

REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

ISSN 2595 – 0797 | v. 4, n.1 – MAIO, 2020

Edição Especial GRAPHICA 2019

XIII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design



REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

Universidade Federal de Pernambuco

Reitor Alfredo Macedo Gomes

Vice-Reitor Moacyr Cunha de Araújo Filho

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação Carol Virgínia Góis Leandro

Centro de Artes e Comunicação

Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica – LabGRAF

Editor Executivo

Vinicius Albuquerque Fulgêncio, UFPE, Brasil

Comitê Editorial

Vinicius Albuquerque Fulgêncio, UFPE, Brasil

Mariana B. Ribeiro de Gusmão, UFPE, Brasil

Comitê Científico

Adriane Borda, UFPel, Brasil

Airton Cattani, UFRGS, Brasil

Ana Rita Sulz, UEFS, Brasil

Anderson Góes, UFPR, Brasil

Andiara Lopes, UFPE, Brasil

Bárbara Aguiar, UFPR, Brasil

Caroline Gonçalves, UFAL, Brasil

Christianne Soares Falcão, UNICAP, Brasil

Clarissa Ribeiro Pereira de Almeida, Unifor, Brasil

Cristiana Maria Sobral Griz, UFPE, Brasil

Érica de Sousa Checcucci, UFBA, Brasil

Fábio Teixeira, UFRGS, Brasil

Félix Alves da Silva Júnior, UnB, Brasil

Marcos Martins Borges, UFJF, Brasil

Mara Capone, UNINA, Itália

Maria Angela Dias, UFRJ, Brasil

Maria Veronica Lins Palmeira, IFAL, Brasil

Mariana Hennes, UFAL, Brasil

Michele dos Anjos de Santana, IFBA, Brasil

Rafaela Campos Cavalcanti, UPE, Brasil

Salvatore Barba, UNISA, Itália

Tássia dos Anjos Tenório de Melo, UFPE, Brasil

Verner Monteiro, UFRN, Brasil

Wilson Florio, Universidade Mackenzie, Brasil

Comitê Avaliador (ad hoc) – v.4, n.1, 2020

Amélia Panet Barros, Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Andiara Lopes, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Caroline Gonçalves, Universidade Federal de Alagoas, Brasil

Christianne Falcão, Universidade Católica de Pernambuco, Brasil

Cristiana Griz, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Mariana Gusmão, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Michele Santana, Instituto Federal da Bahia, Brasil

Tássia Tenório de Melo, UFPE, Brasil

Catálogo na fonte

Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira, CRB4-2223

R454

Revista Geometria Gráfica / Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. – v. 4, n. 1 (maio 2020). – Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2020. v.: il.

Semestral.

ISSN: 2595-0797.

Edição Especial Graphica 2019 – XIII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design.

1. Expressão gráfica. 2. Computação gráfica 3. Desenho técnico. 4. Representação gráfica. 5. Geometria descritiva.

I. Edição da Universidade Federal de Pernambuco.

604.2 CDD (22. ed.)

Foto da capa: Casa Firjan

Rio de Janeiro, Brasil.

Foto de Vinicius Fulgêncio, 2019, editada por

Vinicius Fulgêncio.

Idioma: português; espanhol e inglês.

ISSN: 2595-0797

Periodicidade: Semestral

Tiragem: eletrônica

Endereço: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/geometriagrafica/index>

EDITORIAL

A 6ª edição da Revista Geometria Gráfica (volume 4, número 1, de maio de 2020) é uma edição especial com trabalhos selecionados do Graphica 2019 - XIII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design -, ocorrido no Rio de Janeiro, entre os dias 24 e 27 de setembro. Essa publicação é resultado da parceria com a Associação Brasileira de Expressão Gráfica (ABEG), na pessoa do Profº Gilson Braviano e a organização local do evento, na pessoa da Profª Sandra Barata. Nessa edição especial, os autores expandiram seus textos e, com isso, tiveram a oportunidade de apresentar em maior profundidade os resultados de suas pesquisas. Assim, trata-se de uma nova publicação a partir dos trabalhos publicados nos Anais do Graphica 2019.

Essa edição demonstra o contínuo amadurecimento da revista que, aos poucos, vai se consolidando no sentido de ampliar os espaços de publicação voltados à Ciência Visiográfica em suas mais variadas aplicações. As edições regulares vêm recebendo um número crescente de trabalhos de diversas regiões e instituições, agregando ainda mais na variedade de pesquisas, o que é importante para a difusão do conhecimento.

Esperamos que a leitura seja proveitosa para todos!

Recife, maio de 2020.

Vinicius Albuquerque Fulgêncio – Editor Executivo

SUMÁRIO

GEODÉSICAS NA ARQUITETURA: da representação gráfica à construção em escala natural

Frederico Braidà 5

A tomada de consciência docente e discente sobre o desenvolvimento de habilidades para o desenho em perspectiva.

Adriane Borda, Tássia Vasconcelos, Taís Viana, Tatiane Nogueira, Luciana Rocha 21

Ensino de desenho com uso de elementos da linguagem visual voltado à educação ambiental para surdos.

Alix Ribeiro da Silva, Vania Ribas Ulbricht 40

Ateliê de Projeto – Superando o paradigma do abandono da prancheta para a inserção das ferramentas digitais

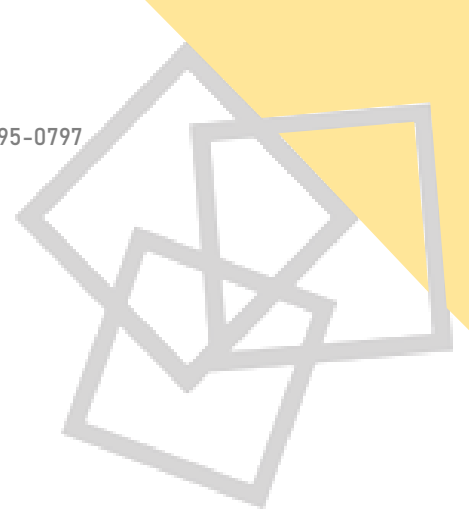
Luciana Nemer, Joana Queiroz 58

Design paramétrico e modelagem algorítmica: os efeitos de seus conceitos e técnicas para o estudante de arquitetura

Giovani Voltolini, Regiane Trevisan Pupo, Natália Queiroz 75

Um panorama da utilização dos ambientes digitais no ensino de arquitetura frente aos níveis de computabilidade: Revisão a partir dos Congressos Graphica (2005–2017)

Tássia Vasconcelos, David Sperling 94



GEODÉSICAS NA ARQUITETURA: da representação gráfica à construção em escala natural¹

GEODESICS IN ARCHITECTURE: from graphic representation to natural scale construction

¹Versão expandida do artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019

Frederico Braidá

Doutor em Design
Docente, Universidade Federal de
Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil;
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Toledo, Brasil
frederico.braidá@arquitetura.ufjf.br

RESUMO:

Este artigo aborda o tema das geodésicas adotadas como objetos arquitetônicos. O principal objetivo é evidenciar as potencialidades que as geodésicas possuem para despertar o interesse de alunos de Arquitetura e Urbanismo para a indissociável relação entre forma geométrica, sistema estrutural e composição plástica. Metodologicamente, este artigo é fruto de uma revisão de literatura, bem como da apresentação de algumas atividades pedagógicas que abrangem desde a representação gráfica até a construção em escala natural de domos geodésicas, para as quais são demandados os conhecimentos sobre a geometria gráfica.

Palavras-chave: geodésica; geometria; representação gráfica; construção.

ABSTRACT:

This paper approaches the theme of geodesics adopted as architectural objects. The main aim is to present the potential of the geodesics to arouse the interest of Architecture and Urbanism students to the inextricable relation between geometric form, structural system and plastic composition. Methodologically, this paper is the result of a literature review, as well as the presentation of some pedagogical activities that range from the graphic representation to the natural scale construction of geodesic domes, for which knowledge about graphic geometry is required.

Keywords: geodesic; geometry; representation; construction.



1. INTRODUÇÃO

As geodésicas são formas geométricas poliédricas já conhecidas há séculos. No entanto, sua utilização no campo da Arquitetura e do Urbanismo datam do início do século XX, sendo massivamente exploradas pelo arquiteto, matemático e designer, entre outras qualificações, Richard Buckminster Fuller (1895-1983). Desde então, as cúpulas geodésicas (ou domos geodésicos) têm sido empregadas recorrentemente em edifícios e estruturas arquitetônicas.

As estruturas geodésicas também têm estado presente na formação dos arquitetos e urbanistas, como tópico abordado nos cursos de graduação, seja nas disciplinas de sistemas estruturais/construtivos e/ou de história e teoria, seja nas disciplinas de projeto e/ou de representação gráfica. Nota-se, portanto, que as geodésicas podem constituir-se como temática interdisciplinar, uma vez que suscitam a discussão integradora entre diferentes saberes. É sob esse viés que as geodésicas são tratadas neste artigo: como objetos capazes de articular conhecimentos geométricos, tectônicos e plásticos, os quais, de forma subjacente, demandam os saberes da geometria gráfica.

Deve-se destacar que, no campo da Arquitetura, faz-se indispensável que os alunos compreendam as relações existentes entre forma geométrica, sistema estrutural e composição plástica. Porém, não é incomum que esses temas sejam tratados separadamente, refletindo sua distribuição fragmentada em disciplinas curriculares desarticuladas, por vezes oferecidas por departamentos especializados, cujos diálogos costumam ser rarefeitos.

Embora deva-se reconhecer a existência de diversas iniciativas e propostas pedagógicas que buscam superar essa fragmentação, a falta de uma formação holística ainda persiste em várias instituições de ensino superior, reforçando a produção de abismos entre os grupos de conteúdos reunidos em diferentes subáreas, tais como: (a) projeto, (b) representação e expressão gráfica, (c) história e teoria e (d) técnicas e tecnologias. É nesse sentido que Laverde e Salado (2012, p. 2) afirmam haver uma “dificuldade de transferência dos conhecimentos adquiridos na área tecnológica para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos em Atelier, [...] ficando nítido o distanciamento entre a atividade projetual e a prática construtiva”.

Levando em consideração essas questões, Laverde e Salado (2012, p. 2), a partir de uma experiência desenvolvida na Universidade Federal de Uberlândia, apresentam a construção de uma cúpula geodésica como um exercício de “aproximação entre a teoria e as atividades práticas no ensino de arquitetura e urbanismo”. As autoras propõem, portanto, a produção de um domo geodésico como um exemplo de alternativa para a superação da disciplinarização dos conteúdos.

Assim, as geodésicas apresentam-se como tópico oportuno para a compreensão da necessária integração dos saberes. Em suas conclusões sobre os estudos das geodésicas, Diniz (2006, p. 134) afirma que

na verdade este é um território de estudos onde a arquitetura e a engenharia não podem se afastar uma da outra, chegando a ser complementares e quase coincidentes as buscas e os resultados efetuados por cada uma destas disciplinas.



As cúpulas geodésicas trazem em si a complementação entre Geometria, Engenharia e Arquitetura, contribuindo para a superação da crença “de que engenheiros não se interessam por arquitetura e que os arquitetos desprezam a engenharia” (VASCONCELOS, 2006, p. 9). Também está engendrada nas geodésicas a indissociabilidade entre forma e estrutura. Vale ressaltar que, segundo Amorim (2014, p. 139),

a estrutura de uma edificação é parte integrante da síntese das decisões formais que origina a materialização do espaço. Aceitar essa afirmação significa dizer que não há diferença entre concepção formal e estrutural.

Portanto, diante desse cenário, o principal objetivo deste artigo é apresentar algumas possibilidades de aplicação de exercícios que explorem as geodésicas, desde os aspectos da representação gráfica até a construção em escala natural, a partir de uma sequência didática desenvolvida no âmbito da disciplina “Estudo da Forma”, ministrada no primeiro período do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), com vistas a reforçar as potencialidades das geodésicas para a integração dos saberes.

2. GEODÉSICAS E A GEOMETRIA

A palavra “geodésica” é formada pelo prefixo “geo-”, que significa “terra”. “Para a Matemática, o termo “geodésica” (do grego *geo*=terra e *daiein*=dividir) se refere a medições e cálculos realizados sobre superfícies curvas, como a superfície do nosso planeta” (MARQUES, 2016).

As geodésicas “são poliedros, cujos vértices estão sobre a superfície de uma esfera” (MONTENEGRO, 1991, p. 76). Elas são compostas por barras e nós. É interessante notar que os nós também são estruturas poliédricas, como bem evidenciado por Montenegro (1984, p. 85). “Quanto maior o número de vértices (e de faces) mais o poliedro se aproxima da superfície da esfera” (MONTENEGRO, 1984, p. 88). Partindo-se de um cubo e, ao serem realizadas sucessivas transformações subtrativas (cortes) nos vértices, passa-se pela construção de alguns poliedros, podendo-se chegar bem próximo de uma geometria esférica.

De forma mais específica, pode-se dizer que um domo geodésico é

um poliedro (ou sólido) irregular gerado a partir da projeção das faces de poliedros regulares, composta por elementos triangulares justapostos e organizados de forma que todos os seus vértices sejam congruentes com um grande círculo da esfera” (MARQUES, 2016).

Também, segundo Diniz (2006, p.32), uma estrutura geodésica é uma “trama composta por polígonos planos diversos onde a interseção das linhas retas destes polígonos, ou seus vértices, coincidem com uma superfície esférica ou oval”. Os domos geodésicos possuem, ainda, como característica formal a unidade, pois são compostos pela repetição de partes semelhantes: por triângulos (VANDYKE, 1985, p. 26).

A complexidade das geodésicas pode variar em função as escolhas dos poliedros que compõem a superfície.

Uma Superfície ou Estrutura Geodésica pode estar composta apenas por polígonos regulares planos como triângulos ou quadrados, onde as linhas têm a



mesma dimensão, ou também por polígonos irregulares de diferentes conformações, e mesmo não planos ou espaciais, gerando superfícies e tramas estruturais muito mais complexas com duas ou mais camadas (DINIZ, 2006, p.32 e 33).

A frequência (V) das geodésicas interfere na complexidade das mesmas. A frequência diz respeito ao número de triângulos em que a superfície se subdivide. A frequência de uma esfera geodésica corresponde ao número de divisões do arco da esfera de origem. Ela influencia no tamanho dos triângulos e das varas (ou barras) que compõem os triângulos. Alguns exemplos de variação das faces podem ser encontrados no site “Geodesics UNLTD” (ver <http://www.geodesics-unlimited.com/face-variations.htm>).

Para a construção de domos geodésicas, recorrentemente utilizam-se frequências pares, pois elas são capazes de gerar bases regulares quando as geodésicas são seccionadas nos hemisférios. Atenta-se, também, para o fato de que o sólido mais utilizado na construção de geodésicas é o icosaedro, em função da ótima relação entre o volume de material a ser gasto e a área da superfície da estrutura (MARQUES, 2016).

Como se vê, e conforme amplamente demonstrado por Fuller (2002), ao se explorar as geodésicas, vários conteúdos do universo da Geometria são ativados. Nesse mesmo sentido, Lotufo e Lopes (1981) apresentam, no livro intitulado “Geodésica e cia”, de forma detalhada, diversos aspectos geométricos (e matemáticos) envolvidos na construção de geodésicas. De acordo com os autores, conhecendo a Geometria, podemos “entender que a geodésica é mais que uma esfera, que ela pode assumir as mais variadas formas e que realmente ela apresenta vantagens estruturais” (LOTUFO; LOPES, 1981, [p. 2]).

3. GEODÉSICAS: ENGENHARIA E ARQUITETURA

Embora a bibliografia sobre cúpulas geodésicas não seja expressiva em termos quantitativos, Diniz (2006, p.24-31) apresentou uma revisão de literatura que contempla essa temática dentro dos campos da Engenharia e Arquitetura. Também Verschleisser (2008) levantou o estado da arte do conceito “*tensegrity*” (“tensegridade”) estudado por Fuller, suas relações com as estruturas geodésicas e suas aplicações no campo do Design.

De acordo com Engel (2001, p. 19), “a estrutura é o primeiro e único instrumento para gerar forma e espaço na arquitetura. Por esta função, a estrutura torna-se um meio essencial para modelar o meio material do homem”. Eis aí uma das principais contribuições da estrutura para o campo da Arquitetura.

Para Lopes, Bogéa e Rebello (2006, p. 44, grifos nossos),

as possibilidades espaciais e estruturais dependem da geometria do elemento estrutural como base de projeto. Blocos, barras e lâminas são tipologias básicas dessas **geometrias estruturais**, uma relação dada pela proporção de sua forma. Cada uma delas trará especificidades no comportamento da estrutura. Identificar a **geometria dos elementos** que compõem uma estrutura nos permite uma eficiente estratégia de análise a partir desses elementos: uma espécie de chave de leitura.

Segundo Lopes, Bogéa e Rebello (2006, p. 57), as barras são as mais ecléticas e versáteis geometrias, pois elas estão “presentes desde as peças de madeira que elevam as tendas dos nômades, ou estruturavam as ocas indígenas, até as recentes treliças em aço”



e, quando associadas, permitem múltiplas possibilidades estruturais. Ilustrando essa versatilidade das barras, sua variedade formal, Amorim (2014, p. 143) nos lembra que as barras estão presentes nas vigas, pilares, colunas, montantes, dutos, treliças, geodésicas e em outras composições feitas preliminarmente de linhas.

As cúpulas sempre despertaram o interesse dos arquitetos, sobretudo quando buscam soluções para grandes coberturas. De acordo com Montenegro (1984, p. 80), a partir do domínio da técnica construtiva com arcos, foi possível o desenvolvimento das cúpulas, originadas a partir da rotação desses elementos. As cúpulas são estruturas abobadadas, geralmente de planta circular e diretrizes parabólicas, circulares ou outras curvas contínuas (VILLASUSO, 2009, p. 45) e que, normalmente, apresentam a forma de uma porção esférica, “construída de modo a exercer esforços iguais em todas as direções” (CHING, 2000, p. 70).

Na história da arquitetura, destacam-se algumas cúpulas como, por exemplo, a cúpula do Panteão de Adriano, em Roma, e o transepto da igreja de Santa Maria del Fiore, em Florença, de Brunelleschi. No entanto, Montenegro (1984, p. 88) nos lembra que essas primeiras cúpulas eram praticamente fechadas, ou abertas somente no topo (configurando lanternim) e espessas. Mas, com o desenvolvimento tecnológico, sobretudo computacional, tornou-se possível “o cálculo rápido das malhas espaciais (treliças; estruturas ou reticulados espaciais são outros nomes usados) e permitiu, igualmente, o cálculo da cúpula geodésica (ou, simplesmente, geodésica)” (MONTENEGRO, 1984, p. 88). Com isso, tal como uma malha espacial, as cúpulas puderam ser construídas com barras e nós.

Ainda de acordo com Montenegro (1984, p. 90), bem como segundo Lotufo e Lopes (1981, [p. 4]), embora a figura geométrica geodésica já fosse conhecida há muitos séculos, a primeira cúpula geodésica usada como cobertura data de 1922, empregada no Planetário de Jena, na Alemanha Oriental, calculada por Walter Bauersfeld. No entanto, os estudos sistemáticos que levaram ao cálculo e à fabricação industrial das geodésicas são do arquiteto Richard Buckminster Fuller.

Mesmo que Fuller não seja o inventor propriamente dito da geodésica, o que ele fez foi dar um sentido a essa estrutura, “descobrimos suas leis formadoras, construindo e divulgando suas propriedades” (LOTUFO; LOPES, 1981, [p. 4]). “A partir de 1945, Fuller voltou sua atenção para o estudo da trigonometria esférica. Ele intrigava-se com as formas geodésicas encontradas na natureza, desde as milhares de bolhas num pouco de espuma até os próprios planetas” (LOTUFO; LOPES, 1981, [p. 3]).

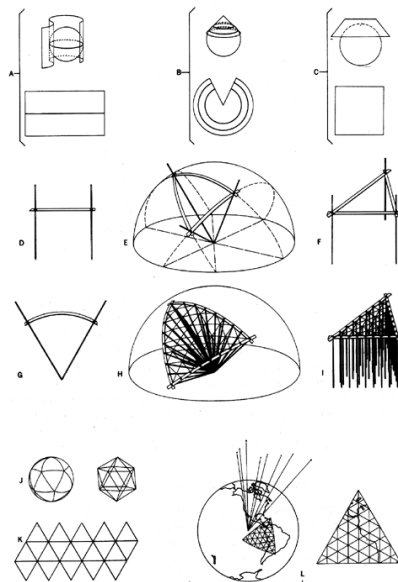
Todo o pensamento de Fuller está registrado, entre outros lugares, no livro de sua autoria intitulado “Synergetics: explorações em torno da geometria do pensar”, publicado primeiramente em 1975, pela Editora Macmillan. Esse livro (ver FULLER, 2002) traz as “suas ideias sobre uma geometria inspirada nos padrões energéticos e formais da natureza definindo um sistema matemático experimentado não só por abstrações e cálculos, mas por experimentações físicas e reais” (DINIZ, 2006, p. 25).

Fuller baseou-se na teoria dos sistemas. “Essa abordagem se contrapõe à visão mecanicista e fragmentada do universo, na tradição cartesiana de se analisar cada elemento separadamente, a fim de se compreender o todo” (SILVA; FARBIARZ, p. 2000). Dentre as proposições mais importantes está o fato de que, “partindo do cálculo



matemático, Fuller chegou à esquematização do processo de divisão da esfera em triângulos” (LOTUFO; LOPES, 1981, [p. 3]) (Figura 1).

Figura 1: Estudos do arquiteto Richard Buckminster Fuller sobre as geodésicas.



Fonte: Disponível em: <http://www.rwgrayprojects.com/synergetics/s11/figs/f0102.html>. Acesso em: 5 fev. 2019.

O primeiro projeto de Fuller utilizando um domo geodésico foi concebido para a Ford Motor Company, em 1953. No entanto, um dos projetos mais famosos é o domo de Montreal, a Biosfera, feito para a Exposição Internacional de 1967 (Figura 2). Esse pavilhão americano trata-se de um domo de 76m de diâmetro e 61m de altura máxima. “O domo é formado por uma capa externa de triângulos, a geodésica propriamente dita, e uma camada de hexágonos que suportam cúpulas acrílicas e absorvem os esforços não contidos numa superfície” (LOTUFO; LOPES, 1981, [p. 3]). Esse projeto serviu de paradigma para que outras pessoas influenciadas por Fuller pudessem explorar esse sistema estrutural aplicado em Engenharia, Arquitetura e Design.

Figura 2: Richard Buckminster Fuller e a Biosfera.



Fonte: Disponível em: https://www.bfi.org/sites/default/files/styles/header_banner/public/images/Bucky-WorldsFair-620_0.jpg?itok=mWqnCSpH. Acesso em: 5 fev. 2019.



Outro exemplo mundialmente emblemático é a esfera geodésica chamada de Spaceship Earth, que é um símbolo do Experimental Prototype Community Of Tomorrow (EPCOT), o segundo dos quatro parques temáticos construídos no Walt Disney World, na Flórida (Figura 3).

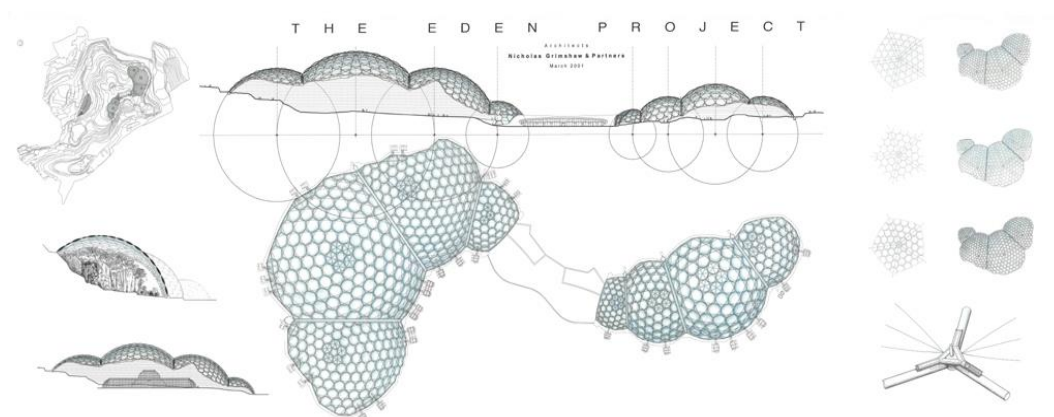
Figura 3: Geodésica do EPCOT.



Fonte: Autor (2013).

Já no terceiro milênio, tem-se o Eden Project (Projeto Éden), de 2001, de autoria do arquiteto inglês Nicholas Grimshaw, erguida na Cornualha, Inglaterra (Figura 4), o qual tem sido mencionado como “uma interpretação moderna e bem-sucedida do conceito de domo geodésico de Buckminster Fuller” (WALSH, 2018, tradução nossa).

Figura 4: Éden Project.



Fonte: Disponível em: https://grimshaw.global/assets/uploads/EDEN_biome_poster_2001.jpg. Acesso em: 5 fev. 2019.

No cenário brasileiro, também se encontram alguns projetos desenvolvidos tendo as geodésicas como forma. Por exemplo, no Instituto Inhotim, há algumas obras/galerias que se valem da estrutura de domos geodésicos, dentre as quais pode-se destacar a obra “De lama lâmina”, de Matthew Barney, e “By means of a sudden intuitive realization” (“Por meio de uma realização intuitiva repentina”), de Olafur Eliasson.



Figura 5: As obras “De lama lâmina” (à esquerda) e “By means of a sudden intuitive realization” (à direita), no Instiuto Inhotim.



Fonte: Autor (2012).

Ainda no Brasil, no âmbito das pesquisas, o Laboratório de Investigação em Livre Desenho (LILD), vinculado à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), há mais de 20 anos, realiza diversos estudos inspirados pelos ensinamentos de Fuller, sobretudo com a utilização do bambu (SILVA; FARBIARZ, p. 2016).

4. CONSTRUINDO GEODÉSICAS: DA REPRESENTAÇÃO À CONSTRUÇÃO EM ESCALA NATURAL

Ao se buscar por casos de estudo das geodésicas no campo da Arquitetura e Urbanismo, algumas experiências pedagógicas são encontradas, visando aos diferentes objetivos. Por exemplo, parte dos trabalhos levantados dizem respeito à sustentabilidade, ao uso de materiais leves, naturais, ecológicos e/ou recicláveis, tais como papelão e bambu.

Neste artigo, são apresentadas algumas experiências desenvolvidas na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (FAU/UFJF), mais especificamente no âmbito da disciplina Estudo da Forma para Arquitetura e Urbanismo, que se trata de uma disciplina obrigatória, de caráter teórico/prático, oferecida para alunos de primeiro período, ministrada no Laboratório de Modelos e Maquetes. Destaca-se que essa disciplina, desde a sua criação, em 2012, vem sendo recorrentemente oferecida pelos professores Frederico Braidá e Juliane Figueiredo Fonseca, vinculados ao Laboratório de Estudos das Linguagens e Expressões na Arquitetura, Urbanismo e Design (LEAUD), além de contar com a colaboração de outros professores.

O estudo das geodésicas tem por objetivo principal integrar os conteúdos de sistemas estruturais, representação gráfica e projeto arquitetônico, além de história e teoria, de tal forma que os alunos passam perceber a indissociabilidade entre os diferentes saberes e as variadas disciplinas. Assim, o que se busca aqui é apresentar cinco diferentes, porém inter-relacionadas, abordagens práticas para o estudo das geodésicas, que vão desde a produção de um modelo em escala reduzida até a construção em escala natural.

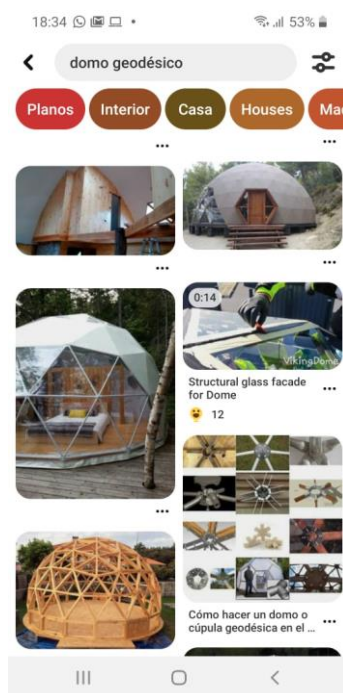
4.1. Construção de repertórios



Ainda que já tenham visto alguma geodésica, geralmente, os alunos iniciantes nos cursos de Arquitetura e Urbanismo não possuem um repertório amplo sobre esse tipo de estrutura. Portanto, fazem-se necessárias algumas explanações sobre o tema, sobretudo integrando-se diferentes pontos de vista e os diversos campos do conhecimento humano que contribuem para o estudo das geodésicas, dentre os quais devem ser destacados: Matemática [Geometria (Representação Gráfica)], História (e Teoria), Engenharia (e Tecnologia) e Arquitetura e Urbanismo.

A partir de uma aula expositiva, fundamentada na revisão de literatura, amplamente ilustrada, os alunos são convidados a realizarem, como atividade extraclasse, buscas por novos exemplos de aplicações da geodésica em contextos arquitetônicos. Deve-se destacar que são muitas as imagens disponíveis na Internet. Com uma simples busca no “Google imagens” pelas palavras “geodésica”, “domo geodésico” ou “*geodesic*”, os alunos são capazes de encontrar inúmeros exemplos. O mesmo vale para buscas realizadas no “Pinterest” (Figura 6).

Figura 6: Resultado da busca pelas palavras “domo geodésico” no “Pinterest”, em 4 maio 2020.



Fonte: Autor (2020).

Em uma aula seguinte, os alunos devem levar as imagens encontradas para socializarem com os demais da turma, buscando-se apresentar: (a) as soluções construtivas adotadas, (b) os materiais empregados, (c) a biografia dos autores dos projetos, (d) o local e data de construção, (e) as imagens do projeto, entre outras. Assim, os alunos tornam-se mais despertos para o tema da geodésica como objeto arquitetônico.

4.2. Fabricação de modelos em escalas reduzidas



Também, após a aula expositiva, os alunos formam duplas para realizarem a construção de uma geodésica de 20cm de diâmetro de base, preferencialmente de frequência igual a 2V, de tal forma que não seja um exercício demasiadamente complicado. Para tanto, cada dupla é estimulada a buscar diferentes programas (ou sites) existentes para a realização dos cálculos.

São vários os sites e programas que se propõem a ajudar no cálculo dos domos geodésicos. A título de ilustração, pode ser citado o site "Acidome" (<http://acidome.ru>), no qual podem ser alterados vários parâmetros. Um diferencial desse site é que é gerado um modelo tridimensional, o qual pode ser manipulado, bem como escolhidos diferentes acabamentos. Esse site, que é bastante completo, apresenta, ainda, o desenho planificado das faces e a angulação entre elas para a montagem.

Também o site "Desert Domes" (<http://www.desertdomes.com>) se propõe a calcular as geodésicas a partir da inserção de diversos parâmetros. Mais um exemplo é o programa CADRE Geo 7 (<https://www.cadreanalytic.com/cadregeo.htm>).

De acordo com os cálculos do site Desert Domes, para uma geodésica de 10cm de raio de base, de frequência=2V, são necessárias 35 barras de aproximadamente 6,2cm de comprimento e 30 barras de 5,5cm de comprimento, bem como 10 nós para 4 conexões, 6 nós para 5 conexões e 10 nós para 6 conexões (Figura 7).

Figura 7: Janela do site Desert Domes.

Desert Domes
Making the world a "Fuller" place

DOME CALCULATOR

Dome Radius:

Don't include units here. For example, if you want to build a dome that's 10' 6" high, enter 10.5

Strut	Length	Dome	Sphere
A	6.180	35	60
B	5.465	30	60
4-way connectors		10	0
5-way connectors		6	12
6-way connectors		10	30

[How to make a 2V newspaper dome Assembly Diagram](#)

Fonte: Disponível em: <http://www.desertdomes.com/dome2calc.html>. Acesso em: 3 maio 2020.

