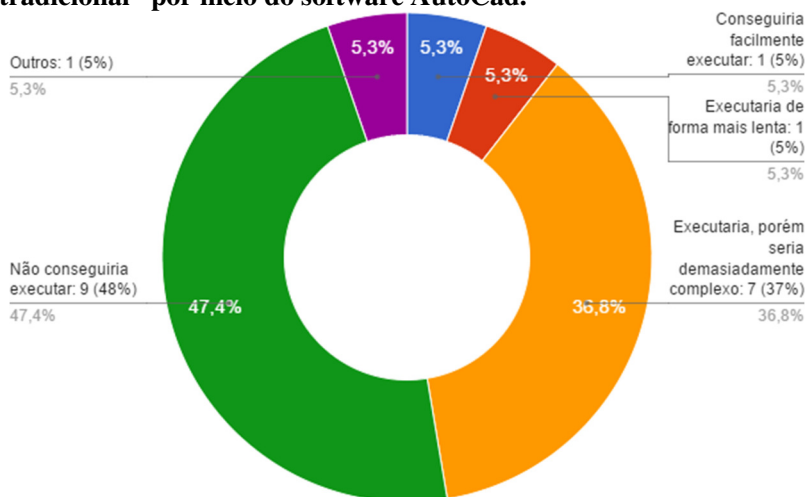
### COMENTÁRIOS PÓS ‘EXERCÍCIO ORIENTADO 4’.

No momento de criar as superfícies e volumes há dificuldade.

O melhor exercício feito no *workshop* (opinião pessoal), extremamente gratificante ver o resultado final, complexo pelo número de variáveis no exercícios, mas com prática se transforma numa bela forma de arte.

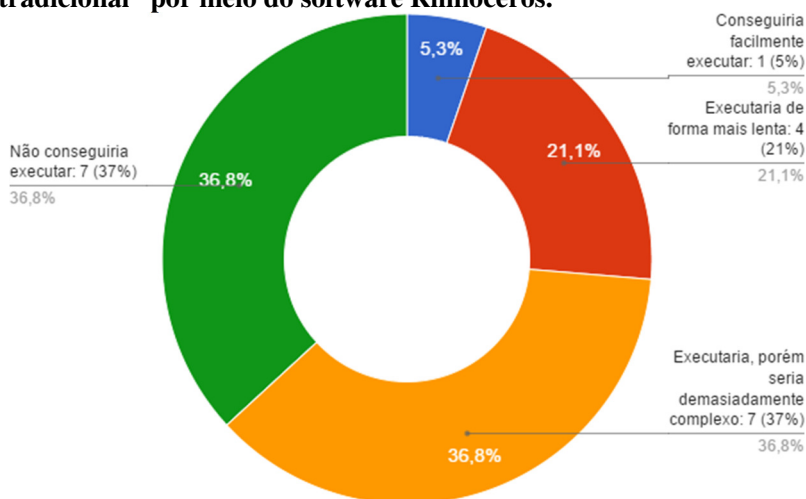
Fonte: Do Autor.

## APÊNDICE YY - Respostas dos participantes do ‘Workshop’ caso o ‘Exercício Orientado 4’ fosse elaborado através do “método tradicional” por meio do software AutoCad.



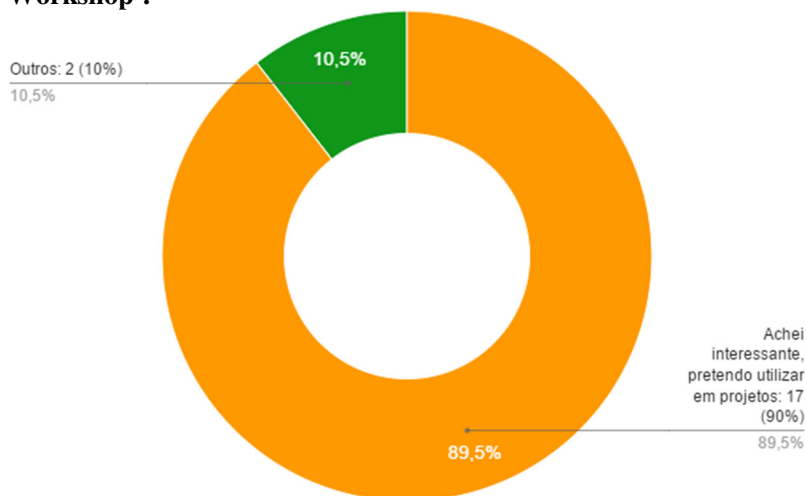
Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE ZZ - Respostas dos participantes do 'Workshop' caso o 'Exercício Orientado 4' fosse elaborado através do "método tradicional" por meio do software Rhinoceros.