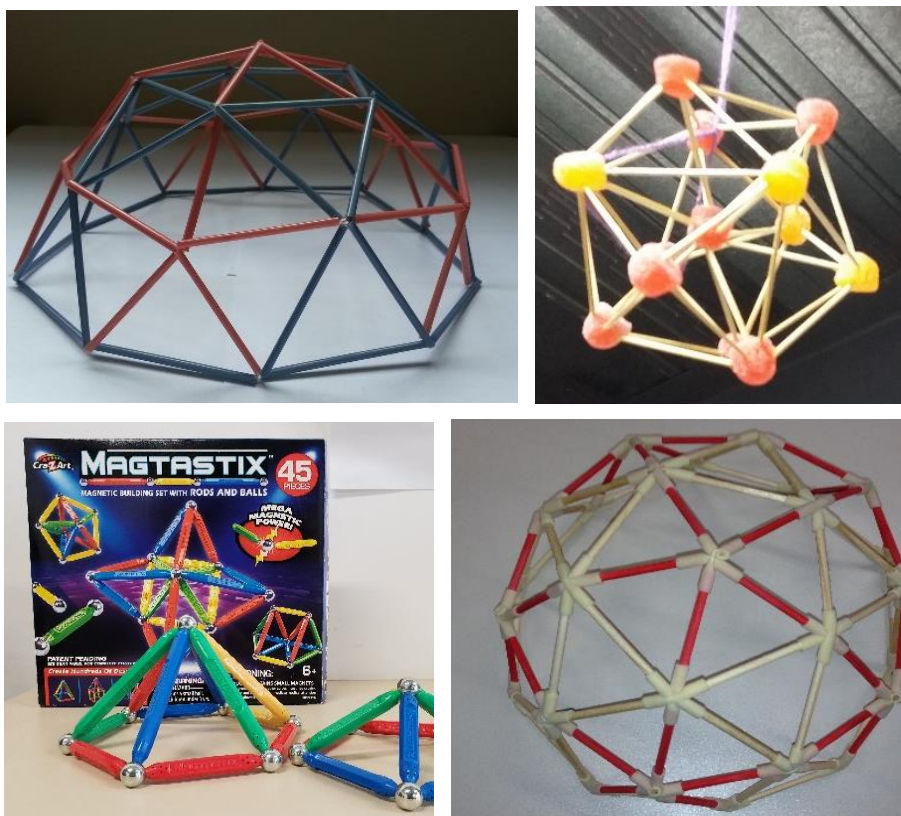
Sugere-se que os alunos adotem cores diferentes para as barras, de forma a facilitar a montagem da geodésica, evitando a confusão entre as barras que, embora tenham medidas diferenciadas, são aproximadas.

Ao longo dos semestres, desde que esse exercício começou a ser realizado, os materiais foram sendo alternados (Figura 8). Recorrentemente são utilizados canudos plásticos (preferencialmente higienizados e reutilizados) conectados com linha ou barbante. Nesse caso, não são necessários os nós, pois as junções das extremidades dos



canudos por meio de linha ou barbante já são suficientes. Outra possibilidade é a utilização de palitos de churrascos conectados com nós fabricados com garrotes de borracha. Assim, tem-se nós flexíveis o suficiente para armar a geodésica, sendo capazes de conectar as barras.

Figura 8: Modelos de geodésicas e estruturas treliçadas produzidas com diferentes materiais.



Fonte: Autor (2018).

Também, na disciplina, já foram realizados exercícios em que estruturas treliçadas foram construídas com palitos de dente (para as barras) e balas de goma (para os nós). E, além desses, outros materiais podem ser utilizados na construção de maquetes econômicas, tais como canudos de papel (fabricados pelos próprios alunos com jornal ou papel pardo) para as barras e massa de modelar infantil, massa de biscoito ou massa epóxi para os nós. Maquetes um pouco mais custosas podem ser construídas utilizando-se barras de Madeira Balsa ou com conjuntos de peças modeladas digitalmente e fabricadas com impressora 3D.

Mais recentemente, com o desenvolvimento de uma pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), desenvolvida no LEAUD/UFJF, foram adquiridos alguns jogos de montar os quais também podem ser utilizados para a construção de geodésicas. Para esse fim, destacam-se os seguintes jogos: Magtastix, cujas conexões se realizam a partir de uniões magnéticas, e o Construction Fort.



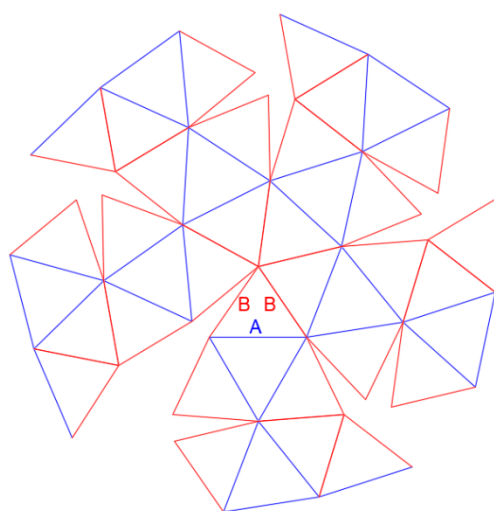
4.3. Planificação de domos geodésicas

Dentre os diversos conteúdos matemáticos (geométricos), também relacionados ao desenho técnico e projetivo, as geodésicas suscitam a temática da planificação. Levando-se esse escopo em consideração, os alunos podem ser chamados a planificar a geodésica, utilizando um papel cartão (um papel mais rígido, de gramatura mais elevada), de tal forma que, ao final, possa ser recortada e montada.

É interessante observar, que, quando a planificação é realizada após a montagem da primeira maquete, os alunos conseguem uma melhor compreensão, pois a abstração no plano (desenho no papel) acontece mediante um modelo físico, um material concreto já fabricado pelos alunos. Inclusive, as medidas para a realização do desenho podem ser tomadas diretamente da geodésica construída.

Para a planificação, sugere-se a adoção da escala 1:2 em relação ao modelo construído previamente. O desenho pode ser realizado tanto artesanalmente, com instrumentos de precisão, tais como lápis, régua e compasso, quanto com recursos de CAD (*Computer Aided Design*), valendo-se de programas como AutoCAD (Figura 9), CorelDRAW e PhotoShop, ou, ainda, de programas mais complexos como Rhinoceros acompanhado pelo *plug-in* Grasshopper. Com a inserção dos equipamentos de prototipagem rápida e de fabricação digital nas escolas de Arquitetura e Urbanismo, é possível passar diretamente do desenho computadorizado para o corte em uma máquina a laser (*laser cut*) ou um plotter de recorte.

Figura 9: Uma das possibilidades de planificação do domo geodésico da Figura 7, com a utilização do AutoCAD.



Fonte: Autor (2018).

Vale destacar que as geodésicas, para além das planificações, suscitam a abordagem de diferentes conteúdos geométricos, tais como os sólidos clássicos – os sólidos platônicos ou figuras cósmicas e os sólidos arquimedianos. Todos esses conteúdos podem ser explorados paralelamente nos exercícios de construção dos domos geodésicos.

4.4. Simulações e projeções: as formas geodésicas como mote de projeto



A partir da ampliação do repertório dos alunos em relação às geodésicas e da construção dos modelos, paralelamente aos processos de planificação, podem ser exploradas atividades criativas e de projeto. Na disciplina Estudo da Forma, os alunos têm sido instigados a pensar como os arquitetos podem se apropriar das geodésicas em seus projetos. Assim, concordamos com Montenegro (1991, p. 78), ao afirmar que

a montagem de geodésicas e de poliedros (especialmente depois de terem sido estudados dois problemas fundamentais da GD – a verdadeira grandeza e a planificação) dá margem a um grande número de alternativas de construção. A montagem de maquetes deve ser associada ao desenho, a fim de desenvolver a capacidade criativa (criar coisas novas ou dar novos usos a coisas velhas, saindo da rotina) em paralelo com a destreza manual e o domínio da teoria da representação gráfica.

Ao propormos a utilização de geodésicas como ponto de partida para o projeto, estamos nos valendo de um método normativo de criação de formas arquitetônicas, detalhadamente exposto por Mahfuz (1995, p. 89 e 90). Segundo o autor, as cúpulas geodésicas são concebidas a partir de um tipo de norma representada pelos sistemas geométricos tridimensionais (MAHFUZ, 1995, p. 90).

Nesse momento, é interessante retomar as propriedades arquitetônicas e construtivas das geodésicas. De acordo com Lotufo e Lopes (1981, p. 43), são características dos domos (geodésicos): (a) proporcionam grandes volumes de espaço claro e desobstruído; (b) sua produção industrial é viável, pois é constituído de várias partes idênticas e formatos semelhantes; (c) são estruturas levíssimas; (d) são construções [relativamente] simples e não demandam mão de obra especializada.

Assim, levando-se em conta essas características, os exercícios projetuais podem ser de naturezas e graus de sofisticação diferentes. Alguns exercícios podem demandar pouco tempo, quando desenvolvidos na própria sala de aula, empregando-se o desenho de croquis, a partir da técnica de *brainstorming* (ou, mais especificamente, *braindrawing*); outros podem demandar mais tempo, sendo indicados como atividade extraclasse, com a qual se propõe a utilização de montagens (computadorizadas ou não), fotoinserções etc., ou de desenhos em perspectiva mais elaborados, criados com técnicas variadas (pintura, lápis de cor, caneta hidrocor etc.).

4.5. Construção de geodésicas em escala natural

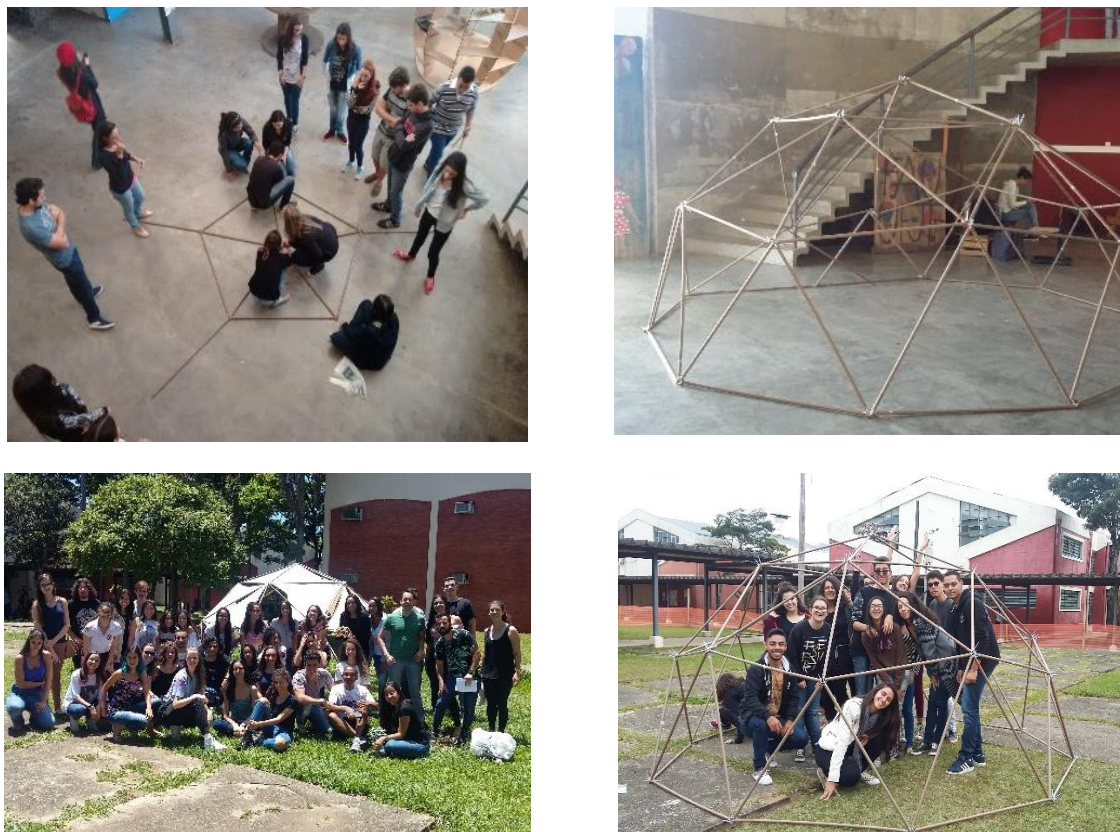
Conforme ressaltam Laverde e Salado (2012), nas escolas de arquitetura ainda há um grande distanciamento entre o projeto e a prática construtiva. Embora tenhamos assistido, com a inserção das tecnologias de prototipagem rápida e de fabricação digital nos espaços de ensino, o prenúncio de uma trajetória de reversão desse quadro, o amplo desenvolvimento de atividades práticas, que levem os alunos a lidarem com problemas de natureza construtiva mais concretas, ainda se faz necessário. É nesse sentido que a construção de um domo geodésico em escala natural pode contribuir.

Na disciplina de Estudo da Forma, o exercício de construção da geodésica tem sido realizado, geralmente, no meio do semestre letivo, após as atividades anteriormente mencionadas, como uma instalação montada em algum lugar público. A geodésica tem sido montada no saguão da faculdade ou no pátio, entre o edifício principal da Faculdade



de Arquitetura e Urbanismo e os edifícios da Faculdade de Engenharia, próximo à cantina (Figura 10).

Figura 10: Construção e instalação de geodésicas em escala natural.



Fonte: Autor (2018).

Embora possam ser utilizados materiais diversos (variando desde tubos [tubetes ou canudos] de papelão de bobinas de papéis ou de tecidos reaproveitados até barras metálicas), a geodésica desse exercício tem sido construída com tubos (canos) de policloreto de vinila (PVC) conectados com nós também cortados em PVC e unidos com abraçadeiras plásticas (de Nylon). Com esses materiais, consegue-se uma estrutura leve, resistente o suficiente para suportar o peso próprio, podendo ficar exposta às intempéries e de baixo custo. Quando desmontada, as peças são guardadas para ser reutilizadas em instalações futuras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme evidenciado neste artigo, a temática da geodésica se mostra bastante pertinente para uma abordagem interdisciplinar entre Geometria, Arquitetura e Engenharia, perpassando diferentes dimensões do projeto, da história e da teoria, da representação gráfica e da tecnologia construtiva.

O que se buscou apresentar foi um encadeamento de atividades tendo como tema gerador as geodésicas. Portanto, para além de um enfoque na temática específica, do ponto de vista metodológico, este artigo expõe alguns exercícios de uma sequência



didática pautada por experiências dialógicas (e não paradoxais) entre a teoria e a prática, entre a abstração e a materialização, entre a representação gráfica bidimensional e a tridimensional, que vão desde a produção de protótipos até a construção em escala natural.

Cumpre, à guisa de conclusão, a partir das experiências trazidas à baila, mencionar que a produção de geodésicas, seja durante a realização de maquetes ou na montagem em tamanho natural, até mesmo em função do aspecto lúdico envolvido na execução das tarefas propostas, tem envolvido os alunos, os quais têm se mostrado muito empenhados na busca por novos conhecimentos e motivados a compreender as relações geométricas, técnicas e estéticas subjacentes ao projeto arquitetônico e à construção civil.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Anália M. M. C. Diálogos entre forma arquitetônica e sua concepção estrutural. In: PERRONE, Rafael Antonio Cunha; VARGAS, Heliana Comin (Orgs.). **Fundamentos de projeto: arquitetura e urbanismo**. São paulo: EDUSP, 2014. p.138-145.

CHING, Francis D. K. **Dicionário visual de arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

DINIZ, João Antônio Valle. **Estruturas geodésicas: estudos retrospectivos e proposta para um espaço de educação ambiental**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro preto. 2006.

ENGEL, Heino. **Sistemas estruturais**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

FULLER, Richard Buckminster. **Synergetics: explorations on the geometry of thinking**. New York: [s.n.], 2002. Disponível em:

<http://www.rwgrayprojects.com/synergetics/synergetics.html>. Acesso em: 2 jul. 2018.

LAVERDE, Albenise; SALADO, Gerusa de Cássia. Construção de uma cúpula geodésica com tubos de papelão: uma experiência na Universidade Federal De Uberlândia – UFU/MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40. **Anais [...]** Belém/PA: ABENGE, 2012. Disponível em:

<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/7/artigos/103924.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2018.

LOPES, João Marcos; BOGÉA, Marta; RABELLO, Yopanan. **Arquiteturas da engenharia, ou, engenharias da arquitetura**. São Paulo: Mandarim, 2006. p.9 e 10.

LOTUFO, Vitor Amaral; LOPES, João Marcos A. **Geodésicas e cia**. São Paulo: Projeto, 1981.

MAHFUZ, Edson da Cunha. **Ensaio sobre a razão compositiva: uma investigação sobre a natureza das relações entre as partes e o todo na composição arquitetônica**. Viçosa: UFV; Belo Horizonte: AP Cultural, 1995.



MARQUES, Diogo. Domos geodésicos: o que são e quais suas vantagens para a construção sustentável. **SustentArqui**. 2016. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/domos-geodesicos-vantagens/>. Acesso em: 15 nov. 2018.

MONTENEGRO, Gildo A. **Geometria descritiva**. São Paulo: Blucher, 1991.

MONTENEGRO, Gildo A. **Ventilação e cobertas**: estudo teórico, histórico e descontraído. São Paulo: Blucher, 1984.

SILVA, Julia Teles da; FARBIARZ, Jackeline Lima. O pensamento de Buckminster Fuller e o LILD, PUC-RIO. In: **Anais do 12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design [= Blucher Design Proceedings, v. 9, n. 2]**. São Paulo: Blucher, 2016. p. 1999-2010. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/ped2016/0170.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.

VANDYKE, Scott. **From line to design**: design graphics communication. 2. ed. Mesa (Arizona, EUA): PDA Publischers, 1985.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. Prefácio: a poética da estrutura na beleza da obra. In: LOPES, João Marcos; BOGÉA, Marta; RRABELLO, Yopanan. **Arquiteturas da engenharia, ou, engenharias da arquitetura**. São Paulo: Mandarim, 2006. p. 9 e 10.

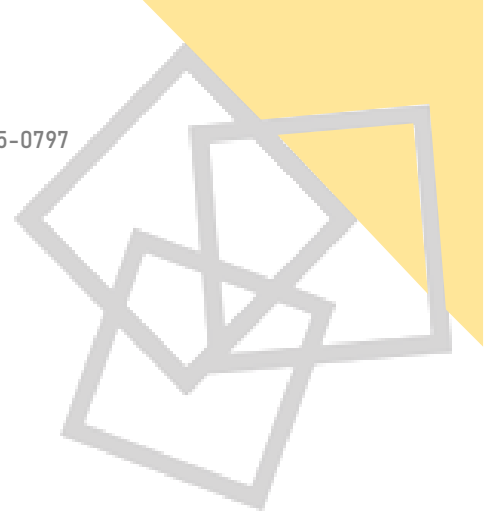
VERSCHLEISSER, Roberto. **Aplicação de estruturas de bambu no design de objetos**: como construir objetos leves, resistentes, ecológicos e de baixo custo. Tese (Programa de Pós-Graduação em Design). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=12258@1>. Acesso em: 5 fev. 2018.

VILLASUSO, Bernardo Marcelo. **El espacio arquitectónico**: la estructura portante. Buenos Aires: El Ateneo, 2009.

WALSH, Niall Patrick. Grimshaw's next Eden Project could be in the North of England. **ArchDaily**. 10 set. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com/901136/grimshaws-next-eden-project-could-be-in-the-north-of-england/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são direcionados à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) – Processos TEC APQ 01041/14 e TEC PPM 00766/15, a qual viabilizou financeiramente as pesquisas das quais geraram parte das reflexões apresentadas neste artigo, e à Profa. Dra. Juliane Figueiredo Fonseca, com a qual tenho compartilhado algumas reflexões e pesquisas ao longo dos últimos anos. Devo, ainda, agradecer aos monitores, mestrandos (estagiários de docência) e aos alunos da disciplina na qual foram desenvolvidos os exercícios relatados neste artigo.



A tomada de consciência docente e discente sobre o desenvolvimento de habilidades para o desenho em perspectiva¹

The grasp of consciousness of teachers and students about the development of perspective drawing abilities

¹Versão expandida do artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019

Adriane Borda Almeida da Silva

Doutora em Educação
Docente do Departamento de
Arquitetura e Urbanismo,
Universidade Federal de Pelotas,
Pelotas, Brasil
adribord@hotmail.com

Tássia Borges de Vasconcelos

Mestre, Doutoranda no Instituto
de Arquitetura e Urbanismo –
USP, São Carlos - SP, Brasil
tassiav.arq@gmail.com

Taís Feijó Viana

Mestre em Arquitetura e
Urbanismo - UFPel
Docente Curso Técnico em
Edificações, Instituto Federal Sul-
rio-grandense, Pelotas - RS, Brasil
taisfviana@gmail.com

Tatiane Brisolara Nogueira

Mestre em Arquitetura e
Urbanismo - UFPel
Docente Curso Técnico em
Edificações, Instituto Federal Sul-
rio-grandense, Pelotas - RS, Brasil
tatiane.b.nogueira@gmail.com

Luciana Sandrini Rocha

Mestre, Doutoranda em
Informática na Educação - UFRGS
Docente Curso Técnico em
Edificações, Instituto Federal Sul-
rio-grandense, Pelotas - RS, Brasil
luciana@pelotas.ifsul.edu.br

RESUMO:

A partir de inquietações docentes sobre as dificuldades de estudantes de arquitetura com o desenho em perspectiva ao longo do processo formativo, que compreende no mínimo cinco anos, imerge-se em teorias piagetianas na expectativa de melhor compreender tais dificuldades. Parte-se de uma análise comparativa de desenhos produzidos, em um contexto específico, nos momentos inicial e de conclusão de curso. Os desenhos analisados foram produzidos entre 2014 e 2019. Utiliza-se, especificamente, a teoria da equilíbrio das estruturas cognitivas e da abstração reflexionante, para pensar a construção de conhecimento sobre a lógica de sistemas projetivos. Este exercício tem permitido aguçar a percepção e identificar os elementos indicativos da tomada de consciência destas lógicas, por parte de cada estudante. Os resultados, sem o propósito de categorizar o perfil dos participantes, questionam o estabelecimento efetivo de um processo de abstração reflexionante junto à atividade de representar a mão livre, mesmo entre os concluintes. E, com isto, contribuem para a formação docente na área de representação, construindo critérios e apontando estratégias para a configuração de discursos didáticos que possam auxiliar, de maneira objetiva, os estudantes a aperfeiçoarem tal habilidade.

Palavras-chave: docência; representação gráfica; Piaget; abstração reflexionante; teoria da equilíbrio.

ABSTRACT:

Starting from teachers concerns about the difficulties of architecture students with drawing in perspective throughout the formative process, which comprises at least five years, immerses itself in Piagetian theories expecting a better understanding in such difficulties. It starts with a comparative analysis of drawings produced, in a specific context, at the initial and conclusion phases of the course. The analyzed drawings were produced between 2014 and 2019. The equilibration of cognitive structures and reflective abstraction theories are specifically used to think about the construction of knowledge about the logic of projective systems. This exercise has allowed to improve the perception and identification of the indicative elements of awareness of these logics by each student. The results, without the purpose of categorizing the profile of the participants, question the effective establishment of a process of reflective abstraction along with the activity of free hand representing, even among concluding students. Therefore, they contribute to the teacher education in the area of representation, building criteria and pointing out strategies for the configuration of didactic speeches that can objectively help students to improve this skill.

Keywords: teaching; graphic representation; Piaget, reflective abstraction; equilibration of cognitive structures.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo parte de reflexões sobre as trajetórias das próprias pesquisadoras, relativas as suas habilidades tanto para o desenho em perspectiva quanto para a docência neste tema específico. Todas elas com a mesma formação de graduação, em arquitetura, atuando como docentes em contextos diferentes e com tempos e tipos de investimentos formativos para tal também diversificados. As trajetórias incluem as experiências docentes tanto em cursos de graduação e pós-graduação quanto em nível técnico, variando de cinco a trinta anos de experiência. Tais reflexões buscam avançar na compreensão da eficácia do ensino formal de representação gráfica, particularizada, neste caso, pela produção de croquis em perspectiva junto a um contexto de formação em arquitetura.

Inicialmente, compreendemos que o desenho, no contexto de ensino de arquitetura, tem caráter representativo e de antecipação, confundindo-se muitas vezes com o próprio ato projetual. Investiga-se de que modo a formação acadêmica tem contribuído para a construção de conhecimentos em Geometria, que é a base teórico-conceitual da representação gráfica em arquitetura. De acordo com Gonçalves (2011):

O desenvolvimento da capacidade de fazer relações mentais por meio das noções de medidas, localização, posicionamento, rotação, deslocamento, escalas e representação, originados pela observação de elementos visuais, é promovido pelo estudo da Geometria, fazendo com que os estudantes ampliem a habilidade de compreender, previamente, o espaço e os objetos a serem criados (GONÇALVES, 2011, p. 99).

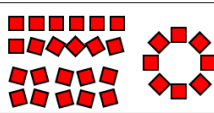
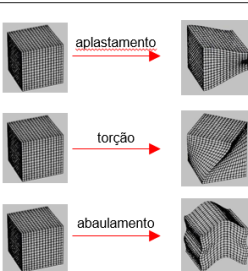
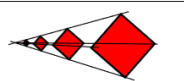
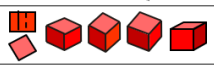
O desenho é a principal linguagem adotada como meio de comunicação em todas as fases de elaboração de um projeto, e é desenvolvido como um processo de codificação e decodificação de símbolos e signos próprios da representação gráfica. No âmbito de processos formativos de arquitetos, engenheiros e técnicos de especialidades que atuam sobre o espaço investe-se no reconhecimento de conhecimentos em geometria gráfica.

O problema fundamental do desenho de arquitetura é como representar formas, construções e espaços tridimensionais em apenas duas dimensões. Três tipos distintos de sistemas evoluíram ao longo do tempo para cumprir essa missão: desenhos de vistas múltiplas, de linhas paralelas e em perspectivas cônicas. [...] Entender esses princípios e suas convenções é crucial para elaboração e leitura de desenhos de arquitetura (CHING, 2011, p. 35).

Estes sistemas, referidos por Ching, estão fundamentados no âmbito das geometrias clássicas (Quadro 1). Cada tipo de desenho adquire uma estrutura em função dos tipos de transformações geométricas aplicadas aos elementos das figuras representadas. Estas transformações podem ser por isometrias, semelhanças, afinidades ou projetividades (Sanz; Moratalla, 1998). Esta sequência, que traduz uma lógica de aumento de complexidade, da geometria euclidiana à projetiva, é inversa à quantidade de invariantes projetivos envolvida em cada uma. Observa-se que à Geometria Projetiva, que fundamenta todo o desenho em perspectiva, está associado um único invariante projetivo: manutenção das razões duplas. Os programas curriculares são tradicionalmente organizados buscando traduzir esta sequência, exatamente porque o aumento de complexidade exige uma capacidade maior de abstração. Partem do estudo geométrico das figuras planas até as espaciais, das transformações isométricas (de manutenção de medidas e ângulos, e consequentemente de paralelismos e razões duplas) até as projetivas. Para além destas geometrias clássicas, se avançaria para níveis mais altos de

abstração, para incluir, por exemplo, estudos no campo da topologia. Neste caso, são permitidas transformações a partir, por exemplo, de torções e aplastamentos, modificando assim de maneira mais radical todas as relações entre os elementos, mas mantendo noções de lugar, como dentro, fora, direita, esquerda, etc. E, ainda se poderia considerar níveis mais altos de abstração, como por exemplo, a geometria fractal, indo muito além do escopo deste estudo.

Quadro 1: Geometrias clássicas e Topologia.

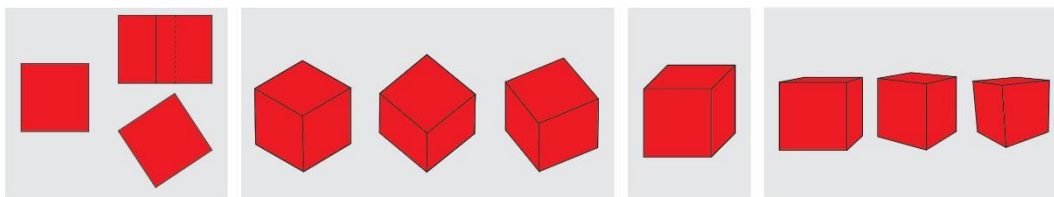
Geometrias Clássicas					Topologia
Geometria	Grupo de Transformações		Invariantes	Exemplos	Admite outras transformações
Euclidiana	Isometrias	translações	distâncias		
		rotações	ângulos		
		simetrias	paralelismo		
			razões duplas		
Equiforme	semelhanças	isometrias	ângulos		
		homotetias	paralelismo		
			razões duplas		
Afim	afinidades		paralelismo		
			razões duplas		
Projetiva	projetividades		razões duplas		

Fonte: Adequado de Sanz e Moratalla (1998) e ampliado (autoras).

Junto à formação em arquitetura, os estudos básicos de geometria plana e espacial são considerados relativos ao ensino fundamental e médio, abordando-se diretamente os estudos de projeção paralela ortogonal (geometria descritiva e projeção cotada), para logo abordar o desenho em perspectiva, adicionando-se então as projeções oblíqua e cônica. Desta maneira, exige-se do estudante ingressante uma capacidade de abstração capaz de compreender os procedimentos projetivos, para, então, representar o espaço tridimensional em um espaço bidimensional, no plano da imagem. Entretanto, o desenvolvimento desta capacidade de abstração tem tido pouco investimento junto ao sistema educativo prévio à graduação. Esta percepção, adquirida não somente pelas experiências discentes e docentes aqui envolvidas, é também estudada e confirmada por diversos autores no Brasil (KOPKE, 1996; 2009 e BUENO, 2015). Frente a isto, por parte dos discursos didáticos, faz-se necessário, frequentemente, investir no resgate, ou mesmo na construção de conceitos básicos de geometria, para logo poder abordar o desenho em perspectiva.

No contexto do presente estudo, o conjunto de representações da Figura 1 é apresentado na introdução de uma disciplina de primeiro semestre, logo após coletar dados sobre os conhecimentos prévios dos ingressantes quanto a esta habilidade específica. Para isto, são solicitados a representar cubos em perspectiva, utilizando-se do desenho à mão livre, e logo são provocados a identificar os tipos de sistemas utilizados, comparando com aqueles apresentados na Figura 1. A provocação tem o propósito específico de tratar de construir um olhar analítico para a compreensão dos invariantes projetivos associados a cada representação, referidos no Quadro 1. Para cada estrutura, objetivamente, faz-se o seguinte questionamento: que tipo de transformação ocorre em termos de distâncias, ângulos e paralelismos?

Figura 1: Representações de um cubo. Na sequência: sistema paralelo ortogonal (1 projeção, bi-projetivo, iso, di e trimetria); paralelo oblíquo; sistema cônico (1, 2 e 3 pontos de fuga).



Fonte: Autoras.

A compreensão destas lógicas fica perfeitamente evidenciada na prática de representação em croquis de arquitetura, percebe-se quando existe o controle efetivo das estruturas correspondentes à cada sistema. A desestruturação ou inconsistência na representação, que dificulta a comunicação, atribui um diferencial muito frequente entre os estudantes, promovendo, mesmo entre eles, a etiquetagem naqueles “talentosos” para o desenho. E, muitas vezes, esta diferenciação induz, por consequência, a falta de motivação para investir no desenvolvimento de tais habilidades a partir de um conhecimento construído neste momento formativo.

Entretanto, a síntese, traduzida pelo Quadro 1, ou pelo conjunto de imagens da Figura 1, deve ser compreendida frente ao tempo histórico em que foi construída, atentando para a complexidade do tipo de conhecimento envolvido.

1.1. A dimensão genética dos procedimentos projetivos (constituição histórica dos saberes do campo da geometria)

Compreender a dimensão genética deste conhecimento tem auxiliado a ação docente e talvez venha sendo pouco enfatizada junto à ação discente. A tomada de consciência de tal complexidade auxilia a compreender as dificuldades para o desenvolvimento das habilidades para o desenho em perspectiva. A partir de Borda (2001), tem-se um estudo sobre o processo histórico de constituição dos saberes da Modelagem Geométrica. Estes saberes, próprios da Informática Gráfica, observados sob a perspectiva deste estudo, oportunizaram a automatização dos procedimentos projetivos, atribuindo até mesmo um caráter lúdico, sem envolver processos cognitivos complexos. Representar um cubo sob qualquer ponto de vista tornou-se uma tarefa muito simples e intuitiva com a interface de ferramentas gráficas no espaço digital. Para tanto, este processo histórico envolveu níveis bem mais elevados de abstração, frente à necessidade de traduzir o desenho à linguagem binária dos computadores. Com isto, a história do desenho projetivo forneceu elementos fundamentais para tal evolução.

De acordo com a leitura realizada em Borda (2001), compreende-se, a partir do estado da arte, que a automatização dos procedimentos projetivos implícitos à Modelagem Geométrica foi sendo estruturada na medida em que as linguagens gráficas foram sendo correspondidas às algébricas, e vice-versa, estabelecendo-se assim a linguagem gráfico-algébrica. A **gráfica**, foi sendo constituída no âmbito dos postulados de Euclides (300 a.C.), à sistematização da Perspectiva no século XV, ou também à Geometria Descritiva, já no final do século XVIII. A trajetória de estruturação da linguagem **algébrica**, inclui saberes desde a Aritmética até a Álgebra, evoluindo para a Geometria Analítica e a Diferencial. Uma linguagem foi continuamente potencializada pela outra, tendo-se o caso emblemático das fortes interações provocadas por Gaspar Monge entre a sistematização, em paralelo no tempo, da Geometria Diferencial e da Descritiva. Em crescente

complexidade destas interações, é somente na primeira metade do século XIX que ocorre a sistematização da Geometria Projetiva, havendo assim a tradução do desenho ao número, por meio da linguagem **gráfico-algébrica**.

Os princípios lógicos dessa tradução já estavam estabelecidos desde muito tempo por meio de experimentos com as superfícies cônicas, para depois vir a constituir o conceito de invariante projetivo. Surgiu então, a partir da compreensão das relações estabelecidas entre as seções planas (circunferência, elipse, parábola e hipérbole) decorrentes de estarem conectadas por um feixe de retas que parte de um mesmo ponto (vértice da superfície cônica). Neste sistema, encontram-se as ações fundamentais de um sistema projetivo: projetar e cortar. Assim como, pode-se abstrair para a caracterização dos próprios elementos constituintes deste sistema: vértice, como observador; feixe de retas, como projetantes; seções como projeção (figuras planas/imagens), produzidas pelo plano de seção. Este, por sua vez, como plano de projeção (plano do quadro). Sendo que as posições relativas entre estes elementos caracterizam diferentes sistemas com estruturas próprias, regidas então pelos invariantes projetivos. Ao abstrair a localização do observador no infinito, tem-se a caracterização do sistema cilíndrico ou paralelo de projeção. Entretanto, para a algebrização de todas estas relações custou para a ciência um tempo de mais de 500 anos. E, seguindo esta leitura histórica, observa-se que a topologia, com suas lógicas muito primárias em termos intuitivos (dentro e fora, direita e esquerda, ...) foi modelada no sentido matemático somente no final do século XIX. Igualmente aos demais que a precederam, resultou da reorganização de um conjunto de saberes, potencializados entre si, havendo complexidade crescente para obter modelos representativos de transformações geométricas. Nesta trajetória, desde o espaço euclidiano ao topológico, compreende mais de dois mil anos para tecer esta rede de saberes.

A observação da constituição de um conhecimento no tempo, além de evidenciar a elevada abstração necessária para seu entendimento, instiga a aproximação às teorias piagetianas. Os estudos do biólogo e epistemólogo suíço Jean Piaget, partiram do propósito de entender os processos de construção do conhecimento em si, delimitando o campo da epistemologia genética (PIAGET, 2007). Entretanto, estes estudos acabaram levando Piaget a observar diretamente a psicogenética do desenvolvimento da criança, a partir das noções do espaço. Com isto, buscou compreender como desenvolvemos a capacidade de abstração para poder avançar de conhecimentos mais simples para os mais complexos. Neste tema estabeleceu uma parceria de mais de 40 anos com a psicóloga suíça Bärbel Inhelder, investigando a “compreensão do espaço e da geometria pela criança” (KESSLERLING, 2008 p. 43). Por envolverem assim, a construção de um conhecimento em geometria, tais teorias são aqui estudadas.

Apesar do foco, no caso do presente estudo, ser a aprendizagem de jovens ou adultos ingressantes em um curso de arquitetura, entende-se fundamental a compreensão da gênese do processo cognitivo relativo ao raciocínio visuoespacial. Outros autores, como Rodrigues (1996), Silva Jr. (2007), Moniz (2013) e Pereira, Duarte e Lopes (2011) também se apropriaram das teorias de Piaget para estudar os processos cognitivos envolvidos no ato de desenhar dirigidos a um grupo de jovens/adultos.

1.2. Desenvolvimento de estruturas cognitivas para a compreensão do espaço e da geometria

Segundo Piaget, a criança nasce com a capacidade de desenvolver estruturas cognitivas, e não propriamente com estas estruturas. Esta capacidade passa a ser desenvolvida em função de sua interação com o meio, como uma necessidade humana, latente. A partir de suas observações ele identificou estádios de desenvolvimento destas estruturas que evoluem, em geral, conforme a idade: o **sensório-motor** (dos 0 aos 2 anos), quando se dá o início das interações sociais e a criança assimila e estuda objetos e suas propriedades a partir dos esquemas de ação que dispõe; o **pré-operatório** (entre 2 e 7 anos), quando se inicia a atividade representativa resultante da interiorização das ações motoras decorrentes do desenvolvimento anterior; o **operatório concreto** (entre 7 e 12 anos), quando a atividade representativa é mais desenvolvida, a criança pode imaginar transformações e consegue realizar operações lógicas matemáticas elementares, mas depende ainda do apoio do concreto; o das **operações formais** (a partir dos 11-12 anos), quando é evidenciada a capacidade de reversibilidade de operações podendo, assim, operar tanto do concreto ao abstrato quanto do abstrato ao concreto, tendo a consciência de que se trata de uma mesma operação. Entretanto, **esta cronologia é variável de acordo com as condições individuais de cada sujeito, bem como o tipo de estímulo recebido em seu meio social.**

Por razões metodológicas, Piaget e Inhelder trabalharam em suas pesquisas com sujeitos de idade máxima de 16 e 17 anos, em função de que “a capacidade cognitiva do adulto depende, mais intensamente do que a da criança, das suas condições de socialização” (KESSERLING, 2008 p. 149). Contudo, deve-se compreender que cada um desses períodos se caracteriza pela conquista, pelo indivíduo, de competências que avançam gradualmente desde as operações mais simples com objetos concretos até os mais elevados níveis de abstração, que constituem o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático e onde o indivíduo torna-se capaz de operar exclusivamente com hipóteses. Assim, entende-se que

Os esquemas de comportamento e pensamento dos níveis inferiores são, por conseguinte, integrados pelos níveis superiores e ajustados a esses. Isso significa, no entanto, que as capacidades adquiridas nos níveis precedentes não se perdem nos subsequentes, mas são mantidas (embora sob forma alterada) (KESSERLING, 2008, p. 101).

A teoria da equilibração das estruturas cognitivas de Piaget (1976) explica que cada estágio é caracterizado por processos graduais de assimilação, acomodação e equilibração, necessários ao desenvolvimento do estágio seguinte. Esses processos ocorrem de modo cíclico e quase simultaneamente, ou seja, a cada assimilação – que ocorre em função de um novo estímulo ou desequilíbrio – corresponde uma nova acomodação e um novo patamar de equilibração, que prepara para a próxima assimilação, e assim por diante, o que caracteriza nossa capacidade de construir conhecimentos ao longo da vida. Para Kesserling (2008),

Fundamentalmente, Piaget considerou a equilibração como o processo pelo qual se efetiva a construção das estruturas do conhecimento. Quando, no entanto, ele se dedicou ao exame detalhado desse processo, notadamente em vastos segmentos de sua obra empírica, ele não deixou dúvida de que a equilibração consiste numa multiplicidade de processos concorrentes. Dos mais importantes fazem parte a assimilação e a acomodação, a abstração reflexionante (abstraction réfléchissante), a tomada de consciência (prise de conscience) e a descentração (décentration)” (KESSERLING, 2008, p. 80).

Piaget e Inhelder (1993), apoiando-se em uma linguagem geométrica de significado correspondente com aquele tratado na abordagem histórica, porém em relação ao momento de construção da ideia e não propriamente em seu momento de algebrização, afirmam que o espaço perceptivo

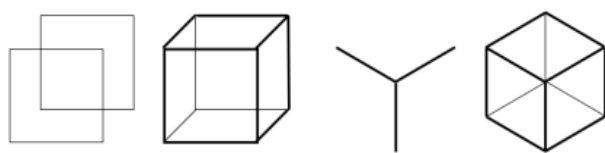
é construído segundo uma ordem de sucessão que vai de relações topológicas iniciais a relações projetivas e métricas, depois, finalmente, a relações de conjuntos ligadas aos deslocamentos dos objetos, uns relativamente aos outros (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 60).

Os autores observam que a criança se relaciona ativamente, desde cedo, com o espaço sensório-motor, através da percepção e do desenvolvimento da motricidade, avançando até a conquista da linguagem e da representação figurada. Destacam a diferença entre o espaço perceptivo (ou sensório-motor) e o espaço representativo (ou intelectual), explicando que “a percepção é constituída em contato direto com o objeto, ao passo que a imagem intervém em sua ausência” (PIAGET; INHELDER, 1993). Segundo eles,

É a partir do momento em que aparece a função simbólica, isto é, em que se diferenciam os “significantes”, sob a forma de símbolos (imagens) ou de signos (palavras), e os “significados”, sob a forma de relações pré-conceituais ou conceituais, que a representação é acrescentada à atividade sensório-motriz. É nesse nível que começa o espaço representativo [...] (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 472).

Compreende-se que a representação surge por meio da ação interiorizada sobre o espaço. “Por mais indispensável que seja a título de suporte ou significante, não é a imagem que determina as significações: é a ação assimiladora que constrói as relações, cuja imagem não é senão um símbolo” (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 476). Assim, **quando a imagem é produzida sem estas relações, apresenta caráter puramente figurativo, sem significado**. Por exemplo, no caso de um cubo pelo sistema paralelo oblíquo, o protocolo frequentemente ensinado desde o fundamental consiste no deslocamento de um quadrado em relação ao outro e, logo, à conexão entre os vértices (à esquerda da Figura 2). A partir da experiência docente, identifica-se recorrentemente tratar-se muito mais da memorização de uma imagem do que de uma representação propriamente dita, ou seja, a ação assimiladora das relações envolvidas no sistema projetivo adotado. Esta lógica repete-se com o protocolo de representação de um cubo em isometria, ilustrado à direita da Figura 2. É bastante frequente os estudantes de arquitetura terem dificuldades de compreender, por exemplo, que as arestas de altura também estão igualmente inclinadas em relação ao plano de projeção. Comum também haver um traço involuntário, junto a uma representação própria de um sistema paralelo, apontando para a configuração de pontos de fuga. Poderíamos interpretar como uma dificuldade se colocar no lugar do outro, ou mais precisamente, de se colocar em um local abstrato como se caracteriza um ponto de vista situado em um ponto impróprio? E, estando ali situado, o estudante entende que utiliza um feixe de retas paralelas para executar a projeção? Existe esta tomada de consciência sobre tais relações e consequências em termos de representação? Os discursos docentes cansam de repetir: “tudo que está paralelo no espaço, em um sistema paralelo, segue paralelo em projeção”. O quanto este invariante projetivo (paralelismo) é efetivamente compreendido? Ou apenas as representações paralelas são construídas como imagem?

Figura 2: Protocolos gráficos de representações de um cubo em perspectiva paralela oblíqua e ortogonal, no caso, em isometria.



Fonte: Autoras.

Para este tipo de problematização, em Piaget (1995) encontra-se o conceito de **abstração reflexionante**. Para apresentar este conceito, o autor argumenta que, enquanto a abstração empírica diz respeito a tudo que pode ser observável, ou seja, ao conhecimento sensorial, a abstração reflexionante se caracteriza pela retirada de qualidades dos objetos, através de processos endógenos de coordenações das ações que são associados ao raciocínio lógico-matemático. No caso, pode-se extrair a qualidade de manutenção de paralelismos entre arestas de mesma direção, como já mencionado, para o caso das perspectivas paralelas. Piaget considera que é no ápice do processo da abstração reflexionante que ocorre a **tomada de consciência** pelo sujeito. A partir do estabelecimento de um processo de abstração reflexionante, o estudante, ao representar, por exemplo, a perspectiva da esquerda da Figura 2, estaria ciente de que trata-se de um sistema abstrato, que não tem a ver com o que seria produzido por uma fotografia, pois, neste caso, haveria um ponto de vista determinado. Estaria ciente dos componentes de todo o sistema projetivo e das posições relativas entre eles. Ciente também da necessidade de normatizar as razões entre ângulo de fugitivas e fator de redução das profundidades, para que se assemelhe ao sistema perceptivo e se reconheça então como um cubo e não um poliedro reto qualquer. Estaria ciente de todas as elaborações no tempo para a sistematização do conhecimento que está tratando.

Kesserling (2008) facilita a compreensão do conceito de abstração reflexionante, exemplificando o isolamento de uma qualidade perceptível de uma folha, remetendo a sua tonalidade verde e à evolução para o conceito de cor. Transpondo a explicação, quando abstraímos a qualidade perceptível de um desenho em perspectiva, como qualquer um dos apresentados na Figura 2, isolamos aspectos individuais para logo avançar ao conceito de invariantes projetivos e generalizar, para os casos em questão, a manutenção dos paralelismos e das razões duplas.

Isolar e generalizar compõem, portanto, ambos os passos daquela abstração que leva à formação de conceitos empíricos. Dessa abstração comum ou (como também a chamava) empírica, Piaget distinguiu a chamada abstração reflexionante (réflechissante). Ela também conduz a conceitos, partindo, no entanto, de aspectos ou de propriedades de ações ou operações – quiçá de regras de ação e operação ou de prescrição, de modos de agir, de pontos e vista que influem no estabelecimento de relações, etc. A maior parte dos conceitos lógicos e matemáticos são devidos a tais abstrações reflexionantes. Uma abstração empírica leva a uma constatação; a abstração reflexionante atinge maior profundidade e leva à compreensão (KESSLERLING, 2008, p. 86).

Nos estádios sensório-motor e pré-operatório, bem como em parte do operatório concreto, a representação espacial tende a ser apenas uma “evocação figurada”, uma reprodução de imagens conhecidas, e a criança ainda não é capaz de operar com os objetos ativamente (representar, por exemplo, um objeto em diferentes pontos de vista ou imaginar a seção de um objeto qualquer sem precisar executá-la). A representação espacial passa a ser uma ação interiorizada quando ela adquire domínio sobre significantes e significados, e já não depende de objetos concretos para operar com eles,

dominando a habilidade de reversibilidade. Esta habilidade, ou seja, a capacidade de trabalhar sobre hipóteses, é desenvolvida, em geral, ao longo do estágio operatório concreto. Assim,

[...] a intuição do espaço não é mais uma leitura das propriedades dos objetos, mas, antes, desde o início, uma ação exercida sobre eles; e é porque essa ação enriquece a realidade física, ao invés de extrair dela, sem mais, estruturas completamente formadas, que ela consegue ultrapassá-la gradualmente, até constituir esquemas operatórios suscetíveis de serem formalizados e de funcionarem dedutivamente por si mesmos (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 469).

O diálogo estabelecido por Piaget com a geometria facilita compreender que as noções do espaço são construídas em função do desenvolvimento de relações de caráter topológico, projetivo e euclidiano. Ele explica que, enquanto as relações de caráter topológico dizem respeito às operações infralógicas, as de caráter projetivo e euclidiano estão relacionadas às operações lógico-aritméticas, caracterizadas pela abstração reflexionante. As relações topológicas se estabelecem a partir da intuição espacial que ocorre no início da percepção ativa e do desenvolvimento da motricidade. Nesta concepção, as relações espaciais elementares são: 1) de vizinhança ou proximidade entre elementos que se encontram num mesmo campo de visão; 2) de separação ou dissociação, distinguindo elementos entre si numa determinada totalidade; 3) de ordem ou sucessão espacial, entre elementos ao mesmo tempo vizinhos e separados e organizados de modo sequencial ou de repetição, como as simetrias; 4) de circunscrição ou envoltório, como ocorre na relação de interioridade de um objeto dentro de uma caixa; e 5) de continuidade de linhas e superfícies, relacionada à percepção de um campo espacial contínuo. Na geometria estas relações constituem a topologia, que diz respeito às relações elementares de uma mesma figura considerada em si mesma e da analogia entre uma figura e outra, distinguindo-se das noções de formas rígidas, de distâncias, retas, ângulos, medidas e relações projetivas (PIAGET & INHELDER, 1993). Aqui é importante perceber a diferença dos níveis de complexidade referida anteriormente, junto à história da sistematização da topologia. Neste caso, refere-se às ideias intuitivas em relação ao espaço e não sobre a elaboração matemática para a implementação de algoritmos capazes de traduzir as relações topológicas (por exemplo, para ensinar a uma máquina o que está dentro ou fora de um objeto).

As relações projetivas, no campo da intuição sobre o espaço, evoluem, por sua vez, a partir das relações topológicas (homeomorfias, ou intrínsecas ao objeto), mas diferenciam-se destas por se tratarem de relações entre objetos de um sistema. Em uma representação projetiva, o objeto ou sua figura passa a ser considerado a partir de um ponto de vista e das relações que estabelece neste conjunto.

Com as noções projetivas, as formas das figuras, suas posições respectivas e as distâncias aparentes que as separam, mas todas sempre relativamente a um ponto de vista considerado, são acrescentadas às relações topológicas internas” (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 488).

Estas noções referem-se tanto aos pontos de vista coordenados quanto aos planos sobre os quais se projetam as figuras. “Nas relações projetivas, nem as paralelas, nem os ângulos, nem as distâncias são ainda conservadas” (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 495).

Assim como as relações projetivas, as relações euclidianas também derivam das relações topológicas. Ambas constituem relações de desenvolvimento mais tardio, e ainda

que sejam independentes entre si, são solidárias. As relações euclidianas baseiam-se na conservação de distâncias, paralelismos ou convergências, proporções e ângulos.

Piaget defende que o raciocínio lógico-matemático é construído a partir da experiência ativa sobre o espaço sensório-motor. Ele se apropria do conhecimento matemático para explicar, do ponto-de-vista da Psicologia, como ocorre a genética do desenvolvimento cognitivo espacial em crianças. No entanto, Piaget observa uma ordem de aquisição de habilidades por parte dos indivíduos (inicialmente as relações topológicas, e a partir destas as relações projetivas e euclidianas) distinta da evolução da Matemática como ciência:

[...] essa ordem de sucessão nada tem de necessária e encontra-se mesmo tão pouco com as ideias habituais sobre a representação espacial que, a nosso ver, ela ainda não foi reconhecida [...]. Tal inversão da ordem genética perceptiva não teria tido nada de absurdo, pois a ciência geométrica seguiu esse caminho: os elementos de Euclides apoiam-se na geometria métrica e nas semelhanças, a geometria projetiva só tomou corpo nos séculos XVII (Desargues), XVIII (Monge) e XIX (Poncelet), ao passo que a Análisis situs ou topologia é uma concepção moderna. Poderia, pois, ter acontecido de a representação intuitiva, como a análise reflexiva, ter invertido a ordem da gênese real e é o que se admite geralmente quando a ordem reflexiva e a ordem genética não são confundidas, ao modo dos autores de tratados elementares que partem da distância e das figuras euclidianas simples como se se tratasse dos “elementos” reais da construção do espaço (PIAGET; INHELDER, 1993, p. 61).

Trazendo-se estas duas leituras, da abordagem da construção do conhecimento na história e da abordagem psicogenética, reúnem-se elementos que potencializam a reflexão: por vezes parecem indicar crescimentos em sentidos contrários, quanto aos níveis de abstração associados a cada tipo de conhecimento, do espaço topológico, projetivo e euclidiano. Mas, ao tratar do tipo de abstração envolvida, empírica ou reflexionante, compreende-se a correspondência entre tais leituras.

1.3. A construção do conhecimento discente

No caso aqui abordado, de desenho projetivo, talvez se possa associar o estabelecimento de uma abstração empírica junto ao processo de representações digitais produzidas pelos estudantes de maneira automatizada. Este tipo de experiência facilita a construção de um conhecimento sensorial, de relações topológicas, mas pode não necessariamente levar a uma abstração reflexionante. Esta sim, como foi visto, exige o estabelecimento de processos endógenos de coordenações das ações que são associados ao raciocínio lógico-matemático. A representação digital pode estar envolvendo somente uma representação figurativa, de observação da imagem. Entende-se ser mais fácil de perceber a instalação de uma abstração reflexionante a partir de um desenho a mão. Para este tipo de desenho faz-se necessário de ante mão decidir o sistema de representação a ser adotado e logo, compreender as estruturas e seus invariantes projetivos. Entretanto, em qualquer caso, dependerá da tomada de consciência sobre o conhecimento envolvido.

Interpretar os desenhos produzidos pelos estudantes a partir dessa compreensão pode auxiliar os docentes sobre quais conhecimentos devem ser explicitados para que haja avanço na aprendizagem e, a partir disso, propor estímulos capazes de desencadear processos de construção de conhecimento que levem à tomada de consciência por parte dos mesmos, em relação ao(s) sistema(s) de projeção utilizado(s). Para tal, o estímulo

deve ser capaz de desequilibrar (no sentido piagetiano) as estruturas existentes, caracterizando um processo de assimilação, que por sua vez gera uma nova acomodação e um novo patamar de equilíbrio.

Os estudos até aqui mencionados, permitiram destacar a dúvida, pela experiência docente das autoras envolvidas nesta reflexão, sobre a possível permanência da produção, por alguns indivíduos, de representações figurativas mesmo ao final de um processo formativo em arquitetura. Com base na obra de Piaget, Kesserling (2008) observa que

Quem sabe como algo se faz sabe, também, de modo geral, quando incorre em algum erro. A tal saber intrínseco à ação (...), segue-se a capacidade de revelar as regras ou os esquemas utilizados, o que se manifesta, não raro, apenas anos depois. É essa capacidade que pressupõe uma abstração reflexionante (KESSERLING, 2008 p.86).

Assim, o presente estudo se propõe a refletir sobre a problemática relativa ao desenvolvimento de estruturas cognitivas necessárias à construção de conhecimentos em geometria, caracterizados pelo processo de abstração reflexionante, bem como ao pouco tempo dedicado ao processo formativo nessa área, tanto docente quanto discente.

2. METODOLOGIA

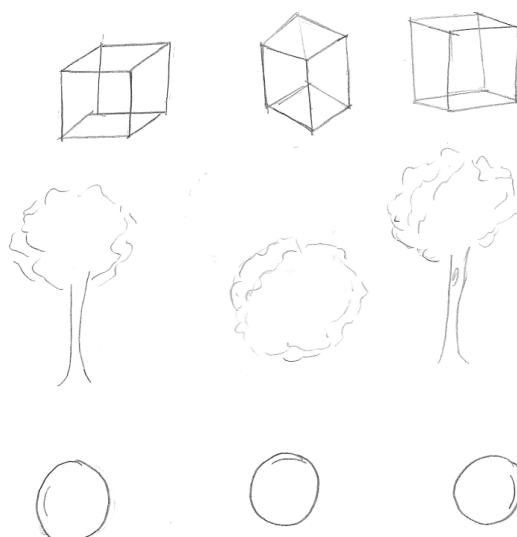
De acordo com o exposto na introdução, este estudo partiu do interesse formativo de um grupo docente a fim de compreender as dificuldades dos estudantes de arquitetura para o desenho em perspectiva. Como método, buscou-se inicialmente entender a dimensão genética do conhecimento tratado, e, logo, compreender como se dá o desenvolvimento cognitivo para a apropriação do mesmo. Estabelecendo-se um processo dialógico entre estas duas abordagens, a histórica e a piagetiana, os desenhos referidos passaram a ser analisados pelo grupo, utilizando-se de critérios apoiados na explicitação de elementos que identifiquem a compreensão do conceito de invariantes projetivos. Sendo assim, partiu-se da consideração de que estes elementos podem apontar para a tomada de consciência, ou não, sobre a lógica dos sistemas projetivos adotados em cada representação.

Os desenhos em perspectiva e produzidos à mão livre (representações gráficas de um cubo) decorrem de um processo de coleta em duas etapas, relativas aos momentos de ingresso e de conclusão de curso, obtendo-se assim representações realizadas pelo mesmo sujeito. O acervo de desenhos vem sendo constituído desde 2001, com certa continuidade em relação à coleta da primeira etapa. Entretanto, com muitas discontinuidades em relação à segunda. As reflexões aqui registradas, as quais não tem o propósito de análises quantitativas e nem tão pouco comparativas entre as habilidades dos estudantes, são relativas aos desenhos produzidos no período de 2014 a 2019. Contou-se, neste intervalo de tempo, com 25 casos passíveis de análise: desenhos de início e final de curso do mesmo estudante.

A coleta da primeira etapa, junto à aula inaugural da disciplina de primeiro semestre, é realizada utilizando-se de um exercício com o seguinte enunciado: representar um cubo, uma esfera e uma árvore, cada um deles sob três pontos de vista diferentes, em perspectiva (de acordo com a compreensão de cada um sobre este conceito). Este exercício é proposto para ser realizado em apenas dez minutos, partindo-se do pressuposto que, com este tempo, as representações serão realizadas a partir de um

repertório mais imediato possível. Fica explícito o caráter não avaliativo e sim de registro do conhecimento prévio, individual, e o propósito de facilitar a autoavaliação, por cada estudante, junto ao momento de conclusão da disciplina. Os desenhos para a segunda etapa de coleta são realizados entre os dois últimos semestres de curso, partindo-se do mesmo tipo de enunciado, recontextualizando o discurso e explicando os interesses da pesquisa, solicitando que voluntariamente participem, com a garantia do anonimato da autoria de qualquer um dos desenhos. A Figura 3 exemplifica o tipo de resultado do exercício: no máximo nove representações, tendo em vista que nem todos os estudantes ingressantes, ou até mesmo concluintes, atendem ao enunciado completamente. Muitos justificam que o tempo dado é exíguo. Destaca-se também, junto ao enunciado, em ambas as etapas, sobre a recomendação de não utilizar borracha, sendo importante que todas as tentativas de redirecionamento do traço constituam a história do desenho, aconselhando-os a reforçar, caso necessário, os traços considerados mais representativos.

Figura 3: Desenho elaborado por uma estudante ingressante.



Fonte: Autoras.

Após a finalização do exercício, busca-se empoderar os estudantes com a percepção de que quem sabe desenhar um cubo em perspectiva, deveria saber desenhar qualquer coisa, desde que compreenda as possíveis relações geométricas entre a forma desta coisa com este cubo (ou com um poliedro reto qualquer, dependendo das proporções entre altura, largura e profundidade). Isto é muito enfatizado, visto que todos os estudantes, mesmo em um momento inicial, conseguem aproximar-se da tarefa de comunicar, por meio da perspectiva, a forma de, pelo menos, um cubo. Para validar este discurso de empoderamento, introduz-se diretamente o conceito de sólido envolvente como método de representação, largamente difundido por Montenegro (1983). Tanto para o caso da esfera quanto para o da árvore, destaca-se a lógica de identificação destas relações e das razões entre altura, largura e profundidade intrínsecas a estes objetos, facilitando a estruturação do desenho.

Deve-se destacar que as reflexões iniciais relativas a este estudo foram apresentadas junto ao Graphica 2019, fórum científico promovido pela Associação Brasileira de Expressão Gráfica (ABEG). Buscou-se com este trabalho, explicitar com mais

detalhes, os referenciais teóricos adotados. Este detalhamento retoma a discussão no grupo e provoca a revisão dos materiais e métodos a serem utilizados para compreender como os desenhos coletados podem fornecer elementos que elucidem as questões didáticas aqui formuladas. Desta maneira, as análises ainda abarcam especificamente as representações do cubo, como um Estudo Piloto. Desde o seu início, o estudo contou com as seguintes etapas: A. Revisão bibliográfica, centrada especificamente no estudo da teoria piagetiana associada ao estudo da geometria; B. Coleta dos dados e estruturação do método de Análise (Estudo de caso); C. Análise dos dados (Estudo Piloto) e D. Discussão.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. A estruturação do método de análise

O método de análise foi estruturado com o propósito de identificar a compreensão dos invariantes projetivos a partir de cada um dos sistemas adotados para a representação do cubo (uma abordagem projetiva e euclidiana). Desta maneira, analisam-se as habilidades no espaço representativo (intelectual ou lógico-matemático), para além do perceptivo (sensório-motor). Busca-se assim identificar elementos que indiquem a tomada de consciência de cada estudante em relação ao sistema adotado, tendo-se em vista a dúvida de que muitos estudantes ingressam, e mais do que isto, concluem o curso com a reprodução de imagens (evocação figurada) e não propriamente executando a operação da representação, com a tomada de consciência da lógica das transformações no espaço projetivo, características do processo de abstração reflexionante.

Na primeira linha (objeto de análise) tem-se os desenhos separados em colunas, sendo nas três primeiras os do momento de ingresso e nas outras três os de conclusão. Na segunda linha (análise da estrutura), sobre os mesmos desenhos, utiliza-se da cor para evidenciar as relações entre arestas de mesma dimensão: largura, em laranja; altura, em preto; profundidade em azul. Em vermelho estão representadas as direções relativas aos sistemas considerados mais próximos às direções dos desenhos: direção das fugitivas, quando próximo ao sistema paralelo oblíquo; direções que definem um triedro em isometria; direções que indicam pontos de fuga, no caso de estruturas indicativas da adoção de um sistema cônico. Os círculos em cinza estão posicionados nos vértices dos triedros considerados para selecionar as arestas a serem comparadas em suas dimensões. Na terceira linha, (análise de proporção), registra-se a justaposição das arestas do triedro referido, analisando-se as proporções entre elas, para concluir sobre a coerência com as lógicas dos sistemas adotados. Em vermelho, está a representação de um quadrado de acordo com o sistema identificado como o mais próximo e compara-se com o contorno de uma das faces que mais se assemelha a esta proporção (em preto).

Os desenhos estão sendo comparados com as estruturas mais recorrentes: paralela oblíqua (de acordo com as lógicas recomendadas pela norma brasileira de desenho técnico: com redução de $1/3$ para as fugitivas a 30° graus, $1/2$ para as fugitivas de 45° e $2/3$ para fugitivas a 60°); paralela ortogonal (isometria, dimetria e trimetria) ou sistema cônico (com 1(um), 2 (dois) ou 3 (três) pontos de fuga).

Os quadros 2 e 3 referem-se a dois casos já analisados.

Quadro 2: análise dos desenhos - amostra 1.

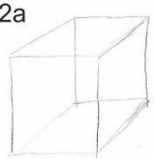
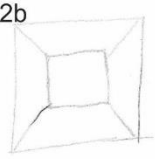
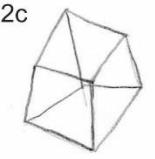
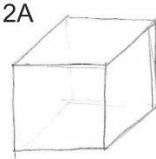
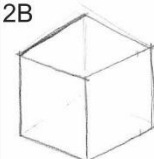
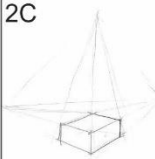
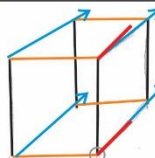
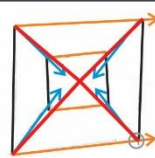
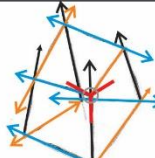
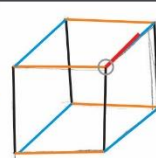
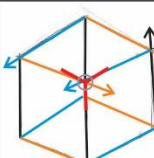
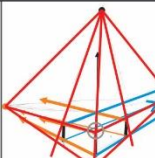
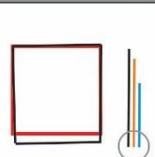
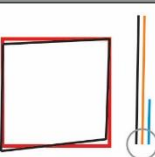
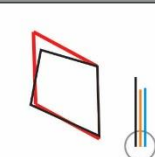
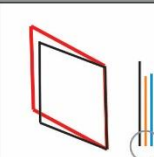
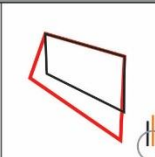
QUADRO DE ANÁLISE DE REPRESENTAÇÕES DE UM CUBO					
Desenhos originais Ingressante (2014/01)			Desenhos originais Concluinte (2019/01)		
1a	1b	1c	1A	1B	1C
Análise da estrutura (em vermelho, estruturas de sistemas próximos aos dos desenhos originais)					
Análise das proporções (do quadrado, em vermelho; e entre as três dimensões do triedro, círculo em cinza)					

Fonte: Autoras.

Em relação às análises dos seis desenhos do caso 1 (Quadro 2), foram registradas as seguintes observações: 1) para o 1a, entende-se que a estrutura do desenho está coerente com as regras do sistema paralelo oblíquo para a representação de um cubo, com mínimos desvios admissíveis para o desenho à mão livre, inclusive, frente à indicação da norma brasileira de desenho, pois direciona as fúgitivas a 45 graus com $\frac{1}{2}$ de redução da profundidade; 2) para o 1b se observa a manutenção de paralelismos entre alturas e larguras, configurando o plano frontal da figura com proporção próxima a de um quadrado. As posições das arestas de profundidade sugerem um ponto de fuga, sendo que este não chega a se configurar como lugar geométrico de convergência das mesmas. A proporção entre os lados dificulta a compreensão de um cubo. 3) No 1c a estrutura está próxima de uma isometria, mas percebe-se também a tendência de delimitar convergências em sentido inverso (para largura e profundidade), o que remete à estrutura de uma perspectiva de três pontos de fuga. O fato de as alturas estarem proporcionalmente maiores às demais dimensões, compreende-se a figura diferente de um cubo. 4) o 1A indica que o estudante, nesta fase concluinte, aperfeiçoa a imagem produzida lá em seu ingresso, mantendo as regras do sistema paralelo oblíquo em relação aos paralelismos e representa as proporções exatas de um quadrado. A profundidade está com redução próxima à recomendada pela norma. 5) no 1B se percebe a tomada de consciência em relação às regras de paralelismo do sistema adotado. Entretanto, não há o ajuste das dimensões de altura, em relação as demais dimensões, para facilitar a compreensão de um cubo (em isometria). 6) no 1C, o estudante demonstra a compreensão de operar no espaço no âmbito do sistema paralelo oblíquo (mudança de posição do observador). Observa-se o controle dos paralelismos, mas um descuido em delimitar os lugares geométricos dos vértices como origem de um triedro. A profundidade está com redução próxima à recomendada pela norma.