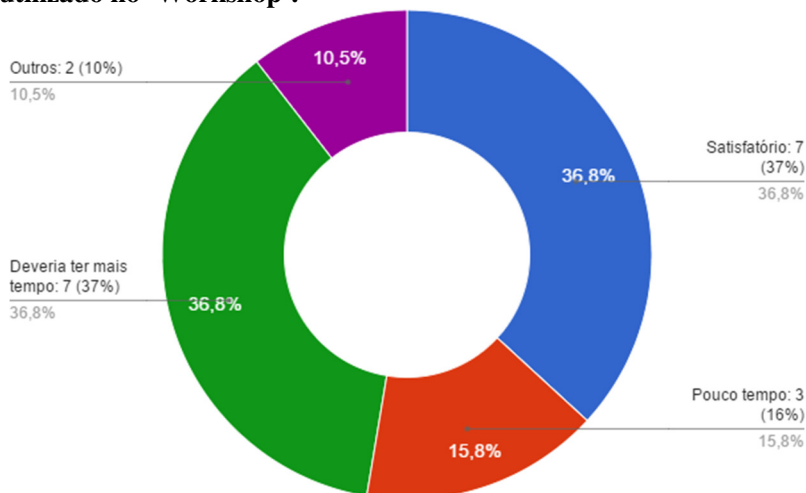
Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE AAA - Satisfação dos participantes em relação ao 'Workshop'.



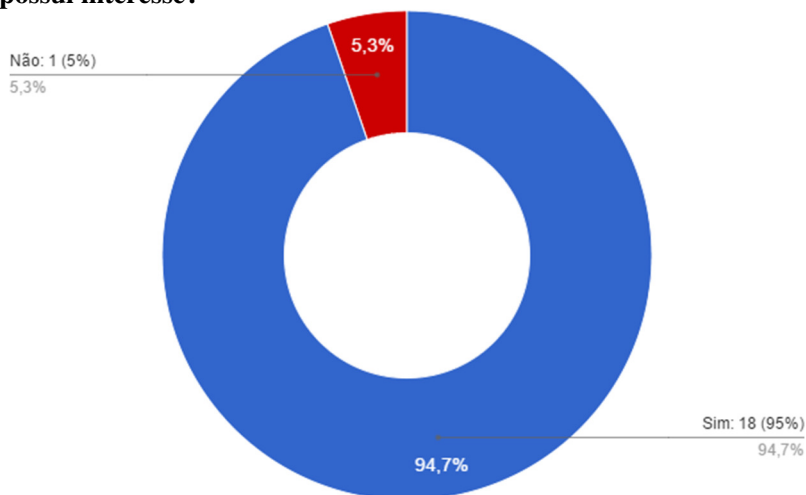
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE BBB – Opinião dos participantes em relação ao tempo utilizado no ‘Workshop’.