Para este caso 1 observa-se também que o conjunto dos desenhos, no momento de ingresso, evoca uma carga figurativa, parecendo reproduzir imagens conhecidas, sem associação com a lógica das transformações no espaço projetivo. O desenho 1a, está organizado pela repetição dos quadrados deslocados e as simetrias das arestas de profundidade (regra memorizada para a representação de um cubo/signo). O desenho 1b, apresenta a recursão do quadrado, com a união dos vértices correspondentes para simular a profundidade (sem a consciência de um ponto de fuga correspondente com a posição do observador). O desenho 1c traz a imagem do eixo isométrico, mas logo fica confuso por mesclar uma lógica do fenômeno visual/perceptivo que não tem a ver com a representação técnica e abstrata do sistema paralelo. Com isto, estes desenhos podem se situar mais no campo do espaço topológico do que no projetivo. Já no momento de conclusão, os três desenhos não incluem o sistema cônico. Isto não permite deduzir sobre a não apropriação deste conhecimento, mas pode indicar que pelo menos o sistema paralelo é um repertório mais imediato e confortável para este estudante, tendo em vista o limite de tempo para a realização do exercício. Devendo-se ter em conta que o sistema cônico exige um nível de abstração maior, em termos lógico-aritméticos. Estes desenhos demonstram a apropriação das regras de paralelismo, mas sem o controle de proporções em uma das representações.

Quadro 3: Análise dos desenhos - amostra 2.

QUADRO DE ANÁLISE DE REPRESENTAÇÕES DE UM CUBO					
Desenhos originais Ingressante (2014/01)			Desenhos originais Concluinte (2019/01)		
2a	2b	2c	2A	2B	2C
					
Análise da estrutura (em vermelho, estruturas de sistemas próximos aos dos desenhos originais)					
					
Análise das proporções (do quadrado, em vermelho; e entre as três dimensões do triedro, círculo em cinza)					
					

Fonte: Autoras.

Em relação às análises dos seis desenhos do caso 2 (Quadro 3), foram registradas as seguintes observações: 1) o 2a, observa-se a intenção de um desenho em perspectiva cônica, embora exista convergência, no máximo, de duas a duas das profundidades. Quanto à proporção observa-se a não correspondência de um quadrado e a relação da profundidade não condiz com as demais, não remetendo à compreensão de um cubo. 2) no 2b a imagem remete a uma perspectiva cônica com um ponto de fuga, entretanto observa-se o quão figurativa se apresenta: sem configurar os lugares geométricos do

ponto de fuga das profundidades e de um dos vértices como interseção de quatro arestas. 3) no 2c o sistema é dúbio. Por quebrar alguns paralelismos, fica próximo do cônico. Porém, o triedro frontal e a face superior indicam regras do paralelo oblíquo (uma dimetria) denunciando assim a falta de tomada de consciência do sistema adotado. 4) no 2A, uma imagem bastante similar ao 2a, o desenho é aperfeiçoado em relação aos paralelismos e às proporções (exatas de um quadrado), porém segue fugindo do padrão indicado pela norma para representar a profundidade. 5) no 2B a representação corresponde com uma isometria, considerando-se ser um desenho a mão. 6) o 2C, declara a técnica de três pontos de fuga, mas na hora de reforçar o traçado parece quase impor a regra de um sistema paralelo ortogonal, e a proporção adotada entre as arestas não remete à representação de um cubo.

A força da imagem, da evocação do figurativo, ilustrada pelo desenho 2C, do caso 2, parece sobrepôr à tentativa de um processo de apropriação do conhecimento (assimilação, acomodação e equilíbrio) para avançar do nível de abstração exigido pelo sistema paralelo para aquele exigido para a compreensão do sistema linear cônico. Observa-se que mesmo havendo a explicitação das regras do sistema cônico, com a localização de três pontos de fuga, a lógica da estrutura do cubo foi a de ter o paralelismo como invariante projetivo, incoerente com o sistema declarado. Fica claro que não houve a tomada de consciência por parte do estudante, podendo-se afirmar que ainda se encontra num momento de abstração empírica: sabe que deve representar os três pontos de fuga, tem esta imagem impregnada em sua memória, mas ainda não consegue retirar, ou seja, abstrair desta estrutura as qualidades necessárias à construção do cubo, o que se evidencia na análise da estrutura (segunda linha).

Desta maneira, em ambos os casos, 1 e 2, se identificam elementos que parecem denunciar a falta de tomada de consciência sobre o significado de cada representação, das transformações necessárias para a reversibilidade, para efetivamente facilitar a comunicação de um cubo. A teoria piagetiana nos permite compreender que, embora a cronologia seja variável, a possibilidade de maturidade para a representação ocorre em torno dos 11, 12 anos. Tendo-se em conta que os indivíduos envolvidos têm idade acima de 17 anos, entende-se que o sistema formativo não consegue aproveitar o tempo de cinco anos (mínimo do curso) para provocar a tomada de consciência sobre as habilidades necessárias para representar, tão imprescindíveis na formação para a ação projetual. É perceptível que o sistema educativo, de nível fundamental e médio, não dá conta de garantir um desenvolvimento de tais habilidades e, enquanto esta situação perdura, entende-se a necessidade de incentivar os estudantes ingressantes ao processo de reconhecimento de suas habilidades para representar. Nesta direção, investe-se na construção de discursos didáticos, impregnados de elementos de análise da teoria piagetiana como estratégia para auxiliar no processo de tomada de consciência, tanto por parte dos estudantes, sobre o conhecimento apropriado ao longo do processo, quanto por parte dos docentes, em relação ao tipo de abordagem mais adequada às necessidades desses mesmos estudantes.

Deve-se destacar que as análises dos desenhos das esferas e das árvores poderão melhor elucidar as questões aqui formuladas, sendo alvo das próximas etapas desta investigação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apoiando-se nas teorias piagetianas, este exercício docente buscou discutir e explicitar os parâmetros de análise para compreender os elementos indicativos de tomada de consciência das lógicas dos sistemas de projeção empregados em cada desenho analisado. Para isto, reuniu elementos relativos ao processo de constituição do próprio saber tratado, interpretando este processo histórico (dimensão genética) de sistematização da geometria euclidiana, projetiva e da topologia, no tempo, como um processo de equilíbrio das estruturas cognitivas. Uma rede de saberes que, apoiada em diferentes linguagens, desde a gráfica, a algébrica e a gráfico-algébrica, foi avançando em níveis de complexidade, desde abstrações empíricas aos processos de abstrações reflexionantes. A tomada de consciência sobre os invariantes projetivos unificou as geometrias clássicas, interpretando-se esta unificação como um ápice da abstração reflexionante. Estes invariantes são qualidades observadas dos sistemas de representação, exigindo assim dos estudantes estruturas cognitivas suficientes para estabelecer processos de abstração reflexionante.

Os resultados das análises dos desenhos, sem o propósito de categorizar o perfil dos participantes, contribuem para a formação docente na área de representação, construindo critérios e apontando estratégias para a configuração de discursos didáticos que possam auxiliar os estudantes, de maneira objetiva, a construírem capacidades cognitivas que são requisitadas ao longo de seus processos formativos no campo da arquitetura.

A exposição dos referenciais utilizados para a construção do método de análise e dos critérios utilizados, expressados de maneira gráfica, talvez possa auxiliar na tomada de consciência sobre o processo necessário a ser estabelecido pelo estudante. Como docentes, tem-se elementos que podem revelar eventuais deficiências na formação prévia dos estudantes que não proporcionaram o desenvolvimento das estruturas cognitivas relacionadas a compreensão das lógicas geométricas.

Parece que o sistema educativo de ensino fundamental e médio investe no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, mas não investe suficientemente no desenvolvimento de um raciocínio geométrico-projetivo. Alguns sujeitos desenvolvem essas habilidades, provavelmente através de estímulos do meio em que vivem, como atividades lúdicas ou vivências diversas, enquanto outros acessam a universidade carentes em relação às noções do espaço e relações geométricas. Sendo assim, dadas estas carências no campo da geometria, talvez o tempo dedicado e os estímulos empregados para a desequilíbrio, junto ao processo formativo dessa especificidade, estejam aquém do necessário ao desenvolvimento de um novo patamar de equilíbrio das estruturas cognitivas desses estudantes. Por isso, deve-se oportunizar a reflexão para o autoconhecimento, no sentido de que essa tomada de consciência permita motivar e acelerar a assimilação, levando em consideração que, nesse processo, cada sujeito é um ser único, com características individuais e estímulos sociais muito particulares de acordo com o seu meio.

Como diagnóstico, a partir das avaliações da representação do cubo, tem-se que há repetição de estruturas previamente conhecidas sem a tomada de consciência dos significados de cada representação e/ou a habilidade para a representação do objeto em diferentes pontos de vista. Há um pequeno avanço no que diz respeito ao desenho quando alunos concluintes, mas ainda talvez pelo curto espaço de tempo de um curso de graduação ou por uma abordagem que considere que certas capacidades cognitivas já

foram desenvolvidas, não é suficiente para que se diga que o aluno está em um patamar de abstração reflexionante.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o presente estudo contribui para o ensino de representação gráfica, assim como para a compreensão dos conceitos piagetianos em relação aos estádios de desenvolvimento cognitivo humano e o ensino das estruturas geométricas. Aponta-se como futuro da investigação a análise dos desenhos, já coletados, de uma esfera e uma árvore que buscarão elucidar e aprofundar alguns aspectos desenvolvidos a partir da análise do cubo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORDA, Adriane A. S. **Los saberes constitutivos del Modelado Geométrico y Visual, desde las instituciones científicas y profesionales a las escuelas de arquitectura.** Un análisis de Transposición Didáctica. Tese (doutorado). Universidad de Zaragoza, UNIZAR. Programa de Pós-graduação em Filosofia y Ciencias de la Educación. Zaragoza, Espanha, 2001.

BORDA, A.B.A.S; PIRES, J. F.; Vasconcelos, T.; Nunes, C. Trajetórias de Aprendizagem em Representação Gráfica Digital. In: **Revista Educação Gráfica**, v. 16, p. 5-22, 2012.

CHING, Francis. **Representação gráfica em Arquitetura.** Tradução técnica: Alexandre Salvaterra - 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

GONCALVES, Marly de Menezes. A importância do conhecimento geométrico aliado ao uso dos meios digitais. In: **Actas de Diseño: V Encuentro Latinoamericano de Diseño "Diseño en Palermo" Primer Congreso Latinoamericano de Enseñaza del Diseño.** Buenos Aires: [s.n.]. 2011. p. 98-102.

GROAT, Linda. and WANG, David. **Architectural Research Methods.** 2th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

KESSLERLING, Thomas. **Jean Piaget.** Caxias do Sul, RS: Educs, 2008. 337 p.

KOPKE, Regina Coeli Moraes. M. Desenho e escola. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO E XII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO. 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Editora da UFSM. 1996. p. 83-89.

KOPKE, Regina Coeli Moraes. Objetos esculpidos e a visão espacial. In: XIX SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO E VIII INTERNACIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN. 2009, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: UNESP. 2009. p. 869-881.

MONIZ, Carmen Machemer de Vasconcelos. **Visualização espacial na perspectiva da epistemologia genética**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação. Porto Alegre, 2013.

MONTENEGRO, Gildo. **A Perspectiva dos Profissionais: Sombras, Insolação, Axonometria**. São Paulo, Edgard Blucher, 1983.

PEREIRA, Danilo Candido; DUARTE, Maria Eduarda Rabelo; LOPES, Andiará Valentina de Freitas. Desenvolvendo a inteligência viso-espacial nos alunos de engenharia da UFPE. In: **XX Simpósio Nacional De Geometria Descritiva e Desenho Técnico e IX Internacional Conference On Graphics Engineering for Arts and Design**. 2011, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro: UFRJ: Escola de Belas Artes. 2011.

PIAGET, Jean; INHELDER, Bärbel. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

PIAGET, Jean. **Epistemologia genética**. 3. ed. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2007.

PIAGET, Jean. **Abstração reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

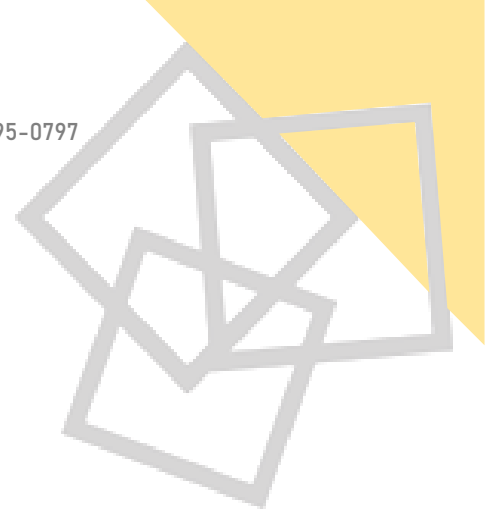
RODRIGUES, Maria Helena Wylie Lacerda. **A visão espacial no contexto da “gráfica”**. In: I Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho e XII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. 1996, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Editora da UFSM. 1996. p. 26-34.

SANZ, M^a Agripina; MORATALLA, Ascensión. 1998. **Geometría y Arquitectura**, Geometría en la Arquitectura. Cuadernos de apoyo a la docencia del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid.

SILVA JÚNIOR, Antônio Pedro. **Desenho manual e modelagem geométrica**: o desenvolvimento da lógica do espaço na representação gráfica. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação. Porto Alegre, 2007.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos estudantes que colaboraram no desenvolvimento deste estudo, assim como as três instituições às quais estão vinculadas as pesquisadoras: Universidade Federal de Pelotas, Instituto Federal Sul-rio-grandense e Universidade de São Paulo. Agradecemos à CAPES pela bolsa de doutorado de uma das autoras envolvidas.



Ensino de desenho com uso de elementos da linguagem visual voltado à educação ambiental para surdos¹

Teaching drawing with the use of visual language elements aimed at environmental education for the deaf

¹Versão expandida do artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019

Alix Ribeiro da Silva

Mestre em Engenharia e
Gestão do Conhecimento
Doutorando no Programa de
Pós-Graduação em
Engenharia e Gestão do
Conhecimento – Universidade
Federal de Santa Catarina –
UFSC
Professor de Informática
Educativa em regime ACT, no
Estado de Santa Catarina,
Biguaçu - Brasil
alixribeiro@gmail.com

Vania Ribas Ulbricht

Mestre e doutora em
Engenharia de Produção
Docente do Departamento de
Gestão do Conhecimento, no
PPGEGC – UFSC,
Florianópolis, Brasil
vrulbricht@gmail.com

RESUMO:

Este trabalho é um recorte de uma pesquisa de mestrado que objetivou desenvolver a partir do ensino de desenho com uso de elementos da linguagem visual, uma comunicação alternativa sobre Educação Ambiental para pessoas surdas. Na metodologia da pesquisa fez-se um estudo de caso realizado com seis alunos surdos pertencentes ao Atendimento Educacional Especializado da Escola de Educação Básica Nossa Senhora da Conceição, município de São José – Santa Catarina. O tema Educação Ambiental foi trabalho com os alunos por meio de diversas atividades didáticas, onde foram levantadas palavras-chave que foram usadas nas atividades de desenho. Para criação dos desenhos, trabalhou-se com elementos da linguagem visual (forma, linha, ponto e cor) por meio de atividades de coordenação motora. Conclui-se que, para os surdos o desenho pictográfico é uma forma de comunicação visual acessível que os auxilia a ter uma vida com autonomia.

Palavras-chave: desenho; linguagem visual; pessoas surdas; comunicação visual.

ABSTRACT:

This work is a cut of a master's research that aimed to develop from the teaching of drawing using elements of visual language, an alternative communication on Environmental Education for deaf people. In the methodology of the research, a case study was carried out with six deaf students belonging to the Specialized Educational Attendance of the School of Basic Education Nossa Senhora da Conceição, municipality of São José – Santa Catarina. The theme Environmental Education was work with students through various didactic activities, where keywords were raised that were used in drawing activities. To create the drawings, we worked with visual language elements (shape, line, point and color) through motor coordination activities. It is concluded that for the deaf the pictographic design is a form of accessible visual communication that helps them to have a life with autonomy.

Keywords: drawing; visual language; deaf people; visual communication.



1. INTRODUÇÃO

Ribas (2018) aponta que, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao ano de 2010, 360 milhões de pessoas se autodeclararam deficientes auditivas no mundo. No Brasil, os dados indicaram 1.798.967 pessoas com deficiência auditiva e destes, 344.206 se declararam surdas.

A partir dos dados, observa-se um alto número de pessoas surdas que necessitam de Tecnologias Assistivas e de novas formas didáticas que os auxiliem ter acesso à informação e ao conhecimento, e, assim, possibilite que os mesmos vivam com autonomia em uma sociedade que por tempos os discriminou e marginalizou-os, colocando-os fora dos interesses sociais (político, educacional, comunicacional, informacional, etc.).

Para o ensino de desenho com os alunos surdos, trabalhou-se com elementos da linguagem visual. Desta forma os alunos perceberam a facilidade em desenvolver e compreender desenhos simples com uso de elementos básicos da comunicação visual (ponto, linha, forma e cor), apresentados por Dondis (2015).

A imagem sendo tratada como linguagem e cheia de significados aos olhos de quem a interpreta, deve ser acessível a todos, assim, sendo importante a alfabetização visual. Para Couto (2000), a alfabetização visual contribui com habilidades e conhecimentos ao criador de imagens, que em primeiro lugar deve “conhecer mesmo que intuitivamente, um “vocabulário” ou uma “gramática”, antes de elaborá-la; segundo, porque a imagem possui a capacidade de referência, a representatividade, capacidade esta que é também propriedade dos signos linguísticos” (COUTO, 2000, p. 14).

Neste trabalho, buscou-se relacionar o desenho com conhecimentos de Educação Ambiental, para que assim, o aluno surdo pudesse aprender conhecimentos ambientais de forma lúdica com uso de desenho. Para tanto, foi realizado diversas atividades sobre Educação Ambiental com os seis alunos surdos, para que estes pudessem ter acesso a possíveis conhecimentos e depois pudessem reforçar com a prática do desenho.

Apresenta-se neste trabalho um recorte de uma dissertação de mestrado, onde, foi feito um estudo de caso, que, segundo Yin (2001), além de utilizar técnicas de pesquisas históricas, permite agregar diversas fontes de evidências, como interrogações dos acontecimentos estudados e entrevistas, realizada com alunos surdos.

A pesquisa foi realizada por meio da técnica de pesquisa-ação durante cinco meses, com seis alunos surdos frequentastes da sala de Atendimento Educacional Especializado (AEE), na Escola Nossa Senhora da Conceição, no Município de São José – Santa Catarina.

Justifica-se o ensino de desenho para alunos surdos, pelo benefício que esses terão na leitura de imagens visuais encontradas nos diversos ambientes da sociedade. Neste estudo, trabalhou-se com desenhos que envolvem Educação Ambiental, um tema de interesse social para preservação e conservação do ambiente natural. Apesar da relevância ambiental, o tema é de pouco acesso às pessoas surdas, outra justificativa que fundamenta este trabalho.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Um breve relato sobre o público alvo: as pessoas surdas*

Pensar sobre a surdez requer penetrar “no mundo dos surdos” e “ouvir” as mãos que, com alguns movimentos, nos dizem o que fazer para tornar possível o contato entre os mundos envolvidos, requer conhecer a “língua de sinais”. Permite-se “ouvir” essas mãos, pois somente assim será possível mostrar aos surdos como eles podem “ouvir” O silêncio da palavra escrita (QUADROS, 1997, p. 119 apud Stumpf, 2005, p 43).

Segundo a Lei nº 9.394/96 que propõe as diretrizes e bases da Educação Nacional, em seu Art. 2º, coloca que a educação é dever da família e do Estado, tendo como finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. O ensino visa garantir igualdade de condições, liberdade de ensinar e aprender, qualidade no ensino, respeito às diferenças e atendimento educacional especializado às pessoas com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação.

São consideradas pessoas com deficiências aquelas “que têm impedimentos de longo prazo, de natureza física, mental ou sensorial que, em interação com diversas barreiras, podem ter restringida sua participação plena e efetiva na escola e na sociedade” (BRASIL, 2008 *apud* BRUNO; COELHO, 2016, p. 685). A inclusão escolar de pessoas com deficiência nas classes de ensino regular existe, e não pode negar-se. Porém, voltando-se ao surdo, essa inclusão nem sempre existiu, e atualmente é encarada com vários problemas que afetam a vida, o aprendizado e a socialização das pessoas surdas, na escola e na sociedade em geral.

Sabe-se que no passado, as atividades eram focadas na agricultura ou na produção industrial, sendo as pessoas com deficiência consideradas incapazes de realizar essas tarefas, além de serem consideradas um inconveniente para a sociedade, sendo por vezes escondidos ou presas e acorrentadas em porões ou abandonados à própria sorte, em alguns povos eram considerados amaldiçoados (SONZA, 2013). Com os surdos a situação não foi diferente, sendo esses excluídos do convívio em sociedade (SILVA, 2013).

Para Perlin e Strobel (2006, p. 5) “a história da educação de surdos não é uma história difícil de ser analisada e compreendida, ela evolui continuamente apesar de vários impactos marcantes”. Contudo, cada momento da história afirma uma nova realidade de oportunidades para as pessoas surdas. Na educação, até a metade do século XVI, segundo Dias (2006) apud Merselian e Vitaliano (2009) os surdos não eram considerados educáveis, e por consequência, desnecessários para a coletividade.

No Brasil, a educação de surdos iniciou no ano de 1857 com a vinda do professor francês surdo Hernest Huet, formado pelo Instituto Nacional de Surdos e Mudos de Paris, cuja função era educar crianças surdas detentoras de bolsas de estudo cedidas pelo governo (GOLDFELD, 2002). Huet funda o Instituto Imperial de Surdos e Mudos, hoje nomeado de Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES). O Instituto fazia uso da língua de sinais e do alfabeto datilológico, também conhecido como alfabeto manual (REILY, 2006).



Entre as décadas de 80 e 90, surge o bilinguismo. Desde então o bilinguismo tem predominado como metodologia de ensino. Segundo Quadros (1997) *apud* Marinho (2007, p. 19) o bilinguismo é “uma proposta de ensino usada por escolas que propõem tornar acessível à criança duas línguas no contexto escolar”.

A inclusão escolar de pessoas com deficiência nas classes de ensino regular existe, e não pode negar-se. Porém, voltando-se ao surdo, essa inclusão nem sempre existiu, e atualmente é encarada com vários problemas que afetam a vida, o aprendizado e a socialização das pessoas surdas, na escola e na sociedade em geral.

Bueno et al. (2014, p. 1) dizem que “os surdos têm sua própria cultura, um termo aplicado ao movimento social que mantém a surdez como uma diferença na experiência humana, em vez de uma deficiência”. Ou seja, o termo deficiente não cabe aos surdos, pois, estes são surdos e possuem uma linguagem natural, a Língua de Sinais Brasileira (Libras), língua crucial para o desenvolvimento intelectual da comunidade surda.

Grafia correta: Libras. Termo correto: língua de sinais brasileira. Trata-se de uma língua e não de uma linguagem. Segundo Capovilla (comunicação pessoal), “Língua de Sinais Brasileira é preferível a Língua Brasileira de Sinais por uma série imensa de razões”. Uma das mais importantes é que Língua de Sinais é uma unidade, que se refere a uma modalidade linguística quiroarticulatória-visual e não oroarticulatória-auditiva. Assim, há Língua de Sinais Brasileira porque é a língua de sinais desenvolvida e empregada pela comunidade surda brasileira (SASSAKI, 2011, p. 6).

Para Gravel e O’Gara (2003), a maioria dos adultos surdos se auto identificam usuários da linguagem visual, ou seja, da Libras, um tipo particular de linguagem de caráter viso-espacial. Ainda segundo as autoras, alguns adultos surdos se consideram bilíngue, isto é, usam a língua de sinais para se comunicar dentro da comunidade surda e uma forma de comunicação oral para interações com indivíduos ouvintes. Porém, dentro da comunidade surda, o termo bilíngue é utilizado em referência aos surdos que fazem uso da Libras como primeira língua, e de uma segunda língua na modalidade escrita, no caso, a língua portuguesa (BUENO *et al.*, 2014).

Outra forma de comunicação das pessoas surdas, é por meio do *SignWriting*. A escrita por meio de símbolos existe tanto nas línguas orais quanto nas de sinais (NOBRE, 2011). No caso do surdo, a representação da Libras se dá por meio da escrita de sinais (*SignWriting*), e não por meio do português na modalidade escrita, como muitos confundem (STUMPF, 2005). Segundo Stumpf (2005, p. 51-52) “o *SignWriting* pode registrar qualquer língua de sinais do mundo sem passar pela tradução da língua falada. Cada língua de sinais vai adaptar a sua própria ortografia”.

SignWriting é o sistema de escrita de sinais utilizada pela comunidade surda, a Figura 1 mostra a escrita da palavra “surdo” em *SignWriting*. Inicialmente o sistema foi criado para escrever danças, despertando o interesse de pesquisadores de língua de sinais dinamarquesa que buscavam uma forma de escrever sinais (STUMPF, 2005; WANDERLEY, 2012).



Figura 1: Escrita de surdo em SignWriting.



Fonte: Autores.

2.2. Educação ambiental

Educação Ambiental é um direito sancionado por meio da Lei 9.795/99 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental e outras providências. Pela lei, entende-se por Educação Ambiental as metodologias pelas quais o “indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (BRASIL, 1999).

Educação Ambiental é um tema a se trabalhar de forma interdisciplinar com os vários grupos que formam nossa sociedade, e, assim fazer valer a Constituição Federal que estabelece no Capítulo VI (do meio ambiente), artigo 225, no inciso VI, a necessidade de “promover à Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (BRASIL, 1988).

2.3. Linguagem visual

Para Piekas (2017), o campo da linguagem visual engloba conceitos e envolve um conjunto de signos que são fundamentais na comunicação entre os seres humanos e a representação no mundo por meio da imagem. “A linguagem visual é um fenômeno de cultura que se estrutura como imagem e se constitui como prática significativa, isto é, prática de produção de sentido” (COUTO, 2000, p. 13).

A partir do pensamento de Couto (2000), de que a linguagem visual é um fenômeno cultural estruturado na imagem, se faz necessário um processo de alfabetização visual, pois como diz Piekas (2017, p. 28), “a imagem é geralmente apreciada de forma global, entretanto, as partes da imagem e a maneira como se articulam entre si merecem ser observadas e analisadas, ressaltando a importância da alfabetização visual”.

A leitura da imagem visual não é imediata e depende da aprendizagem de sua linguagem. O que os autores Costa, Albuquerque e Carneiro-Leão (2017) chamam de letramento visual.

2.3.1. Elementos básicos da linguagem visual

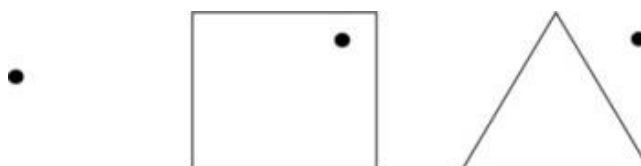
Neste trabalho utilizou-se de quatro elementos básicos, sendo: ponto, linha, forma e cor.

Segundo Dondis (2015, p. 53) o ponto é considerado “a unidade de comunicação visual mais simples”, entretanto, como diz Piekas (2017, p. 33) “mesmo sendo uma unidade mínima, ele atrai o olhar para o espaço em que está inserido”.



Quando qualquer material líquido é revertido sobre uma superfície, assume uma forma arredondada, mesmo que esta não simule um ponto perfeito. Quando fazemos uma marca, seja com tinta, com uma substância dura ou com um bastão, pensamos nesse elemento visual como um ponto de referência ou um indicador de espaço. Qualquer ponto tem grande poder de atração visual sobre o olho, exista ele naturalmente ou tenha sido colocado pelo homem em resposta a um objeto qualquer (DONDIS, 2015, p. 53).

Figura 2: ponto de referência no espaço.



Fonte: Dondis (2015, p. 53).

Para Dondis (2015), dois pontos são utilizados como forma métrica para medir um dado espaço no ambiente, sendo empregados em qualquer projeto visual, haja vista que o ponto tem grande relevância na composição de um projeto visual quando usado como instrumento de referência para alguma marcação; ou quando vários pontos, juntos ou espaçados, preenchem a área possibilitando variações de tonalidades; ou quando, alinhados, podem sugerir linhas e figuras (DONDIS, 2015).

Dondis (2015) diz que o uso do ponto em um projeto visual depende da complexidade das medidas projetadas para a execução do projeto, quanto maior o projeto, mais pontos serão utilizados. À medida que se observa os pontos, estes passam a se ligar, sendo capazes de dirigir o olhar de quem observa. “Em grande número e justapostos, os pontos criam a ilusão de tom ou de cor” (DONDIS, 2015, p. 54).

Figura 3: Criação de tom com uso de pontos.



Fonte: Google imagens.

Na formação de uma imagem o ponto é considerado um elemento fundamental e conceitual. Wong (2001, p. 42) diz que na imagem o ponto “indica posição. Não tem comprimento nem largura. Não ocupa nenhuma área ou espaço. É o início e fim de uma linha e está onde duas linhas se encontram ou se cruzam”.

O elemento visual linha é considerado por Dondis (2015, p. 55) “como um ponto em movimento ou como a história do movimento de um ponto”. Já Wong (2001, p. 43) caracteriza a linha por seu comprimento, sendo conceitual e visível (quando se expõe a



linha no papel, Figura 5). Piekas (2017) apresenta a linha sobre três aspectos a partir das ideias de Massironi (1982), sendo a “linha-objeto, linha-contorno e linha-traço”.

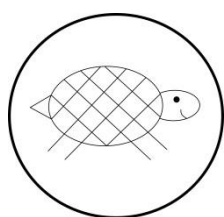
Dessa maneira, a linha-objeto pode ser entendida como um sinal gráfico aberto que caracteriza um objeto (como exemplo, desenho do tipo “homem palito”). Já a linha-contorno é caracterizada por um sinal gráfico fechado, a exemplo do desenho de um quadrado ou da fachada esquemática de uma casa, e a linha enquanto traço é definida como “textura”, sendo assim denominada quando esse sinal gráfico se repete de maneira regular (PIEKAS, 2017, p. 33).

Wong (2001, p. 42) considera que “uma linha tem comprimento, mas não tem largura. Tem posição e direção. É limitada por pontos. Forma a borda de um plano”. Dondis (2015) coloca que a linha é, um composto de pontos, que por estarem tão unidos, fica impossível identificar de forma individual cada ponto, assim, dando uma sensação de direção. “Quando fazemos uma marca contínua, ou uma linha, nosso procedimento se resume a colocar um marcador de pontos sobre uma superfície e movê-lo segundo uma determinada trajetória, de tal forma que as marcas assim formadas se convertam em registro” (DONDIS, 2015, p. 33).

A linha possui uma grande energia no campo das artes visuais. Assim, pode-se dizer que a linha está sempre em movimento, nunca sendo estática. A linha é considerada o elemento fundamental de pré-visualização de forma linear e fluida, onde, o desenhista pode projetar mentalmente e expor de forma palpável o esboço de uma obra não consumada, contribuindo para o processo de visualização (DONDIS, 2015).

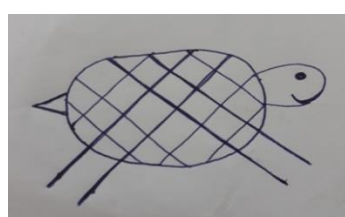
“Apesar de sua flexibilidade e liberdade, a linha não é vaga: é decisiva, tem propósito e direção, vai para algum lugar, faz algo de definitivo” (DONDIS, 2015, p. 56). A linha é considerada um elemento fundamental na construção de projetos, em especial no Design e na Arquitetura. A linha pode ser usada em projetos com flexibilidade e experimental (Figura 5) ou com precisão e medidas rigorosas (Figura 4).

Figura 4: Pictograma de Jabuti.



Fonte: Duarte e Piekas (2013, p. 143)

Figura 5: Desenho baseado no Pictograma Jabuti.



Fonte: Autores, baseado em Duarte e Piekas (2013)

A linha se apresenta de várias formas (Figura 6). Nesse sentido, Dondis (2015, p. 57) diz que a linha “pode ser muito imprecisa e indisciplinada [...]. Pode ser muito delicada e ondulada ou nítida e grosseira [...]. Pode ser hesitante, indecisa e inquiridora, quando é simplesmente uma exploração visual [...]. Pode ser ainda tão pessoal quanto um manuscrito em forma de rabisco nervoso”.



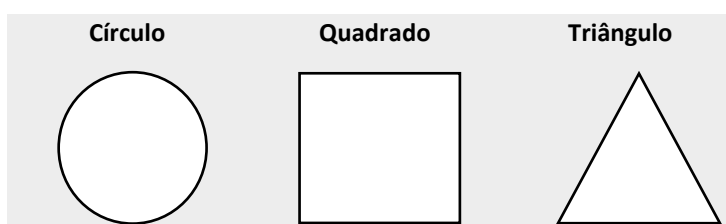
Figura 6: Formas da linha em movimento.



Fonte: Dondis (2015, p. 55).

Outro elemento é a forma, onde segundo Dondis (2015) é o resultado daquilo que a linha descreve e apresenta três formas básicas: o círculo, o quadrado e o triângulo (Figura 7). Cada forma tem sua característica própria. “Cada uma se atribui uma grande quantidade de significados, alguns por associação, outros por vinculação arbitrária, e outros, ainda, através de nossas próprias percepções psicológicas e fisiológicas” (DONDIS, 2015, p. 57-58).

Figura 7: Formas Básicas.



Fonte: Dondis (2015, p. 57).

Segundo os estudos de Bueno (2014) e de Dondis (2015), às formas possuem significados, sendo atribuído ao círculo o sentido de infinitude, calidez, proteção; ao quadrado o sentido de enfado, honestidade, retidão e esmero; e ao triângulo o sentido de ação, conflito, tensão. “Todas as formas básicas são figuras planas e simples, fundamentais, que podem ser facilmente descritas e construídas, tanto visual quanto verbalmente” (DONDIS, 2015, p. 58).

Para Dondis (2015) a combinação e a variação infinita das três formas básicas (círculo, quadrado e triângulo), deriva-se as demais formas físicas da natureza e da imaginação humana, conforme a Figura 8.

Figura 8: Formas básicas.



Fonte: Dondis (2015, p. 59).



A cor é outro elemento da linguagem visual com grande relevância para a comunicação visual, pois, está impregnada de informações, dando significados ao universo colorido. “Enquanto o tom está associado à questão de sobrevivência, sendo, portanto, essencial para o organismo humano, a cor tem maiores afinidades com a emoção” (DONDIS, 2015, p. 64).

Dondis (2015), diz que a cor é um elemento visual que apresenta um grande valor para os comunicadores visuais, haja vista que a cor carrega informação, que dão significados associativos ao meio ambiente. O verde está ligado à cor das árvores; o azul, ligado ao céu e ao mar; o amarelo, ligado ao sol; o marrom, ligado a terra; o vermelho, ligado ao amor, ou a sangue, e etc. “Cada uma das cores também tem inúmeros significados associativos e simbólicos. Assim, a cor oferece um vocabulário enorme e de grande utilidade para o alfabetismo visual” (DONDIS, 2015, p. 64).

Existem muitas teorias da cor. A cor, tanto da luz quanto do pigmento, tem um comportamento único, mas nosso conhecimento da cor na comunicação visual vai muito pouco além da coleta de observações de nossas reações a ela. Não há um sistema unificado e definitivo de como se relacionam os matizes (DONDIS, 2015, p. 65).

Dondis (2015) diz que são três as dimensões da cor que podem ser definidas e medidas. A primeira dimensão é a cor matiz ou croma. Nesta dimensão são apresentadas características individuais, existindo um número superior a cem, e cada grupo ou categoria de cores compartilham efeitos comuns. Para Dondis (2015), existem três matizes primários ou elementares, sendo a cor amarela, a cor vermelha e a cor azul.

Cada uma das cores consideradas por Dondis (2015) como primárias ou elementares, representam qualidades fundamentais. A cor amarela é a que está mais próxima da luz e do calor; a cor vermelha é considerada a mais ativa e emocional; e a cor azul se caracteriza como passiva e suave. A cor amarela e a vermelha são cores que tem uma tendência de se expandir, enquanto o azul tende a se contrair.

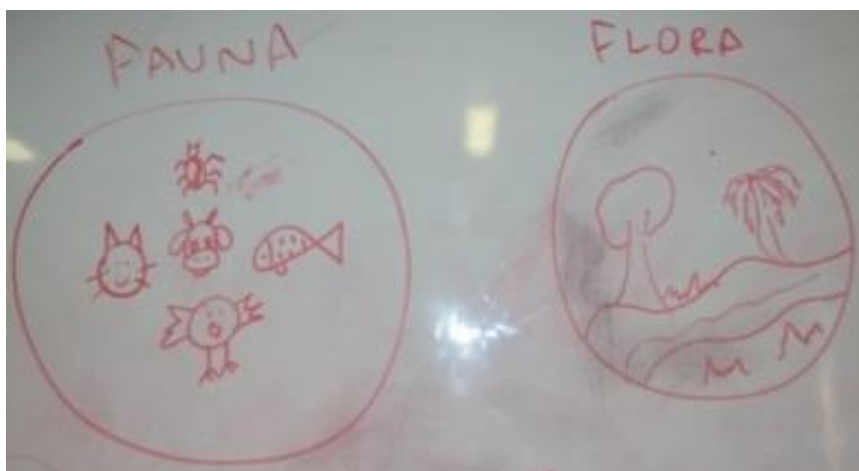
3. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE DESENHO PARA SURDOS

Desenhar é uma habilidade humana que faz parte do desenvolvimento cognitivo do ser humano, ou como diz Cox (2010, p. 4), a arte de desenhar “é parte importante do desenvolvimento infantil”. Há pessoas que desenhavam com facilidade, parte de um dom artístico; e outras que desenhavam com dificuldades, criando “rascunhos” com significados; contudo, as diferentes formas de se expressar, com facilidade ou não, é parte de uma habilidade que chamamos de desenho.

Araújo e Lacerda (2008, p. 431) consideram inicialmente o desenho como brincadeira, um processo autocontido de representação “em seguida, o ato completo pode ser usado como estratégia: o desenho transforma-se, passando de simples representação para um meio, e o intelecto adquire um instrumento novo e poderoso na forma da primeira escrita diferenciada”.



Figura 9: Desenho feito pela aluna A4 representando a Fauna e Flora.



Fonte: Autores.

O desenho exposto na Figura 9 foi desenvolvido no quadro branco da sala de AEE, por uma aluna. Pode-se considerar o desenho criado pela aluna como uma arte que simboliza a fauna e a flora, ou seja, um desenho com significado real. No desenho da fauna, observam-se desenhos de espécies animais, como o peixe, animal aquático; o pássaro, animal voador; o gato, o boi e a aranha como animais terrestres, sendo o gato um animal doméstico domiciliar, o boi um animal doméstico de criação racional, e a aranha como animal silvestre. O desenho da flora é simbolizado por duas espécies de árvores.

A representação do desenho por meio de imagens, “em todas as suas formas, vem ocupando um papel cada vez mais importante na comunicação e interação social, e constitui-se como um recurso visual bastante utilizado pela criança” (ARAÚJO; LACERDA, 2010, p. 696). Para Cox (2010) a maioria das crianças mostram interesses e sentem prazer por desenhar, preocupando-se com a identificação dos objetos de seus desenhos.

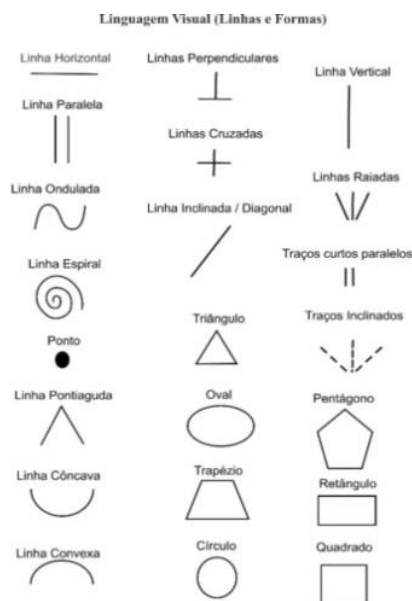
Para Derdyk (2015, p. 24) “a criança é um ser em contínuo movimento. Este estado de eterna transformação física, perceptiva, psíquica, emocional e cognitiva promove na criança um espírito curioso, atento e experimental”. O espírito de curiosidade, de atenção e de experiência da criança, juntamente do espírito artístico e por meio da imaginação, leva-os a expor por meio de desenhos a experiência de vida, guardando na memória e no “papel” parte de suas vidas.

Ao trabalhar o ensino de desenho com os surdos, abordando desenhos de EA, percebeu-se grande curiosidade a respeito do tema, levando-os a ter atenção em aprender (sobre Educação Ambiental e a desenhar), haja vista que, o conhecimento dos alunos era limitado a suas experiências de vida, como questões ligadas ao lixo e a animais, em especial os domésticos.

Trabalhando-se com o ensino de desenho, abordou-se a linguagem visual, iniciando primeiramente com linhas e formas, conforme Figura 10, para que os alunos pudessem ter familiaridade com o tema, e, assim iniciassem o processo de aprendizagem para criação de desenhos a partir de suas observações e entendimento do objeto sobre Educação Ambiental a criar.



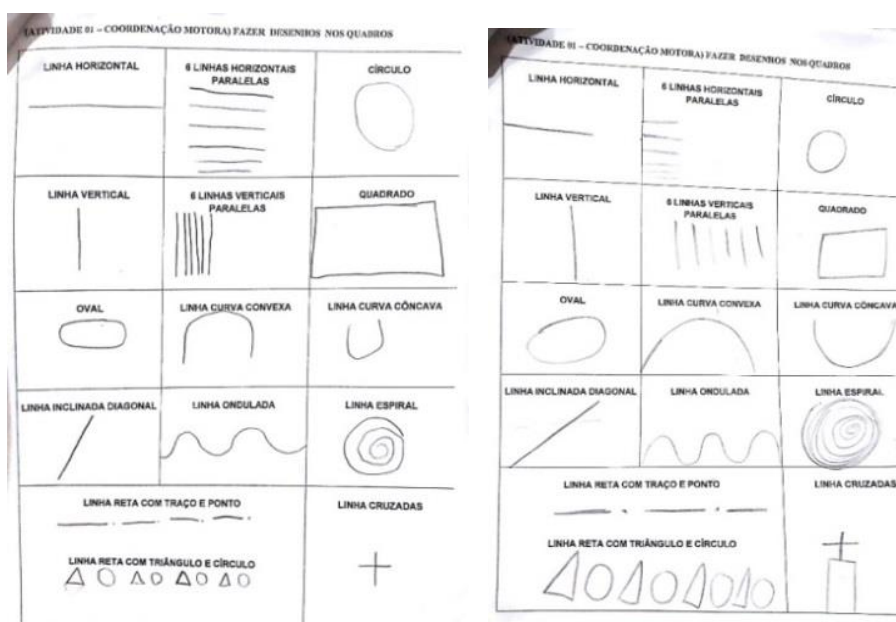
Figura 10: Elementos da linguagem visual.



Fonte: Autores.

Após trabalhar-se com os alunos algumas formas e linhas da linguagem visual, solicitou-se que realizassem uma atividade para exercitar a coordenação motora, além de tamanho e espaço, como se observa na Figura 11. Na atividade, havia o nome do termo da linguagem visual em um pequeno quadro, e o aluno devia realizar o desenho, baseando-se no que haviam aprendido sobre linhas e formas. Antes de fazer o desenho na folha da atividade, os alunos exercitaram em folhas de rascunhos.

Figura 11: Trabalho de coordenação motora.



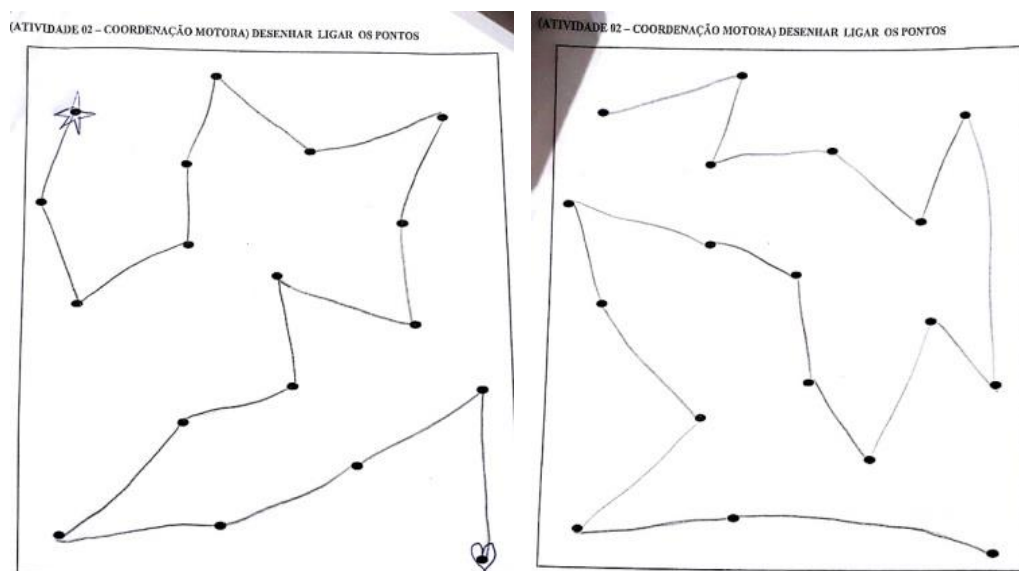
Fonte: Autores.

Na próxima atividade com os alunos, para o ensino de desenho, também teve como objetivo trabalhar a coordenação motora e a percepção por meio do raciocínio



lógico do aluno ao observar uma imagem com um conjunto de pontos sem relação entre si. Na Figura 12, os alunos deveriam traçar uma linha passando uma única vez por cima de cada ponto, devendo ter um ponto inicial e um final.

Figura 12: Atividade de coordenação motora ligando pontos.



Fonte: Autores.

Outra atividade com o uso de pontos, porém, dessa vez os pontos apresentavam relação entre si, e que, se ligados corretamente formavam um desenho, sendo o desenho de um barco, de uma casa, de uma árvore e de um coração. A Figura 13 mostra a aluna A6 realizando a atividade.

Figura 13: Atividade com Aluna A6.

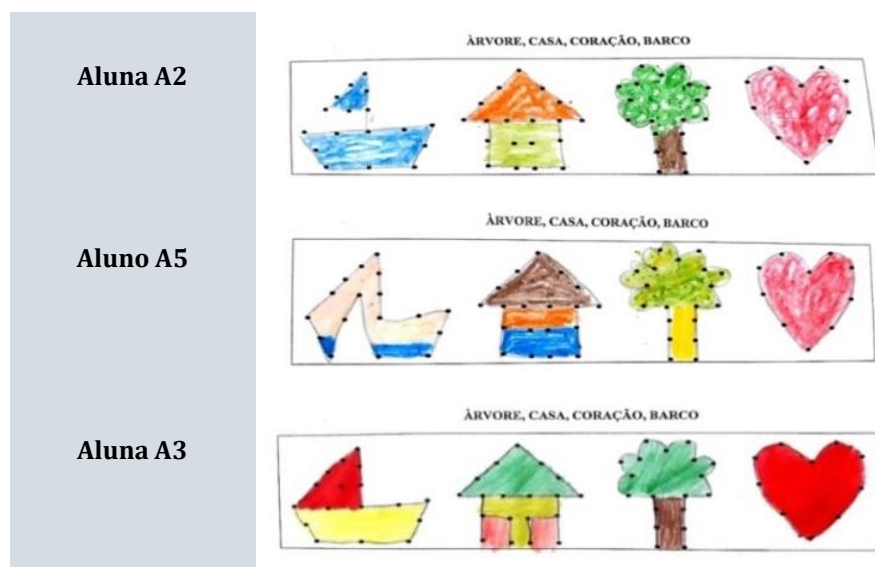


Fonte: Autores.

Nesta atividade, além da coordenação motora do aluno, destacou-se o uso de cor e a percepção visual do aluno surdo, onde quase todos os desenhos foram ligados corretamente, com exceção do desenho do aluno A5, da Figura 14, que, ao invés de perceber e desenhar um barco, observou e desenhou o que para ele era um sapato com salto alto.



Figura 14: Atividade dois, coordenação motora, ligar os pontos.



Fonte: Autores.

A atividade próxima foi para ter concepção do nível de capacidade em desenhar fazendo uso de elementos da linguagem visual. Na atividade foi pedido aos alunos que realizassem três desenhos, sendo um desenho de paisagem, um da escola e outro de uma floresta.

Figura 15: Atividade de desenho com os alunos.



Fonte: Autores.

Para os alunos surdos da pesquisa, o desenho colorido pareceu ser mais fácil de visualizar e identificar seu significado, pois as cores demarcam o limite e separação das partes que compõem um desenho. Além de que, a cor os leva a associar a imagem a seu sentido.



Figura 16: Atividade de desenho com uso de elementos da linguagem visual.



Fonte: Autores.

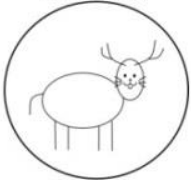
Os desenhos das figuras acima foram desenhados pelos alunos sem intervenção da equipe de pesquisa. Logo, os desenhos não levam ou não foram desenhados a partir dos elementos da linguagem visual, ainda que se percebam alguns elementos como formas, linhas e cores.

Outra atividade de ensino de desenho foi fazendo uso do esquema gráfico de pictogramas de animais, sendo ensinado aos alunos o passo a passo, visualizando cada elemento da linguagem visual até construção do desenho, conforme Figura 17 e 18.

A Figura 17 é o esquema de construção do animal veado a partir do uso dos elementos da linguagem visual, e a Figura 18 é de um peixe-boi. Na primeira coluna, observa-se a sequência para construção do desenho, por meio das linhas em negrito. A segunda coluna é os elementos da linguagem visual. A terceira coluna é o desenho base feito pelos alunos surdos, e o pictograma em preto e branco e o colorido. O pictograma colorido foi pedido pelos alunos surdos, pois, a cor facilita a visualização e identificação do elemento.

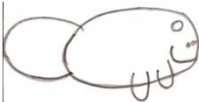
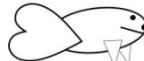
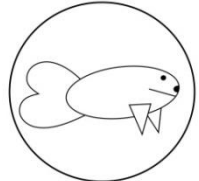
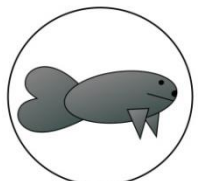


Figura 17: Sequência de ELV para Pictograma de Veado.

Sequência	Elementos da Linguagem Visual	Pictograma
 1º Corpo	 Oval (Corpo e Cabeça)	Desenho modelo 
 2º Cabeça (Olhos, Focinho, Nariz, Bigode, Chifres)	Ponto (Olhos e detalhes das Antenas e Pernas)	Em Preto e Branco 
 3º Pernas	Linha Curva (Cauda, Chifres, Boca, Focinho) Linha Retas (Bigode) Linha Inclinação Diagonal (Bigode)	Colorido 
 4º Cauda	Linhas Paralelas (Pernas)	

Fonte: Autores.

Figura 18: Sequência de ELV para Pictograma de Peixe-Boi.

Sequência	Elementos da Linguagem Visual	Pictograma
 1º Corpo (Olhos, Boca e Nariz)	 Oval (Corpo)	Desenho modelo 
 2º Nadadeira Caudal	Ponto (Olhos e Nariz) Linha Inclinação Diagonal (Boca)	Em Preto e Branco 
 3º Nadadeira Peitoral	Triângulo (Nadadeira Peitoral) Coração (Nadadeira Caudal)	Colorido 

Fonte: Autores.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as mudanças de estilos de vida e avanço das tecnologias, a comunicação visual com uso de desenhos se tornou algo casual, sendo de preferência de muitos usuários.

Trabalhar um determinado conhecimento fazendo uso da arte de desenhar, em especial com pessoas com deficiência que apresentam um determinado sentido do corpo comprometido, neste caso o surdo, com sentido da audição, é uma saída que possibilita o aprendizado desses de forma lúdica, uma forma de promover acessibilidade e assim promover autonomia por meio da comunicação visual.

A partir deste trabalho, foi possível adquirir indicativos do nível de conhecimento em Educação Ambiental dos alunos e contribuir com novos conhecimentos, tanto em caráter de ensino formal quanto não formal.

Apesar de o trabalho ter sido realizado com alunos surdos, é possível empregar a metodologia de ensino de desenho apresentado nesta pesquisa com outras pessoas com deficiência e para além de pessoas com deficiência, pois os desenhos apresentados foram feitos de forma simples, com uso de elementos básicos da linguagem visual, como forma, linha, ponto e cor.

Com a prática de ensino de desenho, buscou-se eliminar o máximo de detalhes que pudessem dificultar a comunicação visual do surdo, ou mesmo do ouvinte e qualquer pessoa que faça uso de comunicação visual.

Por fim, considera-se que este trabalho contribuiu com o processo de inclusão social a partir de atividades teóricas e práticas na escola; e de comunicação, por meio do ensino de desenho para auxiliar na comunicação visual, referentes à Educação Ambiental.

Ao fim da pesquisa, pode-se dizer que a escolha do tema Educação Ambiental foi de ampla relevância a ser trabalhada com os alunos surdos, visto que os conhecimentos ambientais desses alunos se mostraram reduzidos a conhecimentos do dia-a-dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. C. M.; LACERDA, C. B. F. **Linguagem e desenho no desenvolvimento da criança surda**: implicações histórico-culturais. *Psicologia em estudo* - Maringá, v. 15, n. 4, p. 695-703, 2010.

BRASIL. **Lei nº 9.795**, que dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília: 1999.

_____. **Constituição da República**: Capítulo XI do meio ambiente, art. 225 – Brasília, 1988.

BRUNO, M. M. G.; COELHO, L. L. Discourses and Practices in the Inclusion of Deaf Indians in Differentiated Indigenous Schools. **Revista Educação e Realidade**, vol.41. Porto Alegre – 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-62362016000300681&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 22 ago. 2019.



BUENO, J.; ULBRICHT, V. R.; SPINILLO, G. C.; GARCÍA, L. S. Crianças surdas e ouvintes: um estudo comparativo sobre as preferências de cor, forma e estilo de desenho. **Anais do 6th Information Design International Conference**, vol. 1 num. 2, São Paulo, 2014.

COUTO, R. C. **A Escolarização da linguagem visual**: uma leitura dos documentos ao professor. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação da UFMG, 2000.

COSTA, J. S.; ALBUQUERQUE, T. C. C.; CARNEIRO-LEÃO A. M. A. Letramento visual e formação de professores: habilidade de leitura de imagens para o ensino de conceitos biológicos. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis – 2017.

COX, M. **Desenho da Criança**. 3ª Ed. - São Paulo: Martins Fontes, 2010.

DERDYK, E. **Formas de pensar o desenho**: desenvolvimento do grafismo infantil. 5ª ed. - Porto Alegre, RS: Zouk, 2015.

DONDIS, D. A. **Sintaxe da linguagem visual**. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2015.

DUARTE, M. L.; PIEKAS, M. I. **Vocabulário pictográfico para a educação inclusiva**. Parte 1 - Animais. Curitiba: Insight, 2013.

GOLDFELD, M. **Linguagem e cognição numa perspectiva sociointeracionista**. São Paulo: Plexus, 2002.

GRAVEL, J. S.; O'GARA, J. Communication options for children with hearing loss. **Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews**. Vol. 9, ed. 4, p. 243–251, 2003.

MARINHO, M. L. **O ensino da biologia**: o intérprete e a geração de sinais. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Letras, Departamento de Departamento de Linguística, Português e Línguas Clássicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2007

MERSELIAN, K. T.; VITALIANO, C. R. Análise sobre a trajetória histórica da educação dos surdos. **IX Congresso Nacional de Educação**, PUC-PR. 2009.

PERLIN, G.; STROBEL, K. L. **Fundamentos da Educação de Surdos**. CCE – UFSC, Florianópolis, 2006.

PIEKAS, M. I. **Elementos da linguagem visual e ensino de desenhos para crianças cegas**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UDESC, 2017.

REILY, L. **Escola inclusiva**: linguagem e mediação. São Paulo: Papirus, 2006.

RIBAS, A. C. **Diretrizes para desenvolvimento de ícones digitais acessíveis ao público surdo**. Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, 2018.



SASSAKI, R. K. **Terminologia sobre deficiência na era da inclusão**. Versão atualizada, 2011. Disponível em: <<http://www.ocuidador.com.br/imgs/utilidades/terminologia-50aa23697289a.pdf>>. Acesso em 13 out. 2019.

NOBRE, R. S. **Processo de grafia da língua de sinais uma análise fono-morfológica da escrita em signwriting**. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em linguística aplicada da UFSC - 2011.

SILVA, J. F. C. **O ensino de física com as mãos: libras, bilinguismo e inclusão**. 2013. 219 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SONZA, A. P. **Acessibilidade e tecnologia assistiva: pensando a inclusão sociodigital de pessoas com necessidades especiais**. Bento Gonçalves: BBB, 2013, 368 p.

STUMPF, M. R. **Aprendizagem de escrita de língua de sinais de pelo sistema signwriting**: linguas de sinais no papel e no computador. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da UFRGS - 2005.

WANDERLEY, D. C. **Aspectos da leitura e escrita de sinais**: estudos de caso com alunos surdos da educação básica e de universitários surdos e ouvintes. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em linguística aplicada da UFSC - 2012.

WONG, Wucius. **Princípios de forma e desenho**. 2. Tiragem. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed., Porto Alegre: Bookman, 2001.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento PPGECC, bem como a Universidade Federal de Santa Catarina, e apoio da CAPES pela Bolsa de Pesquisa que auxiliou durante o desenvolvimento do estudo. Também, agradecemos a Secretaria Estadual de Educação de Santa Catarina, e a Escola de Educação Básica Nossa Senhora da Conceição, pela autorização de realização da pesquisa.



Ateliê de projeto: superando o paradigma do abandono da prancheta para a inserção das ferramentas digitais¹

Project studio: overcoming the paradigm of abandoning the drawing board for an insertion of digital tools

¹Versão expandida do artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019

Luciana Nemer Diniz

Doutora em Engenharia de Produção (COPPE-UFRJ),
Mestra em Engenharia Civil (UFF) e Arquiteta e Urbanista (FAU-UFRJ)
Professora Associada IV,
Departamento de Arquitetura e Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil
luciana_nemer@ig.com.br

Joana Costa de Miranda Queiroz

Arquiteta pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro
Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense
joanacmiranda@gmail.com

RESUMO

O cenário da concepção e da prática de projetos de arquitetura tem enfrentado uma intensa revolução tecnológica nos últimos anos. Nas escolas de arquitetura e urbanismo, o ensino de projeto no ateliê, imprime em suas práticas, o reflexo dessa revolução, muitas vezes consolidando paradigmas baseados nas primeiras impressões às novas ideias. Será que a dialética prancheta versus computador ainda é forte o suficiente para ser mantida? As escolas de arquitetura têm apresentado defasagens em relação às novidades tecnológicas: na adequação dos ambientes de ensino; na capacitação de seus professores e na inserção de novas ferramentas digitais de apoio ao projeto. Uma série de trabalhos recentes tem investigado as influências significativas exercidas do avanço tecnológico sobre o ensino. Por meio dessas discussões e análises e, também, pelo estudo de caso realizado em duas instituições de ensino superior em Arquitetura e Urbanismo (Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro), pretende-se contribuir para a discussão sobre as qualificações e práticas pedagógicas dos docentes e da atualização do ambiente de ensino à luz da tecnologia.

Palavras-chave: arquitetura; ateliê; desenho; ensino de projeto; ferramentas digitais.

ABSTRACT

The scenario of the design and practice of architectural projects has faced an intense technological revolution in recent years. In schools of architecture and urbanism, the teaching of design in the studio, prints in its practices, the reflection of this revolution, often consolidating paradigms based on first impressions of new ideas. Is the clipboard versus computer dialectic still strong enough to be maintained? Architecture schools have been lagging behind technological innovations: in the adequacy of teaching environments; in the training of its teachers and in the insertion of new digital tools to support the project. A number of recent works have investigated the significant influences of technological advances on teaching. Through these discussions and analyzes and also through the case study carried out in two higher education institutions in Architecture and Urbanism (School of Architecture and Urbanism at the Fluminense Federal University and the Faculty of Architecture and Urbanism at the Federal University of Rio de Janeiro), it is intended to contribute to the discussion about the qualifications and pedagogical practices of teachers and the updating of the teaching environment in the light of technology.

Keywords: architecture; studio; drawing; design teaching; tools.



1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do tema e relevância

O processo de trabalho dos arquitetos e urbanistas tem como fator influenciador o desenvolvimento tecnológico. Desse modo, ao longo das duas últimas décadas, o uso de instrumentos de desenho técnico evoluiu rapidamente, permitindo que, as mais variadas rotinas do processo de elaboração e desenvolvimento dos projetos arquitetônicos, fossem automatizadas e otimizadas. Portanto, a proposta deste trabalho é gerar reflexões futuras para a criação de alternativas e práticas pedagógicas capazes de responder, adequadamente, às dinâmicas que compõe o ambiente de um ateliê de projetos atualizado segundo a evolução tecnológica.

1.2. Delimitação da pesquisa

Na determinação do recorte geográfico, foram consideradas duas instituições de ensino superior de Arquitetura e Urbanismo: A EAU/UFF (Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense), como ponto de partida de análise, devido à importância regional, principalmente no polo Niterói - Rio de Janeiro e por ser a instituição em que as autoras estão vinculadas. E a FAU/UFRJ (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro), por sua referência de qualidade e pioneirismo no ensino superior nacional, além de ter sido palco das formações profissionais das autoras.

Em relação à população fonte das informações que geraram os dados apresentados no presente trabalho, recorreu-se aos argumentos de Rudio (1986), que caracteriza a população de uma pesquisa como um conjunto de pessoas que habitam a mesma área geográfica e, também, possuem as mesmas características definidas para um determinado estudo, no caso das instituições analisadas, especificamente considerando as salas de aula de ensino do projeto, os professores e alunos. Para determinação deste cenário, considerou-se o objetivo central da pesquisa, que se trata da análise da atividade de projeção do arquiteto: os ateliês de projeto (Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico).

Quanto ao recorte temporal, como a temática da dissertação se baseia na evolução da tecnologia, cuja característica principal é a efemeridade, foi considerado um período mais recente e pouco extenso de tempo: de 2009 a 2019. Conforme afirmam Braida, Colchete Filho e Maya-Monteiro (2006): “Os impactos do uso da tecnologia no âmbito das relações sociais ainda são um objeto de estudo extremamente novo e desafiador para as Ciências em geral, até porque está em constante mutação” (BRAIDA; COLCHETE FILHO; MAYA-MONTEIRO, 2006, não paginado).

1.3. Procedimentos metodológicos

Os caracteres de pesquisa adotados no artigo foram: quantitativo e qualitativo. Conforme afirma Minayo (2002), ambos se completam, visto que o caráter qualitativo visa



a compreensão de um universo da realidade humana e, ao mesmo tempo, o quantitativo permite o uso de um instrumental estatístico que atrela validade ao problema em análise.

Como método foi adotado o Estudo de Caso, pois, conforme afirma D'Ambrósio (2006), a pesquisa qualitativa está focada na pessoa, com toda sua complexidade e na sua interação com o meio sociocultural e natural.

A coleta das informações foi feita por meio de registros fotográficos, aplicações de questionários on-line e entrevistas in loco. Para seguir o recorte temporal determinado, foram entrevistados somente professores que atuaram e alunos que ingressaram a partir de 2009 nas instituições analisadas. A ferramenta utilizada para a elaboração e aplicação dos questionários foi o Google Formulários. A escolha desta ferramenta considerou a garantia do anonimato total, o que proporciona uma maior liberdade de opinião aos respondentes, gerando assim um material que não está disponível na literatura, bibliografia, jornais, ou seja, em nenhum veículo de pesquisa. Para cada instituição foram preparados dois questionários específicos, um destinado aos alunos e outro aos professores, de modo a incorporar as especificidades de cada grade curricular. Foi criado também um sistema de letras para identificar os relatos dos respondentes. Assim, o sigilo da identidade do respondente foi garantido.

Após a coleta dos relatos por meio dos questionários, houve o processo de formatação e compilação das respostas, para a consolidação da análise e interpretação dos resultados da pesquisa. Em posse dos dados que retratam o problema, foram apresentados gráficos percentuais intercalados com o discurso dos respondentes e dos autores que foram consultados para embasamento da pesquisa.

2. TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS DA REPRESENTAÇÃO ARQUITETÔNICA AO LONGO DO TEMPO

2.1. Desenho em prancheta: “a velha novidade” dentro dos ateliês de projeto

Ortega e Baibich (2015) acreditam que os dois eixos fundamentais para o trabalho de ensino de projeto no ateliê são: o da concepção e o da comunicação e, tanto um como outro se anunciam na representação gráfica, portanto no desenho. Os autores ainda reconhecem que a abertura do projeto para o debate crítico se dá por meio do desenho, ou talvez melhor, por meio das ideias referentes ao projeto.

Historicamente, para elaboração dos desenhos de arquitetura nos ateliês, eram disponibilizadas as tradicionais pranchetas. Porém, nos dias atuais, programas computacionais já possibilitam visualização rápida e elucidativa do objeto em elaboração. Permitem testes de materiais, cores, iluminação, estudos de insolação, relações com o entorno. Tudo isso de forma quase que imediata, sem grande disponibilização de tempo e emprego de técnicas de desenho muito elaboradas.

Contudo, como umas das primeiras reações a possibilidade de o computador tornar-se referência ou inibir os processos criativos da atividade projetual, muitos professores e, até alunos, quando se deparam com novas ferramentas computacionais, experimentam sensações ambíguas, familiaridade e/ou aversão. Tussi e Junior (2013) acreditam que essa reação é responsável pela geração automática de uma dialética que



aos poucos ganhou força: prancheta versus computador que, desde os primeiros momentos de inserção digital, passou a rondar os ambientes de ensino de projeto e, parece, que ainda não foi abandonada.

A expressão “novidade velha”, utilizada num contexto antropológico pelos autores Ingold (2011) e Taussig (2011) apud Kuschnir (2016), ilustra bem essa tensão em relação ao desenho também no campo de conhecimento da arquitetura, visto que consegue demonstrar a mescla de sensações: nostalgia pelo que passou e, ao mesmo tempo, angústia pelo que não se conhece ainda.