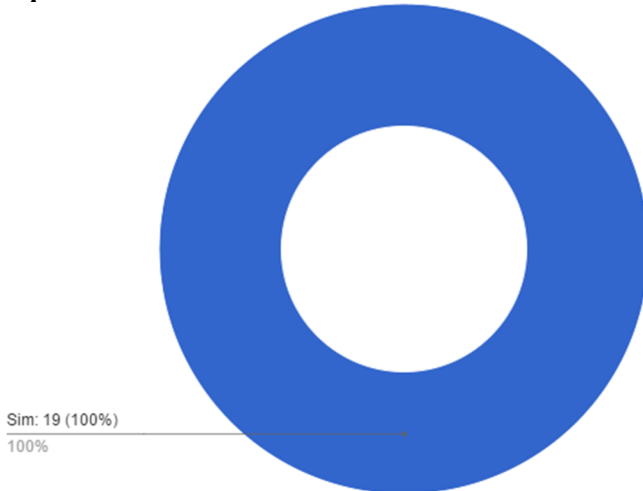
Fonte: Elaboração própria.

### APÊNDICE CCC - Interesse futuro dos participantes relacionado ao tema ‘Parametric Design e Algorithmic Modeling’. O participante possui interesse?



Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE DDD – Interesse dos participantes em relação a inserção de disciplinas relacionadas ao tema ‘*Parametric Design e Algorithmic Modeling*’ em grades curriculares de curso de arquitetura e urbanismo.**



Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE EEE - Comentários pós 'Workshop: Parametric design e Algorithmic Modeling'.**

---

**COMENTÁRIOS PÓS 'WORKSHOP'.**

---

Seria interessante criar um grupo de estudos multidisciplinar para aplicar estes conceitos em diversas áreas!

---

Grupos de Estudo seria uma boa ideia, cursos também.

---

A ferramenta é muito boa, porém, para utilizá-la no dia a dia era necessário aprender mais sobre a mesma. Muito bom o curso, gostaria de me aprofundar mais com ele.

---

Acredito que é de suma importância a inclusão de disciplinas sobre Parametrização e modelagem algorítmica na grade curricular dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, é notável a diferença no tempo de modelagem e modificações tão necessárias no processo compositivo. A principal qualidade desta ferramenta se dá na ampliação das possibilidades de criação e desenvolvimento formal. Deixo aqui registrado o interesse em continuarmos estudando e já propondo a criação de um laboratório de Fabricação Digital, integrando os cursos de Arquitetura, Design industrial, Engenharia Civil, etc. Exemplo: Em vez de termos vários laboratórios (um pro cada curso), cada um com sua impressora 3d, poderíamos ter um

---

---

grande laboratório com Dobradeiras CNC, impressoras 3d, Maquinas de Corte a Laser, etc.

---

Acho que com as ferramentas que temos hoje deveria se usar sim pois a tecnologia na área da construção está em expansão e curso mais aprofundado seria ótimo na faculdade.

---

Aprofundamento seria interessante, pois algumas ferramentas não sei utilizar.

---

Acredito ser válida a inserção deste tipo de ferramenta junto a outras disciplinas, como por exemplo, disciplinas de criação e composição. Me chamou a atenção em outras universidades que conheci a fabricação de móveis pelos alunos (ex: bancos) através destas ferramentas com peças e sistemas de encaixe que poderiam ser aplicados em oficinas ou laboratórios, servindo posteriormente a própria universidade e até mesmo a concursos.

---

É um campo realmente fascinante. Uma pena ter sido apenas uma semana, mas como o próprio nome diz, é um workshop, apenas uma introdução sobre o programa e o conteúdo. Acho superinteressante a execução de qualquer ideia apresentada (curso, oficina, laboratório, grupo de estudos, software, etc) sobre o tema, com certeza apoiarei e participarei.

---

Todos deveriam conhecer e aprender um pouco sobre o software e sobre as aulas referentes ao mesmo, é extremamente interessante e gratificante a utilização, gerando uma abertura nas ideias e principalmente na parte artística de cada um, meus parabéns ao professor que soube relacionar tudo em apenas 5 dias, e também pela sua atenção além do tempo de workshop.

---

Gostaria de propor algum tipo de laboratório que oferecesse os softwares como forma de aumentar o conhecimento dos alunos interessados em melhorar sua capacidade em diversos programas de *parametric design* e *algorithmic modeling*. Mesclando conhecimentos através de cursos como Arquitetura, Design de Produto, Design de Jogos, etc.

---

Fonte: Elaboração própria.