Atualmente, em tempos de grande avanço tecnológico, Carvalho e Savignon (2012) apontam para a preocupante desatualização dos ateliês de projeto quanto aos equipamentos digitais para concepção de projeto. O que sugere uma pergunta: a força do paradigma criado entre prancheta e computador ainda se justifica como um fator preponderante para que as escolas de arquitetura não priorizem aproximar os ateliês de projeto das ferramentas digitais?

2.2. Desenho digital: uma realidade ainda distante dos ateliês de projeto

A evolução tecnológica tem remodelado os conceitos tradicionais do desenho manual e por instrumento e provocado uma grande modificação no método de desenvolvimento de projetos, nas rotinas e nas formas de trabalho adotadas nos escritórios de arquitetura. A partir disso, parece natural que os métodos de ensino de projeto sejam repensados para que se adequem a estas novas condições. Contudo, Florio (2013) aponta que as transformações causadas na arquitetura pela inserção dos recursos computacionais, ainda não conseguiram transformar o ensino de graduação, que continua defasado:

As novas tecnologias digitais potencializaram a criação de projetos de arquitetura. [...]. Contudo, o ensino de projeto pouco se alterou diante destas rápidas transformações tecnológicas, aumentando a defasagem entre a realidade e a universidade (FLORIO, 2013, p. 56).

Para se entender a enormidade do desafio de inserção das ferramentas computacionais nas salas de aula, é preciso buscar as fontes que divulguem as discussões dentro do cenário de ensino do Brasil. Batista e Cruz (2017) apontam a International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design, mais conhecida como GRAPHICA, um evento bienal promovido pela Associação Brasileira de Expressão Gráfica (ABEG), como palco central dessas discussões. São nos trabalhos apresentados nestes Congressos, assim como nos Anais e nos Livros que são gerados pelos eventos, que docentes/pesquisadores e discentes abordam teorias e propostas para as questões supracitadas neste presente artigo, especialmente subtemas relacionados ao campo educacional em geral e ao ensino-aprendizagem em particular. A temática sobre as conexões entre o pensamento gráfico e as tecnologias tem apresentado um maior percentual de trabalhos apresentados no GRAPHICA nos eventos a partir de 2011.

Fritzen e Castelan (2011) são exemplos ao mencionar a preocupação com procedimentos que viabilizem a aprendizagem com foco na superação de metodologias tradicionais. Para eles, o caminho seria a implementação de “um modelo de aulas inteiramente contextualizadas, onde a realidade prática do processo de fabricação é discutida, e não apenas o funcionamento das ferramentas dos softwares” (FRITZEN e



CASTELAN, 2011, p. 1). Nesse sentido, Ropelatto et al. (2013) menciona a utilização da hipermídia como recurso didático com intenção de favorecer a aprendizagem e dinamizar as aulas.

Botasso e Vizioli (2017), por sua vez, incentivam o uso de ferramentas digitais como tablets para a produção de croquis visto a possibilidade de grande armazenamento e posterior edição através de outros softwares e, principalmente, que os modelos mais recentes deste tipo de dispositivo já reconhecem as sensações de tato, criando assim uma similaridade com o desenho manual. Já Carvalho e Savignon (2012) detalham quais equipamentos dariam subsídio à projeção em tempos de arquitetura digital: pranchetas tradicionais, computadores individuais, mesa digitalizadora, recursos audiovisuais integrados e acesso à internet. Veloso e Rufino (2007) salientam:

Neste novo contexto, desenvolver a capacidade de projetar e, sobretudo, de ensinar a projetar, é um desafio que exige dos professores e da própria instituição de ensino tanto um esforço de atualização e acompanhamento das novas tecnologias quanto uma mudança de mentalidade na cultura tradicional do ensino de projeto (VELOSO; RUFINO, 2007, p. 269).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Estudo de caso

3.1.1. EAU/UFF

A pesquisa de campo foi realizada no decorrer dos meses de maio e junho de 2019. O questionário on-line foi enviado para cerca de 70 professores e 80 alunos, sendo que 30 professores e 32 alunos responderam.

3.1.2. FAU/UFRJ

A pesquisa de campo foi realizada no decorrer dos meses de setembro a novembro de 2019. O questionário on-line foi enviado para cerca de 80 professores e um número indefinido de alunos, sendo que 21 professores e 31 alunos responderam.

3.2. A pesquisa

3.2.1. Capacitação digital do professor de projeto da EAU/UFF e da FAU/UFRJ

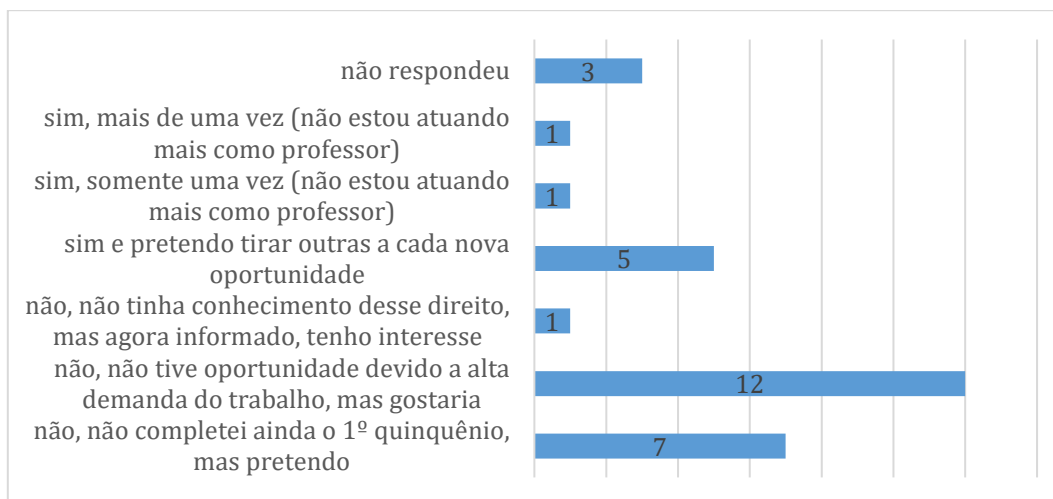
Nóvoa (2001) acredita que, para atender às novas demandas da contemporaneidade, o professor precisa se atualizar constantemente. O autor ratifica que a formação inicial é apenas o começo de uma longa caminhada. Capacitações constantes precisam fazer parte da carreira do professor, para que este consiga acompanhar as evoluções e suprir as demandas complexas que envolvem a sua atuação em sala de aula nos dias atuais. Porém, para professores da EAU/UFF, a atualização digital precisa superar o desafio da falta de estímulo dentro da própria escola. Segundo relato: “Necessidade de



inserir o uso dos recursos digitais nos debates, para minimizar a defasagem de conhecimento entre o aluno e o professor” (ABC, Professor-respondente da EAU/UFF, 2019).

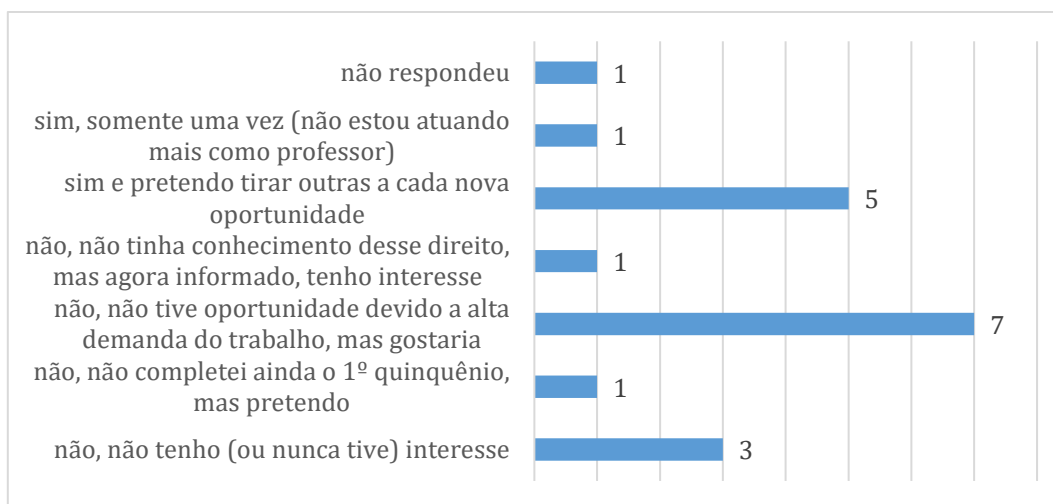
Nesse contexto, foi realizado questionamento quanto à solicitação de licença capacitação¹ pelos professores nas duas instituições, nos gráficos 1 e 2. Da análise dos dados demonstrados nestes gráficos, foi possível verificar que a maioria ainda não a solicitou, por motivos diversos, em ambas instituições.

Gráfico 1: Quantidade de professores da EAU/UFF que solicitaram licença capacitação



Fonte: Autoras (2020)

Gráfico 2: Quantidade de professores da FAU/UFRJ que solicitaram licença capacitação



Fonte: Autoras (2020)

¹ Licença capacitação: concedida ao servidor após cada quinquênio de efetivo exercício, a fim de que o mesmo possa afastar-se do exercício do cargo efetivo, com a respectiva remuneração, por até três meses, para participar de eventos de capacitação que contribuam para o desenvolvimento do servidor e que atendam aos interesses da Instituição (BRASIL, 1990).



Também foi feito um levantamento de informações quanto à capacitação tecnológica dos docentes de cada instituição analisada. Cerca da metade dos professores da EAU/UFF, que solicitou licença capacitação, ingressou em algum curso referente a ferramentas digitais (gráfico 3). Contudo, a maioria dos professores que responderam aos questionários, ingressou em algum curso referente a ferramentas digitais, mesmo fora da licença capacitação (gráfico 4).

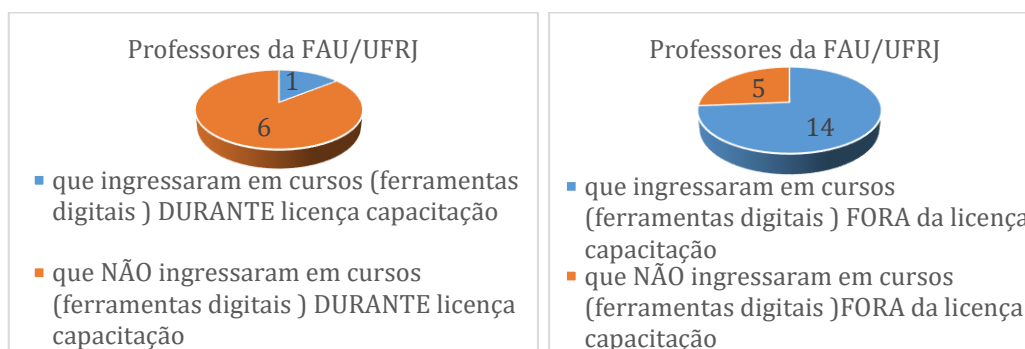
Gráficos 3 e 4: Quantidade de Professores da EAU/UFF que ingressaram em cursos de ferramentas digitais



Fonte: Autoras (2020)

No caso da FAU/UFRJ, nessa mesma análise, a maioria dos professores que solicitou licença capacitação ingressou em algum curso referente a ferramentas digitais (gráfico 5). E, também, a maioria da amostra total dos professores que respondeu aos questionários, ingressou em algum curso referente a ferramentas digitais mesmo fora da licença capacitação (gráfico 6).

Gráficos 5 e 6: Quantidade de Professores da FAU/UFRJ que ingressaram em cursos de ferramentas digitais



Fonte: Autoras (2020)

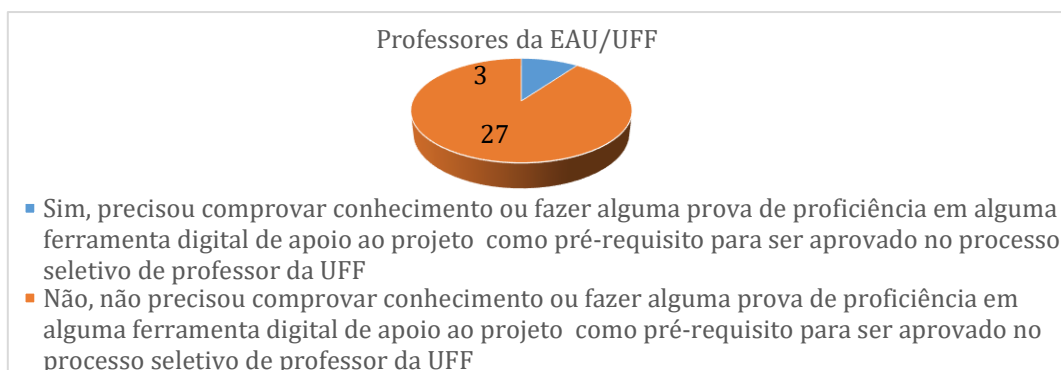
Este comportamento está em consonância com as ideias ratificadas pelos Padrões de Competência da UNESCO (2009), que asseguram que os docentes que estão atuando precisam estar preparados para utilizarem as tecnologias e para oferecerem autonomia aos seus alunos.

Apesar disso, na maioria dos processos seletivos da EAU/UFF e da FAU/UFRJ, nos últimos dez anos, não é considerado pré-requisito para ser aprovado no concurso a comprovação de conhecimento digital (ou incluída alguma prova de proficiência em ferramentas digitais de apoio ao projeto), vide gráficos 7 e 8. Raras exceções foram



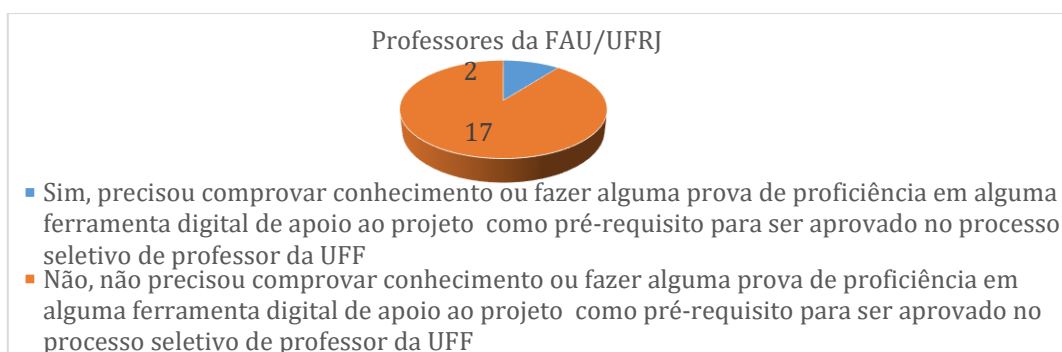
observadas, tais como: na EAU/UFF, a citada exigência foi aplicada nos anos 1997, 2003 e 2009; e na FAU/UFRJ nos anos 1993, 1997 e 2003.

Gráfico 7: Quantidade de Professores da EAU/UFF que comprovaram conhecimento em alguma ferramenta digital durante processo seletivo



Fonte: Autoras (2020)

Gráfico 8: Quantidade de Professores da FAU/UFRJ que comprovaram conhecimento em alguma ferramenta digital durante processo seletivo



Fonte: Autoras (2020)

Considerando que o aprendizado do professor é contínuo, é imperioso destacar as aprendizagens fundamentais apontadas por Delors, no relatório para UNESCO, da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI (1999), são elas: os alunos vão para a escola para aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver e aprender a ser. Este conjunto faz parte da principal consequência da sociedade atual, também chamada por Delors como sociedade do conhecimento, que consiste na necessidade da aprendizagem ao longo de toda vida.

3.2.2. A situação atual dos ateliês de projeto da EAU/UFF e da FAU/UFRJ

O Ateliê de projetos ainda é considerado o palco central para o ensino de projeto nas Escolas de arquitetura, nesse sentido Martinez (2000) afirma: “Essa disciplina é o tronco do currículo porque os arquitetos desenham edifícios, [...] é a parcela mais específica da formação” (MARTINEZ, 2000, p. 55). Assim, parece inevitável que as inovações tecnológicas exerçam influência nestes ambientes. Gabriel (2013) assevera que as tecnologias alteram o cenário das relações humanas na sala de aula, pois caracterizam-



se como um dos principais espaços onde as inovações contemporâneas têm exigido maiores transformações, significativamente, no ensino em questão.

Historicamente, conforme menciona Wojcickoski (2017) nos ateliês iniciais, a representação gráfica acontece exclusivamente por meio de croquis e desenhos técnicos a lápis e diretamente no papel. Nos intermediários, os alunos passam a utilizar softwares de representação gráfica, por meio de computadores, normalmente para representação e apresentação dos projetos. Nos ateliês mais próximos ao final do curso, os alunos tendem a utilizar de forma híbrida os dois meios, analógico e digital, escolhendo o que lhe parece mais adequado, conforme a situação de projeto. Dessa forma, Claro e Jordão (2014) acreditam que o ateliê mantém o sistema tradicional de projeto utilizando os meios digitais apenas para representação e apresentação. Assim, ainda segundo os autores, o aluno não faz um uso reflexivo das novas ferramentas tecnológicas.

Na pesquisa em campo foram encontrados relatos nesse sentido. Na EAU/UFF: “Acho que o meio digital no projeto se tornou um fim e não um meio e como consequência os alunos não sabem mais projetar desenhando e utilizam pouco sua criatividade e imaginação” (DEF, professor-respondente da EAU/UFF, 2019). E na FAU/UFRJ: “Os alunos usam intensamente os recursos digitais, mas, muitas vezes, de forma equivocada” (GHI, professor-respondente da FAU/UFRJ, 2019).

As ferramentas analógicas e digitais podem se complementar. Segundo Wojcickoski (2017), é um equívoco afirmar que o computador substituirá o croqui, uma vez que essa intenção nunca existiu.

Nas duas instituições pesquisadas, EAU/UFF e FAU/UFRJ, os ateliês de projeto ainda estão predominantemente equipados somente com pranchetas e, aparentemente, despreparados para alocar e suportar equipamentos eletrônicos, como é possível observar nas figuras 1 e 2. Segundo relatos oriundos da pesquisa com a EAU/UFF: “Falta infraestrutura e investimento” (JLM, Professor-respondente da EAU/UFF, 2019). E na pesquisa com a FAU/UFRJ: “Faltam recursos. Não temos nem ventiladores, imagina computadores!”. (NOP, Aluno-respondente da FAU/UFRJ, 2019).

Figuras 1 e 2: Ateliê de projeto na EAU/UFF e Ateliê de projeto na FAU/UFRJ.



Fonte: Autoras (2019)



Contudo, conforme citado por Veloso e Rufino (2007), estes problemas de infraestruturas não são exclusivos das instituições citadas, estando presentes em diversas outras.

Apesar de não haver a disponibilização de computadores de forma fixa nos ateliês de projeto da EAU/UFF, é possível, a título de empréstimo, retirar computadores na secretaria, porém, como há poucos, a maioria dos alunos é obrigada, inevitavelmente, a levar os seus próprios. Conforme relato: “A EAU/UFF empresta computadores conforme solicitação prévia na secretaria, mas em quantidade limitada (ACA, Aluno-respondente da EAU/UFF, 2019). Vide quadro 1.

Quadro 1 – Equipamentos tecnológicos pertencentes à EAU/UFF para apoio às aulas de projeto (informações obtidas na Secretaria da escola)

<i>Datashow</i>	<i>Computadores (notebooks)</i>	
Para empréstimos aos professores	Para empréstimos	
	Aos alunos	Aos professores
8 unidades	5 unidades	5 unidades

Fonte: Autoras (2020)

Em paralelo, na FAU/UFRJ, não acontece, empréstimo de computadores pela direção da faculdade, segundo relato: “Era motivado fortemente que cada aluno adquirisse um laptop” (M, Aluno-respondente da FAU/UFRJ, 2019).

Quanto às dinâmicas do ensino nos ateliês da EAU/UFF, à medida em que os períodos se sucedem, também são aceitos trabalhos desenvolvidos por meios digitais. Ainda assim, há professores que mantêm a exigência de trabalhos exclusivamente manuais, mesmo em períodos mais avançados do curso, segundo o relato: “As disciplinas no início do curso tendem a receber trabalhos manuais, enquanto as do final do curso, digitais. Porém, ainda existem professores que insistem que a gente faça todo o projeto à mão (como é o caso de Projeto Arquitetônico III)”. (OVV, Aluno-respondente da EAU/UFF, 2019).

No caso da FAU/UFRJ, com exceção das disciplinas de projetos ofertadas no começo do curso (especificamente a disciplina Ateliê de Projeto Arquitetônico I, oferecida no 3º período da grade curricular), foi verificado que os professores aceitam que os trabalhos sejam desenvolvidos também à mão. Porém nas disciplinas subsequentes, a exigência, mesmo que não impositiva, de que os trabalhos sejam desenvolvidos por meio digital, foi notada em vários relatos coletados. Conforme exemplo abaixo:

Todos aceitam ambos os meios, mas é explícita a preferência e quase exigência do meio digital. Clara preferência sobre os trabalhos entregues em meio digital. O manual era dado preferência por “manual editado em meio digital” (UVX, Aluno-respondente da FAU/UFRJ, 2019).

Uma importante afirmação resume a questão debatida neste trecho: “não tem como obrigar o estudante a ter conhecimentos digitais quando a escola não disponibiliza os equipamentos e softwares necessários para isso (QRS, Professor-respondente da FAU/UFRJ, 2019).

Nesse contexto, Almeida e Valente (2011) asseveram que, para viabilizar a integração das tecnologias em ambientes de ensino, como as salas de ensino de projeto, é



essencial que as tecnologias pertinentes à educação e à comunicação sejam reconhecidas não como ferramentas tecnológicas, mas sim “como ferramentas cognitivas, capazes de expandir a capacidade intelectual de seus usuários” (ALMEIDA e VALENTE, 2011, p. 71).

Ainda assim, poucos professores da EAU/UFF e FAU/UFRJ aplicaram em seus ateliês ferramentas digitais de apoio ao projeto, conforme demonstrado nos gráficos 9 e 10.

Gráficos 9 e 10– Quantidade de Professores que inseriram em seus ateliês ferramentas digitais



Fonte: Autoras (2020)

Alguns professores da EAU/UFF e FAU/UFRJ, apresentaram justificativa para a ausência de ferramentas digitais. A maioria dos relatos aponta que a deficiência na infraestrutura é fator motivador para a não inserção das ferramentas em seus ateliês. Contudo, foram obtidos alguns relatos que revelam certa resistência dos próprios professores a promoverem esta inserção digital. No caso da EAU/UFF, por exemplo, um professor-respondente afirmou que não é permitida a inserção desse tipo de ferramenta nos ateliês de projeto até o Projeto de Arquitetura III, disciplina oferecida na grade curricular do 4º período do curso.

No âmbito acadêmico, especialmente do ateliê de projetos, Florio (2011) assegura que a utilização de múltiplos artefatos, tais como desenhos e modelos físicos ou digitais, dependendo do interesse e habilidade de cada aluno, contribui para que as sucessivas decisões dentro do processo da criação do projeto aconteçam por meio da atuação do aluno durante suas ações.

3.2.3. Dinâmica das salas de aula da EAU/UFF e da FAU/UFRJ: relação entre professor e aluno

À medida que o computador e as ferramentas correlatas à tecnologia afetam o comportamento do indivíduo, a relação entre professor e aluno em sala de aula também é alterada. Estas transformações nem sempre incidem da mesma forma em cada um dos personagens que compõe essa dinâmica. Pois, os aspectos que diferenciam professor e aluno de forma inerente (geração, formação e atuação), somados às novidades tecnológicas, podem transformar a distância entre eles em abismo.

Para discorrer sobre as diferenças de gerações, Carvalho e Savignon (2012) mencionam que os alunos da atual geração, além de ingressarem nas faculdades com conhecimentos em ferramentas digitais, convivem com elas desde que nasceram. Enquanto isso, a maioria dos professores somente teve acesso a todo o universo



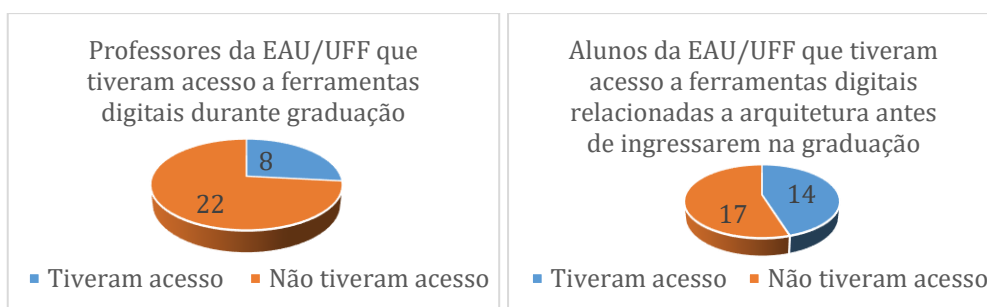
tecnológico muito mais tarde. Yessios (2009) afirma: “[...] os estudantes estão, frequentemente, à frente dos seus professores quando se trata do uso das ferramentas digitais” (YESSIOS, 2009, p. 262, apud CAIXETA, 2013, p. 88²).

Alguns professores-respondentes das instituições foco da análise, demonstram notar estas alterações e diferenças, como exemplos: “Falta diminuir a distância entre o conhecimento adquirido pelo aluno e o referente à maioria dos professores (ABC, Professor-respondente da EAU/UFF, 2019); “Os alunos estão cada vez mais profícuos e interessados em ferramentas digitais. O digital é parte da natureza dessas gerações vindo aí” (TUV, Professor-respondente da EAU/UFF, 2019).

No caso da FAU/UFRJ, seguem alguns relatos extraídos da pesquisa: “Para os jovens nascidos no século XXI parece sempre mais fácil lidar com conhecimento digital” (XZA, Professor-respondente da FAU/UFRJ, 2019). Um professor respondente admite simplesmente: “Eles sabem, eu não sei” (BCD, Professor-respondente da FAU/UFRJ, 2019).

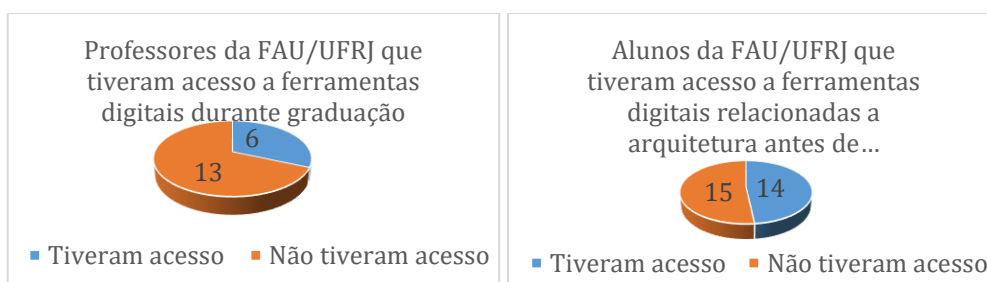
De certa forma, pode-se considerar que professores e alunos dificilmente pertencem à mesma geração, por conseguinte, se formam por meio de métodos de ensino distintos. Assim, é esperado que, na EAU/UFF e na FAU/UFRJ, poucos professores tivessem acesso às ferramentas digitais durante sua graduação (gráficos 11 e 13), considerando, inclusive, que os avanços tecnológicos são, sobremaneira, recentes. De outra parte, quase a metade dos alunos entrou na faculdade tendo sido apresentada a inúmeras ferramentas digitais, inclusive vinculadas a arquitetura (gráfico 12 e 14).

Gráficos 11 e 12: Quantitativo de Professores e Alunos da EAU/UFF quanto ao acesso a ferramentas digitais, antes e durante a graduação



Fonte: Autoras (2020)

Gráficos 13 e 14: Quantitativo de Professores e Alunos da FAU/UFRJ quanto ao acesso a ferramentas digitais, antes e durante a graduação



² “[...] student designers are frequently ahead of their professors when it comes to the use of digital tools”.



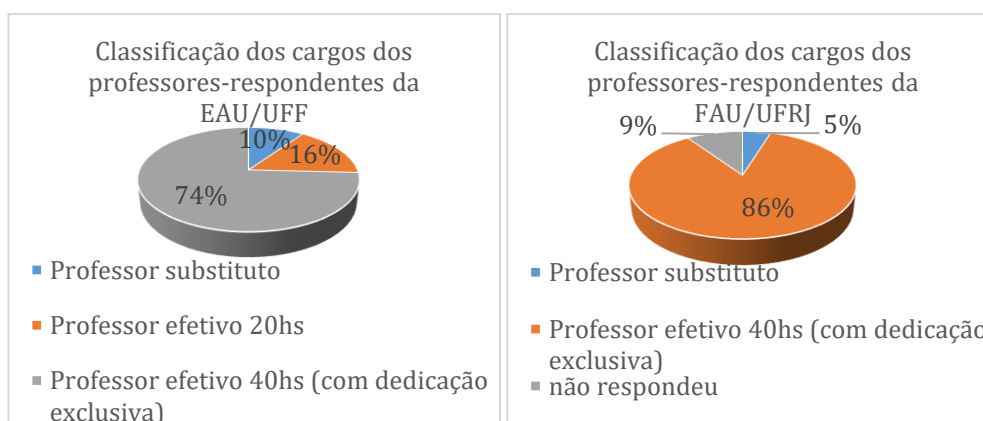
Fonte: Autoras (2020)

Além da diferença de formação, há também a de atuação. Neste caso, devido as diferenças nos cargos que o professor assume ao ingressar na instituição. Geralmente, há dois tipos diferentes de cargos: os professores contratados em tempo integral (40hs com dedicação exclusiva) e os de tempo parcial (20hs com dedicação parcial). Há também outro tipo de cargo, menos frequente, que é denominado professor substituto, com possibilidade de vínculo contratual de 20hs ou de 40hs. Sobre estas diferenças de cargo, Esteve (1995) afirma:

Os professores contratados em tempo integral (dedicação exclusiva) [...] precisam estar disponíveis para a escola por um pré-determinado número de horas semanais e são fortemente estimulados a participar de atividades de pesquisa. Por outro lado, adquirem um grau elevado de estabilidade em relação ao emprego, não podem, em geral, lecionar em outras instituições e recebem apoio financeiro para participação em eventos científicos e cursos adicionais que julguem necessários à atualização ou aquisição de novos conhecimentos. [...] Os professores contratados em tempo parcial por sua vez, têm menos exigências a cumprir em termos de carga horária, pesquisa e disponibilidade, mas, por outro lado, também podem ser diferenciados no tocante ao apoio recebido, tanto financeiro (recebem menos apoio) como na estabilidade do vínculo contratual. Dentre os docentes em tempo parcial, dois tipos de carreira podem ser encontrados no contexto brasileiro: professores que se dedicam apenas à docência e lecionam em diversas instituições e os professores que exercem outras atividades profissionais paralelas, como a consultoria, ou mesmo têm um emprego em outra organização (ESTEVE, 1995, não paginado).

Na EAU/UFF e na FAU/UFRJ, a maioria dos professores que respondeu às perguntas exerce, dentro das instituições, cargo com exigência de dedicação exclusiva, conforme verificado nos gráficos 15 e 16.

Gráficos 15 e 16: Percentual de professores substitutos e efetivos (20hs e 40hs) que responderam aos questionários da EAU/UFF e FAU/UFRJ

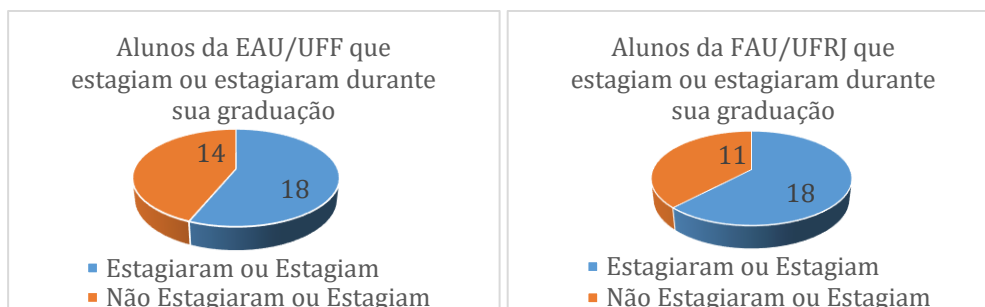


Fonte: Autoras (2020)

Em contrapartida a maioria dos alunos de graduação das duas instituições, já atuam no mercado de trabalho, mais precisamente em estágios (gráficos 17 e 18).



Gráficos 17 e 18: Comparativo entre o quantitativo de alunos da EAU/UFF e da FAU/UFRJ que estagiam ou estagiaram durante sua graduação e aqueles que não estagiam ou estagiaram durante sua graduação



Fonte: Autoras (2020)

Segundo Marcílio (2015), o professor precisa permanecer sintonizado ao mundo e, desse modo, manter capacidade de identificar a direção correta a guiar o aluno. Para a autora, não basta conhecer o indivíduo, é preciso conhecer o sujeito que aprende. Auler, Santos e Cericatto (2016) complementam ao afirmar que o novo papel da educação e do docente, nesse momento de muitas mudanças tecnológicas, vai além da superação e da adaptação às necessidades da sociedade em constante transformação. É preciso, segundo os autores, assumir um papel precursor neste processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o início do século XXI que se discute a dialética criada entre o desenho arquitetônico tradicional, feito à mão, e o desenho produzido em ambiente digital, com o auxílio do computador. Desse modo, julgou-se necessário que fosse verificado a forma como as Escolas/Faculdades de arquitetura e urbanismo e os professores estão contribuindo para a superação definitiva desta questão.

Assim, entende-se que: a existência de grande diferença entre a capacidade do professor e o potencial do aluno dificulta a superação dessa dialética; a presença das ferramentas digitais no ato da projeção é irreversível, assim como também a extinção da prancheta dos ateliês de projeto é inadmissível; a desmistificação dos receios sobre o uso de ferramentas digitais é necessária, visto que as habilidades manuais em interface com programas computacionais têm suas capacidades potencializadas e fortalecidas.

Por fim, a adequação das instalações e currículos das Escolas/Faculdades, além da capacitação de seus professores, são importantes ferramentas para que, as habilidades manuais e as ferramentas digitais sejam plenamente integradas no ensino dentro dos ateliês de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Maria Elizabeth B. de e VALENTE, José Armando. **Tecnologias e Currículo: trajetórias convergentes ou divergentes?** São Paulo: Paulus, 2011.

AULER, Isabel Cristina Pereira; SANTOS, George França do e CERICATTO, Soely Kunz. O papel do professor e os desafios no contexto da cibercultura. **Revista Científica Internacional**, n. 4, vol. 11, artigo 9. Out/Dez 2016. P. 149 a 194.



BATISTA, Gabrielly Beatriz e CRUZ, Kátia Maria da. Estatuto da temática ensino-aprendizagem no âmbito da expressão gráfica: o *graphica* em questão. **Revista Interterritórios - Revista de Educação Universidade Federal de Pernambuco**. Caruaru, v. 3, n. 4, 2017.

BOTASSO, Gabriel Braulio e VIZIOLI, Simone Helena Tanoue. XII GRAPHICA - International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design: **Desenho e processo projetivo: aproximações entre Eduardo Souto de Moura e Eduardo de Almeida**, 2017, Araçatuba, Anais.

BRAIDA, Frederico; COLCHETE FILHO, Antonio e MAYA-MONTEIRO, Patricia. Inovações tecnológicas na Arquitetura e no Urbanismo: desafios para a prática projetual. *In: 12º Congresso da Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Regiões: Recursos: ordenamento desenvolvimento*. 2006. Disponível em: <http://www.uff.br/frederico_braida/files/2011/02/2006_Inova%C3%A7%C3%B5es-tecnol%C3%B3gicas-na-Arquitetura.pdf>. Acesso em: 10 set., 2018.

CAIXETA, Luciano Mendes. **Estudo crítico sobre o uso de ferramentas de modelagens tridimensionais de informações digitais BIM no ensino contemporâneo da arquitetura**. D. Sc., PPGAU/UNB, Brasília, DF, Brasil, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/14380>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

CARVALHO, Ramon Silva de e SAVIGNON, Affonso Pedro de. O professor de projeto de arquitetura na era digital: desafios e perspectivas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 6, n. 2, p. 4-13, jan., 2012.

CLARO, Marcel Alessandro e JORDÃO, Larissa Caroline Silva. O ensino em projeto de Arquitetura frente às inovações tecnológicas: Um processo Reflexivo. **Caderno ABEA**, v. 39, p. 117-127, out. 2014. Disponível em: <<http://www.abea.org.br/>>. Acesso em: 15 abr.2019.

D'AMBRÓSIO, U. **Educação Matemática: da teoria à prática**. 13. Campinas: Papirus, 2006.

ESTEVE, J.M. **Mudanças sociais e função docente**. *In: NOVOA, A.(org), Profissão professor*, Porto: 1995.

FRITZEN, Daniel e CASTELAN, Jovani. IX GRAPHICA -International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design: **Aulas de CAD/CAM contextualizadas**, 2011, Rio de Janeiro, Anais.

FLORIO, Wilson. Modelagem paramétrica, criatividade e projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 6, n. 2, p. 43-66, 2011. Disponível em: <<http://www.periodicos.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51010/55077>>. Acesso em: 11 out.2019.



_____. O croqui no atelier de projeto: desafios no ensino de arquitetura na era digital. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, v. 1, n. 1, p. 50-76, 2013.

GABRIEL, Martha. **Educ@r: a (r)evolução digital na educação**. São Paulo: Saraiva, 2013.

KUSCHNIR, Karina. **A antropologia pelo desenho: experiências visuais e etnográficas**. Cadernos de Arte e Antropologia, v. 5, n. 2, p. 5-13, 2016. Disponível em: <https://journals.openedition.org> Acesso em: 20 nov. 2018.

MARCÍLIO, M. T. **O professor desejado: o que podemos oferecer a ele**. Artigo publicado na edição de fevereiro de 2015 da revista. Disponível em: https://issuu.com/ongavante/docs/o_professor_como_mediador_da_aprend_2b09f7a85599bc. Acesso em: 16 dez., 2019.

MARTINEZ, A. C. **Ensaio sobre o projeto**. SPAITEMBERG, A. L. (trad.), FISCHER, S. (Ver. Téc.). Brasília: Universidade de Brasília, 2000.

MINAYO, Cecilia de Souza (organizadora); DESLANDES, Suely Ferreira; Neto, Otávio Cruz e GOMES, Romeu. **Pesquisa social**. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.

NÓVOA, Antônio. **Salto para o futuro**. Entrevista a TV escola concedida em 13, set., 2001. Disponível em: <https://api.tvescola.org.br/tve/salto-acervo/interview;jsessionid=360D0C55FBA58EB74BF2B4539E1932FA?dlInterview=8283>. Acesso em: 23, abr., 2019.

ORTEGA, Artur Renato e BAIBICH, Tânia Maria. O desenho e o diálogo: alfabetização do aluno no ateliê de projeto arquitetônico. **Educar em Revista**, n.57, p. 131-146, jul./set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 20 nov. 2018.

ROPELATTO, Luciane *et al.* X GRAPHICA -International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design: **História em quadrinhos como objeto de aprendizagem hipermidiático**, 2013, Florianópolis, Anais.

RUDIO, Franz Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. Petrópolis: Vozes, 1986.

TUSSI, Jéssica e JUNIOR, Ivan Prado. 13º CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA: **Prancheta x computador: o exercício projetual nas escolas de arquitetura e urbanismo**, 2013, Campinas. Anais.

UNESCO. **Padrões de competência em tic para professores: módulos de padrão de competência**. 2008. Versão em Português publicada em 2009. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156207por.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2019.

VELOSO, M. e RUFINO, I. A. A. **Entre a bicicleta e a nave espacial: os novos paradigmas da informática e o ensino do projeto arquitetônico**. In DUARTE, C. et al (org.). O lugar do projeto no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo. Rio de Janeiro: Contracapa, 2007.



WOJCICKOSKI, Vagner G. A hibridação dos meios de representação no Atelier de Projeto. **Caderno ABEA**, v. 41, p. 260-274, out. 2017. Disponível em: <<http://www.abea.org.br/>>. Acesso em: 15 abr.2019.

AGRADECIMENTOS

Aos professores, alunos da EAU/UFF e da FAU/UFRJ, que se dispuseram a responder os questionários e aos funcionários das citadas instituições, que forneceram informações para a composição dessa pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação da Escola de Arquitetura e Urbanismo e ao CAPES, pela bolsa disponibilizada durante o período de vínculo (Curso de mestrado) de uma das autoras com esta instituição.

Design paramétrico e modelagem algorítmica: os efeitos de seus conceitos e técnicas para o estudante de arquitetura¹

Parametric design and algorithmic modeling: the effects of concepts and techniques to architecture students

¹Versão expandida do artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019

Giovani Voltolini

Mestre
Universidade Federal de
Santa Catarina, Florianópolis,
Brasil
voltolini1978@gmail.com

Regiane Trevisan Pupo

Doutora
Docente do Departamento de
Expressão Gráfica,
Universidade Federal de
Santa Catarina, Florianópolis,
Brasil
regiane.pupo@ufsc.br

Natália Queiroz

Mestre
Doutoranda em Arquitetura e
Urbanismo,
Universidade Federal de
Santa Catarina
nataliaqueiroz@labcon.ufsc.br

RESUMO:

Este trabalho apresenta conceitos e definições dos principais termos relacionados a dois distintos e promissores processos de concepção projetual – Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica – e sua aplicação em forma de oficina para estudantes de Arquitetura e Urbanismo. Frente ao modelo projetivo já vigente, neste trabalho denominado de “processo tradicional de projeto”, a aplicação visa exercícios orientados com os novos processos e sua execução em duas realidades distintas, uma universidade pública e uma privada. Ao final são apresentados os resultados obtidos referente ao parecer e aproveitamentos dos participantes e as considerações finais referentes a ação realizada na prática.

Palavras-chave: design paramétrico; modelagem algorítmica; estudante de arquitetura.

ABSTRACT:

This paper presents concepts and definitions around two different and promising design process terms - Parametric Design and Algorithmic Modelling – and its application in two workshops for architecture students. Facing the current design process, here called as “traditional design process”, the workshop aims oriented practice using new processes and their application in two different realities, a public and a private university. The results are presented at the end referring to the feedback and achieved progress by the students and their final considerations.

Keywords: parametric design; algorithmic modelling; architecture students





1. INTRODUÇÃO

A expansão de novas tecnologias utilizadas em processos projetuais 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, aqui relacionadas aos aspectos formais. A 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 e a Modelagem Algorítmica estão emergindo. Nutridos por pesquisadores de arquitetura e computação, estas metodologias vêm ganhando aceitação profissional e acadêmica generalizada (LEACH, 2014).

As metodologias de Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica estão relacionadas à geração de formas por meio de programação e pensamento algorítmico (QUEIROZ, 2015), ou àquelas que implicam na utilização de parâmetros para definir uma forma através de relações que as geram (MONEDERO, 2000). Ou seja, o projetista deve prever quais as variações a serem exploradas, 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), fixos ou variáveis. Os atributos fixos são chamados de “restrições” e as variáveis são chamados de “parâmetros” (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 (FLORIO, 2011) ou design algorítmico (QUEIROZ, 2015). Também, em algumas situações, são utilizados termos como ‘parametrizar’ e ‘parametrização’ para referir-se à Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica. É interessante notar que esses modelos passam por maturação similar em quatro aspectos: (1) Inicialmente tecnologias utilizadas por técnicos especializados (programadores); (2) 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 Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica, sendo muito provável que, assim como aconteceu com o CAD (*Computer Aided Design*) nas décadas de 1980 e 1990, se tornem usuais e acessíveis.

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”.

Neste contexto, a problemática está centrada no questionamento se esses conhecimentos irão alterar o processo de elaboração nos estágios iniciais de projeto, principalmente referente 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, Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica 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”. Assim, esta pesquisa visa investigar as ferramentas de Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica, ao serem inseridas para um grupo de estudantes de Arquitetura e Urbanismo, frente ao modelo de concepção já dominado pelo grupo, que nesta pesquisa é denominado de “processo tradicional de projeto”.

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

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Acredita-se que Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica têm grandes potenciais a oferecer ao ensino de Arquitetura e Design, porém são enormes os desafios para a implementação dessas metodologias nos currículos dos cursos. 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. Há a urgência de se agregar itens importantes quanto ao 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.

2.1. Aplicações paramétricas (Paramétrico)

O emprego de superfícies e curvas NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*) 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*, ou seja, qualquer tipo de inserção de dados, seja ele via teclado ou mouse. 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 (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). É importante ressaltar 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 a expressão.

2.2. 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 de software paramétrico. “Parametrização” faz referência a uma ação, o ato de parametrizar um modelo por meio da 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* (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. 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*; 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). 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).

2.3. Programação em Modelagem Paramétrica (Modelagem Algorítmica)

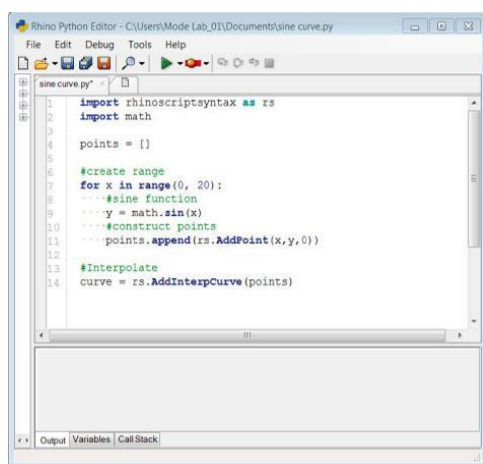


É entendido que a parametrização necessita de programação ou, ao menos, de um modelo matemático para idealizar a concepção baseada na conexão de elementos e suas inter-relações. Este tipo de resolução se dá por meio da criação de algoritmos, que são um conjunto das regras e procedimentos lógicos perfeitamente definidos que levam à solução de um problema em um número finito de etapas. Os algoritmos são tecnicamente 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, e ainda 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*. 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), no caso a maioria dos arquitetos.

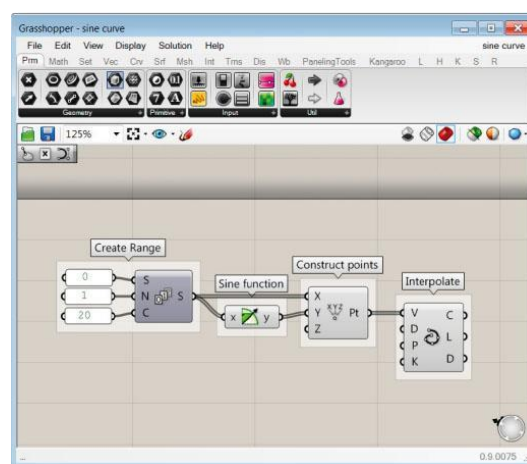
Visando estabelecer uma comparação entre exemplos de programação algorítmica no modo textual (*script*) e visual (interligação entre pilhas), que resultarão em um mesmo objeto, as Figuras 1 e 2 ilustram com melhor clareza as duas formas de *input*.

Figura 1: Modo textual



Fonte: JAMISON, REITZ, et al., 2014

Figura 2: Modo visual



Fonte: JAMISON, REITZ, et al., 2014

Para um entendimento específico de funções de cada método de programação, a Tabela 1 aponta as principais diferenças entre os dois tipos.



Tabela 1: funções de cada método de programação

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

Fonte: Autores

2.4. Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica

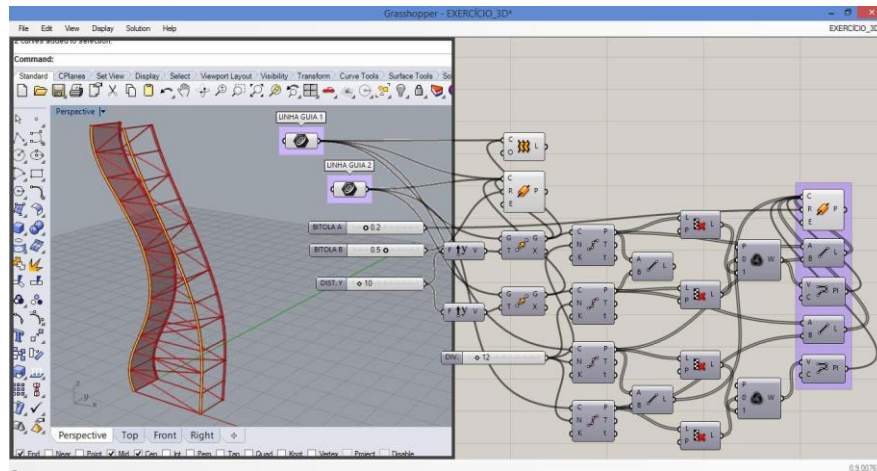
Apesar das metodologias serem distintas, Leach (2014) considera que exista uma condição generalizada, por parte de profissionais da área de design e arquitetura, estabelecendo uma fusão entre Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica. Isto ocorre, em parte, devido ao fato de as duas técnicas poderem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

A Modelagem Algorítmica trabalha com objetos gerados usando, por exemplo, *script* Rhinoceros (textual) ou Grasshopper (visual), que possuem, muitas vezes, formas curvilíneas e que são aparentemente semelhantes ao trabalho produzido por ferramentas paramétricas. Já o 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).

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, subsequentemente, manipulada usando técnicas de Design Paramétrico. Como exemplo, na análise comparativa das figuras 3 e 4, nota-se que a modelagem algorítmica (lado direito das figuras) que gerou a forma (lado esquerdo das figuras) permanece a mesma em ambas. O que se alteram são as linhas guias parametrizadas e, por consequência, a forma da treliça.

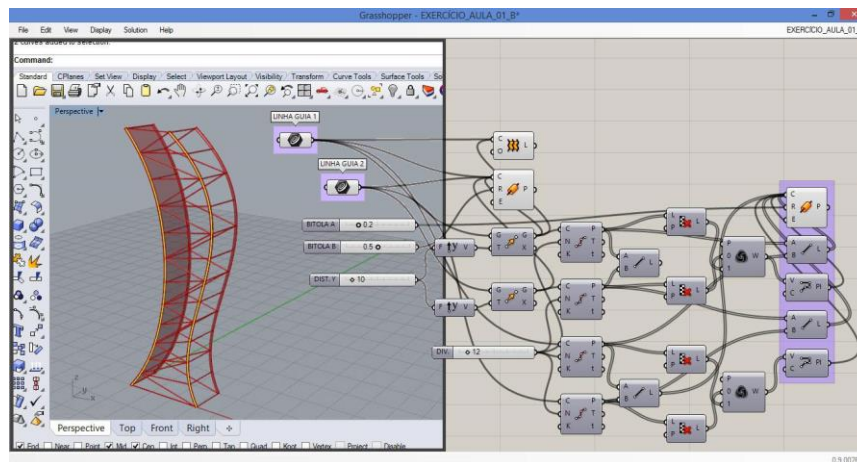


Figura 3: Modelo de pilar curvilíneo em treliça (Variação “A”), gerado por meio de Modelagem Algorítmica em Grasshopper e parametrizado por curvas concebidas em Rhinoceros.



Fonte: Autores

Figura 4 : Modelo de pilar curvilíneo em treliça (Variação “B”), gerado por meio de Modelagem Algorítmica em Grasshopper e parametrizado por curvas concebidas em Rhinoceros.



Fonte: Autores

As técnicas de Modelagem Algorítmica podem, também, ser utilizadas para a otimização 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 (LEACH, 2014, p. 34). 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.

Em Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica não combinam entidades gráficas, mas 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 (QUEIROZ, 2015) a fim de construir estruturas geométricas lógicas e flexíveis para viabilizar variações. Segundo Hernandez (2006), o projetista deve prever que tipos de variações 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.

Nota-se que a linguagem de projeto não é a representação em desenho, mas ligações de entidades e parâmetros de forma lógica. É essa programação algorítmica que irá gerar a forma ou o projeto. Quanto ao paramétrico, à medida que se alteram as coordenadas (parâmetros), a forma se ajustará respectivamente. Neste sentido, o projetista precisa desenvolver o pensamento algorítmico.

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.

3. METODOLOGIA

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).

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. 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).

4. APLICAÇÃO

A aplicação dos conceitos, de acordo com a metodologia empregada na pesquisa, se deu em forma de *Workshop*, também conhecida como Oficina ou Laboratório, a qual é orientada ao agrupamento de pessoas com interesses em uma determinada situação de ensino. O *Workshop* possibilita o ensino mediante a apresentação de conceitos e conhecimentos previamente adquiridos e seu conteúdo é abordado de maneira mais prática do que teórica, o que tende ao envolvimento e a participação num modo de cooperação.

Intitulados 1) “*Parametric Design e Algorithmic Modeling*” e 2) “Introdução ao *script* gráfico e Fabricação”, o desenvolvimento e realização dos *workshops* se deu com alunos de arquitetura e design, em duas universidades, uma privada e uma pública, respectivamente, com carga horárias e atividades práticas distintas em termos de aplicabilidade, ambiente e realidades. Entretanto, com o uso das mesmas ferramentas para projeto e criação.

4.1. *Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*

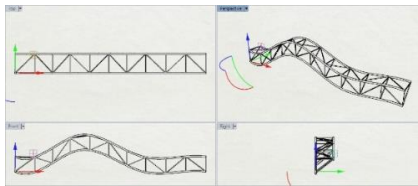
Este workshop, com duração de 30 horas, foi direcionado para um grupo de dezenove alunos do curso de arquitetura de uma universidade particular no estado de Santa Catarina e seu desenvolvimento incluiu atividades divididas em quatro exercícios orientados, descritos a seguir. Os resultados da pesquisa completam sua descrição.

4.1.1. *Exercício orientado 1*

Este exercício teve seu início apresentando uma forma regular para uma forma não uniforme e abordando os conceitos iniciais de modelagem algorítmica e a geração e modificação da forma por meio de parâmetros. Consistiu em elaborar um padrão de treliça com peças tubulares e fazê-lo percorrer uma ‘linha guia’ curvilínea não uniforme editável (Figuras 5 e 6). É importante notar que as propriedades paramétricas dos modelos gerados nos exercícios orientados deram condições aos participantes do *workshop* para que elaborassem variações da concepção formal.



Figura 5: Exercício orientado 1: treliça curvilínea parametrizada



Fonte: Autores

Figura 6: Algoritmo do Exercício orientado 1: treliça curvilínea parametrizada

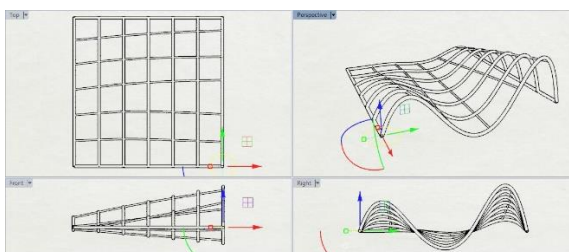


Fonte: Autores

4.1.2. Exercício orientado 2

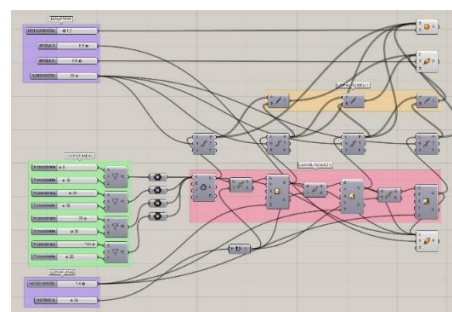
Neste exercício, apresentou-se a característica curvilínea similar ao explanado pelo Exercício Orientado 1, no entanto, a ênfase neste caso foi a modelagem algorítmica. Consistiu em elaborar uma estrutura com segmentos tubulares, que ajusta a sua curvatura de acordo com parâmetros ligados por uma linha pré-definida da estrutura. A propriedade algorítmica está no fato de que essa curvatura vai se intensificando de acordo com a distância entre as linhas que compõem a estrutura, conforme ilustrado nas figuras 7 e 8.

Figura 7: Exercício orientado 2: estrutura parametrizada



Fonte: Autores

Figura 8: Código da modelagem algorítmica do Exercício orientado 2: estrutura parametrizada



Fonte: Autores

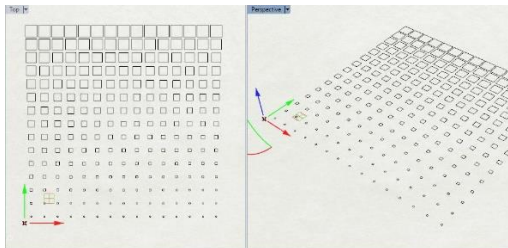
4.1.3. Exercício orientado 3

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. 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 visa elaborar um algoritmo para ajustar o tamanho dos elementos dispostos nas intersecções da grade "XY", de acordo com um "ponto de atração". Quanto mais se aproximar do "ponto de atração"



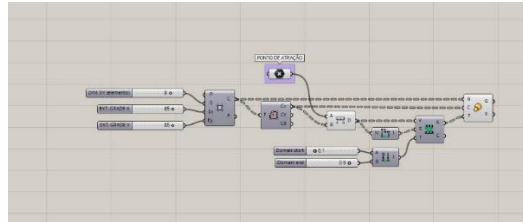
do elemento, mais ampliado ou reduzido o elemento ficará. A ênfase deste exercício foi o pensamento algorítmico, conforme mostrado nas figuras 9 e 10.

Figura 9 - Exercício orientado 3: Painel parametrizado



Fonte: Autores

Figura 10 - Código da modelagem algorítmica do Exercício orientado 3: painel parametrizado

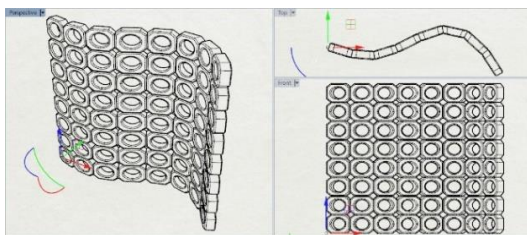


Fonte: Autores

4.1.4. Exercício orientado 4

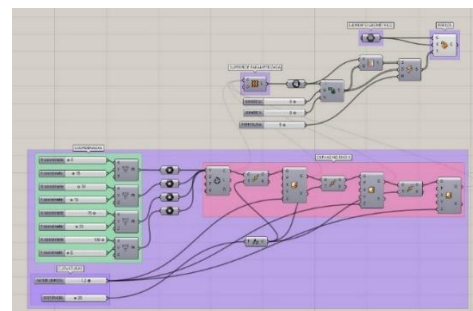
O exercício orientado 4 tratou de um sólido geométrico que, aplicado em outra forma, gerou a estrutura final. Foram abordadas técnicas de modelagem geométrica, algorítmica e parametrização. Consiste em ajustar padrões de um elemento predefinido de acordo com a curvatura da parede parametrizada, sendo a curvatura da parede ajustada através de parâmetros, conforme figuras 11 e 12.

Figura 11: Exercício orientado 4: parede parametrizada com aplicação de elemento geométrico (panelização)



Fonte: Autores

Figura 12: Código da modelagem algorítmica do Exercício orientado 4: parede parametrizada com aplicação de elemento geométrico (panelização)



Fonte: Autores

4.2. Workshop: Introdução ao script gráfico e Fabricação

Este *workshop* foi formatado para execução em um período de longa duração (64 horas/aula) e dividido em duas partes. A primeira, de cunho teórico, incluía aulas teóricas seguidas de exercícios práticos de fixação. A segunda parte, totalmente prática, foi propositiva com orientações abertas e coletivas e incluía pesquisas de referências, proposição projetual individual ou



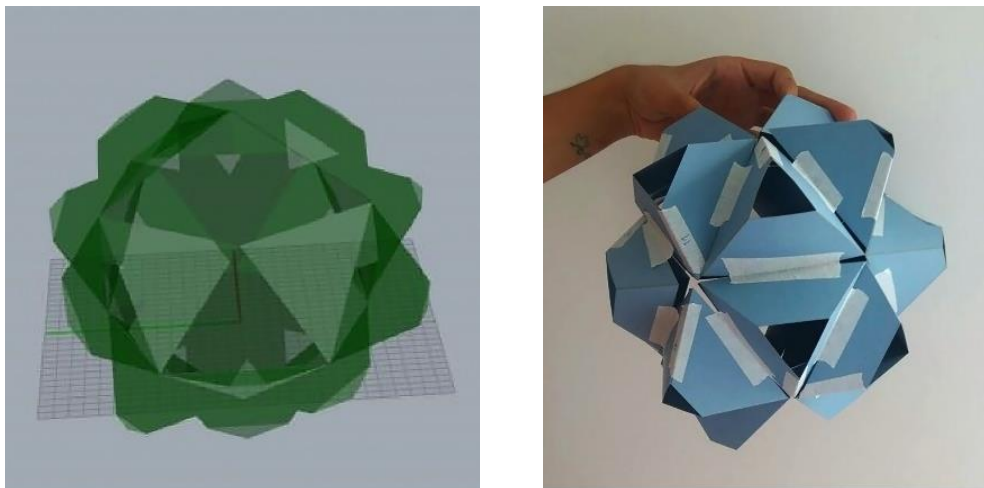
em dupla e discussões com orientação guiada. Um diferencial deste *workshop* foi a oportunidade de materialização dos projetos, via prototipagem digital, no laboratório PRONTO3D/FabLab, que conta com tecnologias de corte laser, impressão 3D e CNC (*Computer Numeric Control*).

A oficina contou com dez alunos, com perfis variados, distribuídos entre os cursos de graduação em Arquitetura (cinco), Design (quatro) e Engenharia mecânica (um). Todos conheciam processos de modelagem 3D, porém nunca tinham tido contato com modelagem algorítmica utilizando Grasshopper e metade já tinha adquirido experiência com equipamento de fabricação digital.

Os alunos foram introduzidos aos conceitos de modelagem algorítmica, sendo a abordagem teórica e prática de modelagem, nesse caso, integradas a técnicas para construção dos modelos utilizando a fabricação digital, por meio dos processos descritos por Iwamoto (2013). São eles: planos seriados, planificação, dobradura, formação e desbaste. Ao final da etapa, os participantes foram convidados a iniciar o projeto e prototipação de uma luminária funcional, sendo o tema facultativo.

Ao todo seis projetos foram materializados em protótipos funcionais, em que cinco utilizaram processo de corte laser e um em impressão 3D. Dos que utilizaram corte laser, quatro trabalharam com processo de tesselação e dobradura e um com processo de planificação de superfícies. As figuras 13, 14, 15 e 16 ilustram processos e produtos durante e ao final da oficina.

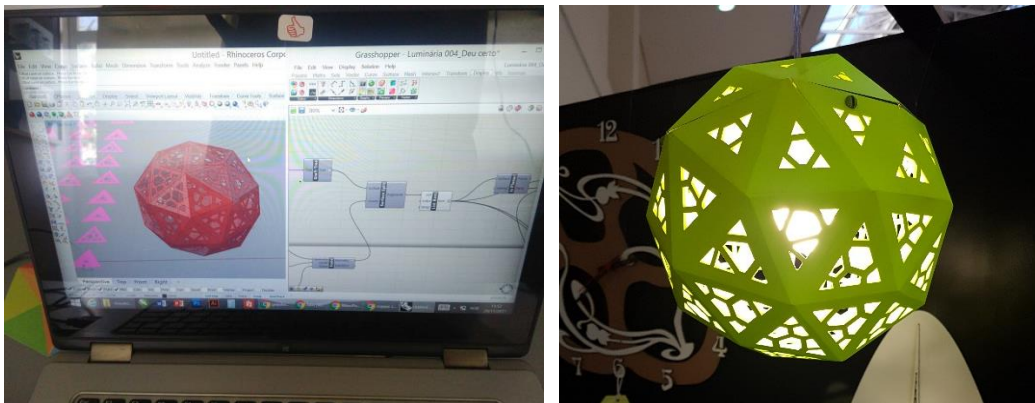
Figura 13: Projeto final aluna de arquitetura Iasmin Korman



Fonte: Autores

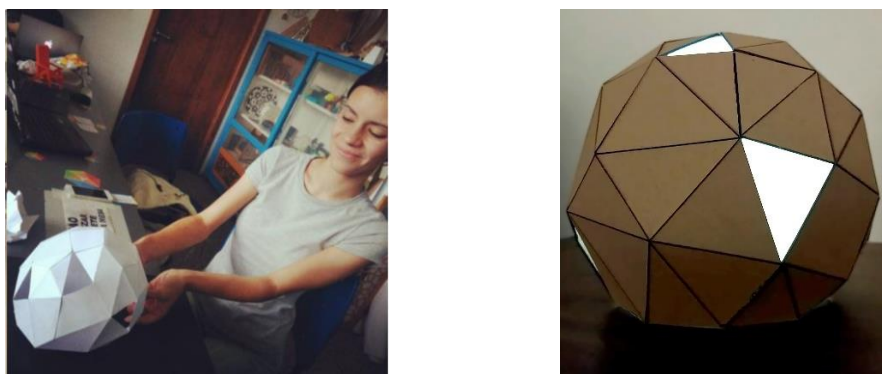


Figura 14 – Projeto final aluno de design Uirá Duarte



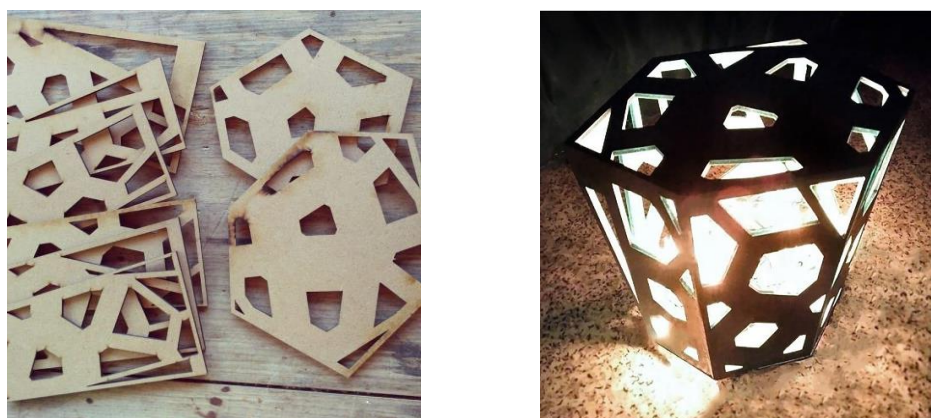
Fonte: Autores

Figura 15 – Projeto final aluno de arquitetura Bruna Soccal



Fonte: Autores

Figura 16 – Projeto final aluna de arquitetura Bárbara Fernandes



Fonte: Autores



5. RESULTADOS DA PESQUISA

5.1. *Workshop: Parametric Design e Algorithmic Modeling*

Todos os dezenove participantes efetivos participaram de pesquisa de conclusão das atividades que envolveu: 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 dos conhecimentos adquiridos e (d) Os interesses futuros em relação ao tema de pesquisa.

Sobre o entendimento relacionado ao tema de pesquisa, o questionário revelou que 100% dos participantes aumentaram sua compreensão pois possuíam um entendimento bem diferente sobre as técnicas de parametrização e modelagem por meio de programação de algoritmos, antes de serem apresentadas no *workshop*. Da mesma forma, 100% apontaram a compreensão dos termos apresentados, sanando as dúvidas anteriormente existentes.

A assimilação das ferramentas utilizadas se mostrou coerente, visto que 63% dos participantes revelaram que começaram efetivamente 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 exaltaram ao fato de poder testar outras técnicas de modelagem paramétrica e algorítmica.

Quando o conceito sobre o processo de elaboração de forma (Concepção Formal), em comparação ao modo de concepção de forma em um “processo tradicional”, é testado, há, muitas vezes, uma resistência frente à quebra de paradigma de uso de novos métodos. Os participantes que apontaram que sua percepção frente aos novos conceitos mudou significativamente totalizou 47%, os que indicaram que seu entendimento apenas havia sido alterado totalizou 37% e os restantes 16% não perceberam nenhuma alteração em sua percepção.

Quanto às atividades propostas e seu aproveitamento, a tabela 2 ilustra um panorama dos resultados obtidos, com os pareceres dos alunos sobre os exercícios propostos e seu respectivo aproveitamento.



Tabela 2 – Parecer dos alunos e aproveitamento

		Exercício 1 Treliça Parametrizada	Exercício 2 Estrutura Parametrizada	Exercício 3 Painel Parametrizado	Exercício 4 Parede Parametrizada
Parecer dos alunos sobre os exercícios	Baixa complexidade	42%	26%	31%	16%
	Média	53%	63%	53%	32%
	Alta	5%	11%	16%	52%
Aproveitamento dos alunos nos exercícios propostos	Execução integral	58%	53%	68%	53%
	Execução parcial	26%	31%	16%	10%
	Execução com ressalvas	16%	16%	10%	16%
	Não executou	--	--	6%	16%

Fonte: Autores

5.2. Workshop: Introdução ao script gráfico e Fabricação

Dos dez alunos participantes, houve duas desistências, durante as primeiras aulas teóricas que visavam construir o pensamento necessário para modelagem por *script* gráfico. A abordagem incluía a compreensão de princípios matemáticos geracionais da forma e gerenciamento de fluxo de dados. Os oito alunos restantes permaneceram no curso até o final. A avaliação do sucesso neste curso estava associada a modelagem e fabricação da luminária que deveria incluir algum processo de modelagem algorítmica e de fabricação digital descrito durante o curso. Neste momento, a proposição foi voluntária e autoral por aluno, ou seja, o aluno foi responsável por definir o projeto, técnica de modelagem e fabricação que utilizaria. A autonomia permitiu avaliar o domínio adquirido durante o todo o processo. Apesar da autonomia, as etapas de modelagem, fabricação e montagem foram orientados pelas ministrantes do curso.

A tabela 3 mostra a frequência e execução das atividades. Todos alunos relataram dificuldade com a curva de aprendizado para o processo de modelagem algorítmica, sendo que um aluno não conseguiu concluir seu projeto, e um aluno que concluiu, não executou seu projeto na versão final. Ambos alunos relataram conflito do período de avaliações do calendário acadêmico regular e do *workshop* como motivo da falta. Ao final seis alunos concluíram todas as etapas apresentando bom nível de domínio sobre os processos de modelagem para fabricação digital.



Tabela 3 –Aproveitamento dos alunos

Adesão	Número	Percentual
<i>Início</i>	10 alunos	100%
<i>Concluíram as aulas teóricas</i>	8 alunos	80%
<i>Concluíram projeto</i>	7 alunos	70%
<i>concluíram o protótipo físico</i>	6 alunos	60%

Fonte: Autores

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio da aplicação das ações propostas 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 os procedimentos são ordenados para se chegar à forma. Este ato processual da concepção, denominado por alguns autores de “pensamento algorítmico”, foi considerado pelos participantes dos *workshops* 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. Sendo assim, em relação à satisfação geral da experiência, 90% consideraram as práticas abordadas interessantes e que possivelmente adotariam em seus projetos e o restante dos participantes relatou ressalvas. Em relação ao interesse futuro e à continuação dos estudos relacionados ao tema, 95% relataram possuir interesse. Quanto à inserção de conteúdos relacionados ao tema nas grades curriculares de cursos superiores de Arquitetura e Urbanismo, 100% demonstraram interesse.

O processo de ensino de ferramentas algorítmicas a projetistas é de difícil abordagem, uma vez que, a lógica para construção de modelos associados a programação, ainda não é uma expertise de projetistas no Brasil. Entretanto, todos os alunos que permaneceram até o final dos *workshops* atenderam bem as expectativas de domínio das ferramentas. Ambos foram propositivos e construíram um nível iniciante de autonomia de modelagem. Cursos futuros devem possuir maior margem no calendário de atividades e evitar que datas coincidam com o final das atividades acadêmicas do semestre letivo. Assim, evitando desistências tardias por conflito de datas.

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 complexos, algo que seria de difícil execução com as ferramentas e métodos tradicionais.

Esta articulação do professor-pesquisador é necessária, pois quando se trata 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 estudante, é essencial para o seu aperfeiçoamento. 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.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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.

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.

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

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.

IWAMOTO, Lisa. Digital fabrications: architectural and material techniques. Princeton Architectural Press, 2013.

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.

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

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

QUEIROZ, N. 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.

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.

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_-_Uma_Introducao_ao_Projeto_Arquitetonico>. Acesso em: 10 Fevereiro 2016.

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-ação. 10^a. 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.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PRONTO3D/FabLab – Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D e ao LabCon – Laboratório de Conforto, ambos da Universidade Federal de Santa Catarina; à FAPESC – Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina; à UNIVALI – Universidade do Vale do Itajaí e aos alunos que participaram dos *workshops*.



Um panorama da utilização dos ambientes digitais no ensino de arquitetura frente aos níveis de computabilidade: Revisão a partir dos Congressos Graphica (2005-2017)¹

An overview of the use of digital environments in the teaching of architecture according to the levels of computability: Review from the Graphica Congresses (2005-2017)

¹Versão expandida do artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019

Tássia Borges de Vasconcelos

Mestre – Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP) – São Carlos, Brasil
tassiav.arq@gmail.com

David Sperling

Doutor em Arquitetura e Urbanismo
Docente do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (IAU-USP) – São Carlos, Brasil
sperling@sv.usp.br

RESUMO

Este artigo, versão ampliada de trabalho apresentado no Graphica 2019, apresenta resultados parciais de pesquisa em nível de doutorado acerca da apropriação de tecnologias de representação gráfica e design digital no ensino de arquitetura no contexto brasileiro. Este estudo toma como referências as sistematizações estabelecidas por Oxman (2006) sobre a interação entre o projetista e a representação de um objeto concebido com auxílio de ambiente digital, e as que realizou posteriormente Kotnik (2010) sobre os níveis de computabilidade no processo de projeto. Assim, foi estruturada uma pesquisa correlacional, que busca a sistematização do cenário a partir de dois conjuntos de dados. O primeiro focado em compreender aspectos inerentes aos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, e o segundo a partir da classificação de práticas didáticas selecionadas por meio de uma revisão sistemática baseada em handsearching. Apresenta como resultado dados e reflexões sobre as práticas de design digital no ensino em Arquitetura relatadas nos Congressos Graphica no período de 2005 a 2017.

Palavras-chave: Projeto digital de arquitetura; Práticas didáticas; Ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil; Revisão sistemática; Mapeamento.

ABSTRACT

This paper, an expanded version of the previous study presented at Graphica 2019, shows partial results from a PhD thesis regarding to the appropriation of graphic representation technologies and digital design in the teaching of Architecture in Brazil. This study apply as references the systematizations established by Oxman (2006) about the interaction between the designer and the representation of an object created in digital environment, and by Kotnik (2010) concerning the levels of computability in the design process. Therefore, a correlational research was structured to systematize the scenario from two groups of data. The first one was focused on the aspects from the undergraduate Brazilian courses of Architecture and Urbanism, and the second was based on the classification of didactic practices selected from a systematic review based on handsearching. As results, it is presented the data and reflections from the digital design practices applied in teaching of architecture, reported at Graphica Congresses from 2005 to 2017.

Keywords: Digital Architectural Design; Didactic Practices; Architecture and Urbanism Teaching in Brazil; Systematic Review; Mapping.



1. INTRODUÇÃO

Há décadas pautas relacionadas à sistematização do processo projetual nas áreas criativas foram introduzidas e debatidas por pesquisadores e professores como Broadbent (1973), Lawson (1980), e Silva (1987), dentre outros. Broadbent (1973), por exemplo, identificou um ruído em muitos estudos até então existentes sobre o processo projetual, questionando a associação recorrente ao componente da “criatividade”, principalmente, por sua descrição como uma condição estática ou inata. Nesta esteira, Lawson (1980) defendeu a necessidade de desmistificação do “arquiteto gênio”, a constituição de um campo de investigação sobre os processos e metodologias de projeto e sua introdução na formação de um Designer ou Arquiteto. No âmbito do ensino de arquitetura, contemplando também a prática profissional, Silva (1987) abordou a natureza complexa da ação projetual diante da necessidade de síntese de uma grande quantidade de informação advinda de diferentes áreas do conhecimento. O autor também indicou a necessidade da incorporação de instrumentos lógicos que deem apoio as decisões no processo de projeto.

Atualizando esse debate a partir da emergência dos diversos ambientes digitais orientados ao projeto em arquitetura e urbanismo, pretende-se expor aqui considerações sobre as potencialidades dessas tecnologias compreendendo-as como instrumentos lógicos, assim como apresentar dados e reflexões sobre as práticas de design digital no ensino em Arquitetura no Brasil relatadas nos Congressos Graphica no período de 2005 a 2017.

1.1. A Tecnologia incorporada no processo de projeto

O processo de concepção de um objeto arquitetônico esteve sempre associado ao conceito de representação e conseqüentemente estabelecido como o resultado da interação de um designer/arquiteto com o desenho em algum suporte físico (WOODBURY, 2010). Porém, com a emergência da revolução digital surgem novas possibilidades de concepção de arquitetura utilizando-se de outros meios (KOLAREVIC, 2003).

Inicialmente é importante resgatar que a utilização do computador como ferramenta no processo de desenho e projeto não é uma novidade para arquitetura, visto que ultrapassa meio século deste seu reconhecimento e apropriação. No entanto, precisa-se compreender que esta apropriação da tecnologia no contexto da arquitetura está sendo gradual. Hatem (2005) resgata as raízes destas implementações, indicando as principais influências, as quais foram estabelecidos entre 1962 e 1972.

Celani (2003) cita William Mitchell que indicava que, no contexto norte-americano, a utilização destas tecnologias como ferramentas de desenho e projeto ocorreu a partir da década de 80, com a popularização dos computadores pessoais tanto no ensino em faculdades de arquitetura quanto na prática de escritórios.



Os sistemas CAD já em 1970 eram potentes o bastante para explorar funcionalmente modelagem de sólidos. As primeiras incursões do Massachusetts Institute of Technology em experimentações acerca de representação e projeto no ambiente digital já preconizavam a flexibilidade de modificação estabelecida no desenho parametrizado. No entanto, é importante destacar que diante das potencialidades dos computadores disponíveis para a grande massa dos consumidores das ferramentas na década de 80 e 90, os sistemas CAD tiveram que se adequar. Houve, então, um “deslocamento dos objetivos originais do CAD de auxiliar do processo de criação para auxiliar da representação do projeto” (CELANI, 2003 pag. 5).

Além do valor elevado dos sistemas e da existência de déficits nas implementações, existiam as preferências do usuário pelo “código” instituído do desenho bidimensional, ou seja, os projetistas “ficavam mais confortáveis projetando em 2D” (EASTMAN, et al., 2014, pag. 27). Assim, o autor indica que naquele momento foram adotados sistemas de editores de desenhos para o desenvolvimento de projeto tradicionais, estabelecidos na lógica bidimensional.

Mesmo com todas estas questões, naturais em contextos de transformações tecnológicas, diferentes barreiras vêm sendo rompidas gradualmente e novas potencialidades vêm sendo investigadas com a incorporação de outros softwares no âmbito da arquitetura. Pode-se perceber principalmente nos últimos anos, tanto na prática em escritórios quanto no ambiente de ensino, que o processo de projeto de arquitetura não vem passando ileso a esta revolução digital. E estas transformações refletem incorporações de modificações dos programas computacionais gráficos, cada vez mais potentes, conforme abordado por Botchway; Abanyie; Afram (2015).

Neste processo, somam-se ainda as possibilidades de fabricação digital, que permitem conexões diretas entre arquivos digitais e processos de materialização. Unindo o desenvolvimento projetual à possibilidade concreta de produção, estas explorações ganham maiores possibilidades de aplicação no campo da arquitetura e do urbanismo. Nesta direção, pode-se constatar no início do milênio que os discursos dos pesquisadores da área tornam-se cada vez mais otimistas, como pode ser verificado pelas posições de Kolarevic (2003) e Mitchell (2004). Oxman & Oxman (2014) indicaram, por sua vez, que foi a partir da virada do milênio que a lógica do *design thinking* começou a ser utilizada de fato no ambiente digital. E, vislumbrando as possibilidades para o futuro, Woodburry (2010) apontou que as práticas de processo de projeto sofreriam mais alterações em um curto tempo do que nas últimas décadas.

1.2. A comunicação entre o designer e o ambiente digital – aspectos conceituais sobre interação e níveis de computabilidade

O processo projetual na arquitetura sempre esteve intimamente conectado à representação. Sendo tão relevante à área, a ação de representar ou desenhar foi historicamente associada à própria profissão do arquiteto, e consequentemente, com o saber “projetar”, como expressado por Lawson:



A imagem arquetípica do projetista é de alguém sentado à prancheta. Mas o que fica claro é que ele exprime as suas ideias e trabalha de modo muito gráfico e visual. Realmente, seria muito difícil tornar-se um bom projetista sem desenvolver a capacidade de desenhar bem. (LAWSON, 1980, pag. 24)

No âmbito das experimentações possibilitadas pelo avanço da utilização das tecnologias digitais em processos projetuais se estabelecem novas formas de comunicação para além da transposição da prancheta para o ambiente digital. Passam a se constituir relações/interações menos diretas entre o arquiteto e a representação figurativa do objeto em concepção. Nasce as prerrogativas do DAD (Digital Architectural Design - Projeto Digital de Arquitetura): “distinguir a representação como o modo lógico e operativo dominante da geração formal no design” (OXMAN & OXMAN, 2014, pag. xxvii, tradução dos autores). Em 2008 Rivka Oxman já refletia sobre as diferenças nos modos com os quais o arquiteto utilizava o ambiente digital:

Hoje há uma necessidade de fazer a distinção entre CAD (Computer-Aided Design) e DAD (Digital Architectural Design). A distinção entre CAD e DAD é muito mais do que simplesmente terminológica. Embora princípios, teorias e métodos de CAD (KALAY, 2004) tenham sido basicamente baseados na imitação de projetos baseados em papel, os novos conceitos de modelos de design digital estão reintroduzindo um meio diferente de conceituação, substituindo a mídia baseada em papel. (OXMAN, 2008, p.106, tradução autores)

Um denominador comum a estes autores é a ênfase conferida ao processo projetual no ambiente digital como um processo de pesquisa, possibilitando a visualização do Digital Architectural Design como meio de produção de conhecimento, o qual modifica radicalmente as práticas disciplinares. Compreendendo estes avanços, Oxman (2006) investiga a modificação no processo de projeto a partir da interação entre o arquiteto e a representação digital. Nesse artigo, a autora distinguiu três tipos de interações no ambiente digital, a partir da lógica da interação do projetista com papel. São eles: a) interaction with digital constructs (Interação com construções digitais) b) interaction with a digital representation generated by a mechanism (Interação com a representação digital gerada por um mecanismo) e c) interaction with digital environment that generates a digital representation (Interação com o ambiente digital que gera a representação digital).

As três interações descritas por Oxman (2006) foram posteriormente denominadas sinteticamente por Kotnik (2010) como “níveis de computabilidade”. São eles, respectivamente: Representacional, Paramétrico e Algorítmico, como pode ser visualizado na sistematização apresentada na Figura 1.

O nível de computabilidade representacional, é aquele realizado a partir de um croqui, desenho ou modelo digital, cujo processo de projeto



transpõe uma abordagem de design/projeto convencional em papel para o espaço digital. Para a melhor compreensão deste nível, pode-se assumi-lo como o da interação com uma prancheta eletrônica para representação bidimensional de elementos geométricos bi ou tridimensionais.

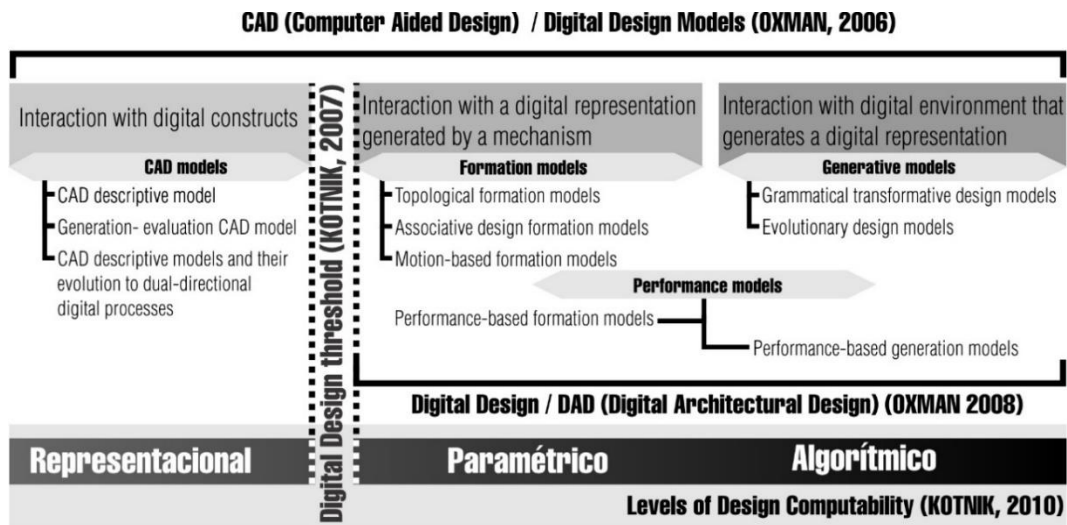
Pode-se compreender o nível de computabilidade paramétrico como uma representação digital gerada por regras pré-definidas. Neste nível, as resultantes formais podem ser diferenciadas dentro de um espectro de variações contínuas dos parâmetros. Todos os parâmetros são explícitos e vinculados segundo uma hierarquia de associações geométricas (BURRY, 2007). No momento em que o modelo é gerado, variações podem ser produzidas, transformadas e manipuladas pelo controle dos parâmetros, permitindo um espectro de possibilidades entre a entrada (input) e saída (output) de informações (KOTNIK, 2010).

Por sua vez, o nível de computabilidade algorítmico é caracterizado pela descrição formal gerada como uma estratégia de projeto/design, sendo desenvolvida por meio de operações algébricas, analíticas e geométricas que resultam em uma forma arquitetônica. A operação neste processo é realizada por meio de um sistema generativo, e seu desenvolvimento parte da concatenação destas operações, que emergem em uma forma arquitetônica. É importante destacar que as interações paramétrica e algorítmica se utilizam do desenho paramétrico, ou seja, devem existir parâmetros que sejam facilmente manipulados individualmente ou de maneira coordenada dependendo das relações pré-estabelecidas pelo designer, dando flexibilidade ao processo de projeto. Porém, o que difere as duas interações é que a segunda contém um processo generativo, no qual as variáveis iniciais não são diretamente proporcionais às variáveis finais (KOTNIK, 2010).

Tanto Oxman quanto Kotnik caracterizam os níveis de computabilidade paramétrico e algorítmico como “Digital Architectural Design”, pois estabelecem-se por meio de uma utilização consciente do potencial dos elementos que definem uma função computável como ferramentas de design. A abordagem adotada no presente estudo, baseando-se em Kotnik (2010), assume que existe uma ruptura entre o nível de computabilidade representacional e o nível de computabilidade Paramétrico, que demarca o limite do projeto digital – “Digital Design Threshold”. A figura 1 apresenta a sistematização dos conceitos relativos às interações e as subcategorias de cada interação estruturados a partir de Oxman (2006), transpostos para os níveis de computabilidade de Kotnik (2010).



Figura 1: Esquema – Níveis de interação Representacional, Paramétrico e Algorítmico



Fonte: Autores , baseado nas construções teóricas de Oxman (2006); Kotnik (2007); Oxman (2008) e Kotnik (2010).

É importante ressaltar que toda a discussão levantada aqui sobre os níveis de computabilidade tem como foco a compreensão dos modos de exploração das potencialidades da tecnologia digital, não implicando necessariamente na avaliação da qualidade ou performance dos projetos resultantes.

1.3. Arquitetura, ensino e projeto digital: a importância de compreensão do contexto

Diante, dos aspectos teóricos levantados até o momento, pretende-se com esta pesquisa suprir a inexistência de estudos que identifiquem e mapeiem estratégias didáticas nas escolas de Arquitetura segundo os tipos de interações ou níveis de computabilidade que estão sendo explorados. Compreendendo esta lacuna, esta investigação torna-se importante, visto que as estratégias projetuais exploradas têm significativa influência nas arquiteturas geradas.

Compreende-se, então, a importância da reflexão crítica sobre os métodos, ferramentas e práticas que vêm sendo desenvolvidas em âmbito acadêmico, assumindo o papel de educador e pesquisador preparado, como explicitado por Kalay (2009):

“As escolas de arquitetura, portanto, têm a responsabilidade de entender essas mudanças e de orientá-las, ao mesmo tempo em que educam as novas gerações de arquitetos que usarão esses métodos, ferramentas e práticas para mudar o ambiente em que vivemos. Esse é o nosso desafio, como educadores e pesquisadores: se não nos levantarmos para alcançá-lo, outros (como os fornecedores de ferramentas CAD) moldarão nossa disciplina e nossos ambientes por muitos anos.” (KALAY, 2009, pag. 6, tradução nossa)



Mas para que essa reflexão e as formas de atuação sejam situadas e realizadas a partir de um contexto específico e que a ele façam sentido, é oportuno compreender o real cenário de cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil. Flório (2012) já apontou que no contexto brasileiro, em muitos cursos, as disciplinas de Informática mantinham um enfoque operacional e instrumental. Celani et. al, (2017) também afirmaram que as experimentações que utilizam das novas tecnologias distribuíam-se de maneira pulverizada pelo país e ainda eram experiências isoladas com foco no ensino de software.

Entre as observações que fizeram esses autores e o momento atual é preciso verificar se existiram alterações no cenário e, mais ainda, encontrar formas para inserção de processos que se utilizem de níveis de computabilidade mais avançados. Acreditamos que o primeiro passo para inserção de níveis de computabilidade avançados no ensino de projeto de arquitetura no Brasil é o mapeamento de dados quantitativos e qualitativos sobre o quadro do ensino de arquitetura no país em face às novas tecnologias digitais de projeto. Entende-se que a partir do conhecimento dessa realidade e de seu cruzamento com o panorama dos níveis de interação que vêm sendo relatados no ensino na graduação de arquitetura e urbanismo no Brasil, seria possível avançar futuramente em apontamentos para estratégias de introdução neste cenário de níveis mais avançados de computabilidade em processos de projeto.

2. METODOLOGIA

Neste artigo é apresentada parte de uma pesquisa em nível de doutorado em andamento acerca da apropriação de tecnologias de representação gráfica e design digital no ensino de arquitetura no contexto brasileiro. Esta pesquisa pretende apresentar um estudo descritivo (GIL, 2010) do contexto em questão, por meio de uma série de análises correlacionais (GROAT & WANG, 2013). A pesquisa correlacional é focada em padrões de relacionamento entre duas ou mais variáveis de um contexto específico.

São utilizados dois conjuntos de dados, o primeiro relativo ao macro cenário dos cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil, e o segundo conjunto referente a práticas que vem sendo desenvolvidas em ambientes digitais, que explorem processos projetivos. A leitura e os cruzamentos informacionais dos mapeamentos aqui propostos permitem a composição de um perfil. Entende-se que é possível extrair certos perfis resultantes de informações institucionais e práticas de inserção de níveis de computabilidade mais avançados, os quais são dados obtidos a partir das classificações propostas na revisão sistemática.

2.1. Mapeamento da Informação dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo

Compreende-se a potencialidade de uma investigação que se utilize da visualização de dados de um contexto específico, fazendo com que, conforme dizem Abrams and Hall (2006), o complexo torne-se acessível, e o invisível seja



visível. Busca-se o mapeamento de informações como estratégia para dar visibilidade a um contexto, descortinando e apresentando relações por meio de dados concretos.

O mapeamento da informação sobre todos os cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo foi realizado de outubro de 2017 a fevereiro de 2018 por meio dos dados disponibilizados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC). Os dados foram extraídos manualmente e compilados em uma tabela específica para o estudo (Microsoft Excel 2017, Estados Unidos). As seguintes variáveis foram coletadas: Pontuação do curso de acordo com órgãos governamentais e exames nacionais; Número de locais autorizados; Modalidade e situação (sala de aula ou ensino a distância; aberto, em andamento, fechado); Implementação do curso (data); Natureza administrativa da instituição (privada ou pública); Cidade e estado.

É importante ressaltar que Maragno (2013) já realizou um estudo em relação aos dados quantitativos até o ano de 2013, indicando quantidade de cursos, relações entre cursos privados e públicos, e a quantidade de arquitetos por habitantes. Neste estudo, o autor apontou um crescimento expressivo da quantidade de cursos de graduação, totalizando 240 cursos até aquele ano.

2.2 “*Handsearching*”

Para desvendar as experimentações com os vários níveis de computabilidade no ensino de arquitetura e urbanismo no Brasil e consequentemente apresentar um panorama do contexto, utilizou-se como estratégia metodológica a revisão sistemática, a qual é estabelecida na literatura como transparente e passível de ser replicada (SAMPAIO e MANCINE, 2007).

Compreendendo como é desenvolvida a produção na área da arquitetura e urbanismo no Brasil, assumiu-se a pertinência de busca por artigos nos principais congressos da área específica. O escopo do presente artigo circunscreve-se à revisão sistemática de trabalhos publicados em anais do Graphica, tendo sido utilizada a classificação estabelecida por Kotnik (2010) apresentada anteriormente.

Devido à ausência de dados organizados e sistematizados em base de dados de congressos do Brasil, foi escolhida a estratégia da revisão sistemática por meio de *handsearching* (busca manual). Nas próximas etapas da pesquisa, os dados aqui relatados serão somados a outros que excedem o escopo deste artigo e que foram obtidos por revisão sistemática desenvolvida em Vasconselos e Sperling (2017), com a etapa de busca por palavras-chave na base de dados CuminCAD (Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design).

O processo de *handsearching* foi dividido em 6 etapas.



2.2.1. Seleção da Base de dados

No processo de identificação por meio de *handsearching* foram identificadas as publicações referentes aos anos de 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015 e 2017. A escolha do período justifica-se pela intenção de mapear o estado da arte no campo, paralelamente ao desenvolvimento e disponibilidade de software paramétricos como Generatives Components (2003), Grasshopper (2007) e Dynamo (2011), em resposta a questões abordadas em Herrera (2010) que apresentou uma predisposição de países da América Latina à utilização de ferramentas que exploram a linguagem de programação visual.

2.2.3 Seleção de artigos

No processo de seleção dos artigos inicialmente identificados na base de dados, procedeu-se a uma etapa de leitura de títulos e resumos. Os critérios para seleção foram:

- Práticas didáticas (atividades nas disciplinas, cursos experimentais e ou workshop) ou descrição de contexto;
- Estudos realizados em cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo;
- Estudos realizados em instituições brasileiras ou com parcerias com instituições estrangeiras;
- Atividades Guiadas: Compreende-se por estas atividades processos advindos de experimentações didáticas coletivas, excluindo desta amostra um processo individual. Pois sendo individual, poderia estar mais vinculada a um conhecimento de um curso externo à graduação, a um estágio ou intercâmbio; ligada portanto à trajetória constituída por um estudante específico, e não ao processo de aprendizado que os alunos de determinada instituição vivenciaram coletivamente.
- Foco na escala do objeto e da arquitetura e exclusão da escala do urbanismo desta amostra;
- Atividades que envolvam a criação de um objeto, ou um processo projetual; conseqüente exclusão de propostas didáticas de “redesenho”;
- Atividades utilizando-se do ambiente digital;

2.2.4 Artigos incluídos

A partir da amostra selecionada foi realizada uma leitura completa dos artigos, sendo incluídos apenas os que cumpriram especificamente os critérios anteriormente citados. É importante ressaltar que compreendemos como “propostas de redesenho” as atividades didáticas que replicam um desenho trazido pelo professor, focando-se na compreensão dos instrumentos.

2.2.5 Classificação de artigos

Com base no referencial teórico anteriormente abordado (OXMAN, 2006) sobre os avanços do processo de projeto estabelecidos em ambiente



digital, e os níveis de computabilidade descritos anteriormente por Kotnik (2010), foi realizada a classificação dos processos digitais de projeto desenvolvidos nas práticas de ensino relatadas pelos artigos selecionados e incluídos na amostra, dividindo-os em: representacional, paramétrico e algorítmico. É importante ressaltar que toda a classificação foi feita a partir das descrições dos experimentos presentes nos artigos.

2.2.6 Sistematização e mapeamento do cenário

A partir da classificação dos trabalhos incluídos, foi realizada a descrição do estado da arte no que tange as questões de projeto auxiliados por computador. Em seguida, foi realizado o mapeamento temporal dos artigos frente à classificação.

2.3 Correlação entre os dados

No processo de cruzamento dos dados obtidos permitiu evidenciar, por exemplo, a relação de localizações geográficas com práticas didáticas e as variações dos níveis de computabilidade mais avançados, e ainda verificar estatisticamente suas correlações e influências. Esta camada de informação só é verificável com os quantitativos e mapeamento destas instituições. Foi possível ainda explorar estaticamente, se estas experiências se desenvolvem em grandes centros, em cursos mais ou menos recentes, em cursos privados ou públicos, dentre outras correlações.

A leitura e os cruzamentos de dados dos mapeamentos aqui propostos permitem a composição de um perfil, assim como pode-se também destinar o olhar para estratégias que fogem ao perfil dominante, e estudá-lo profundamente por meio de estudo de caso futuramente.

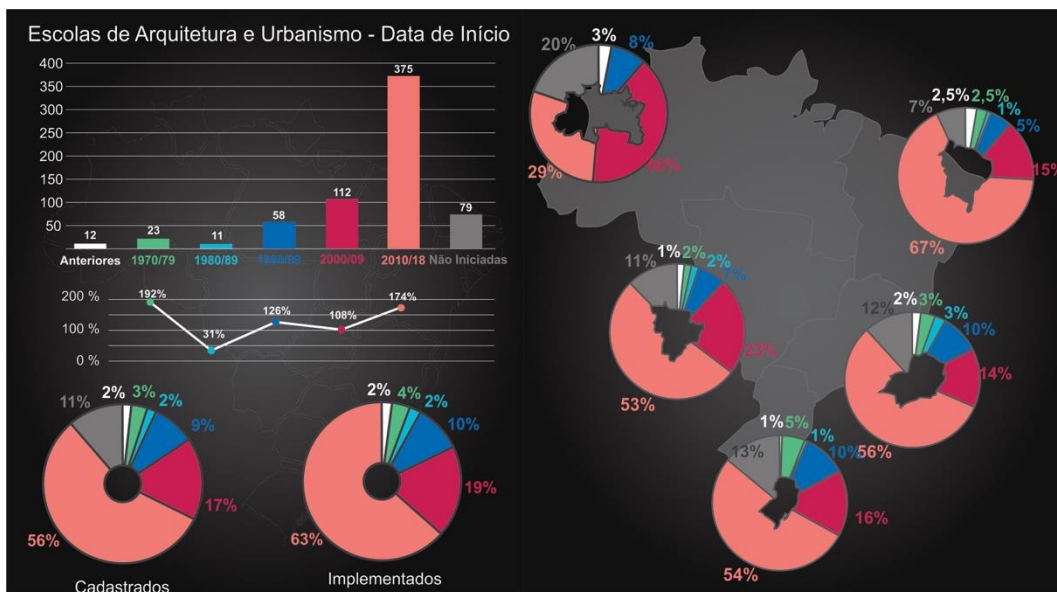
3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Mapeamento e visualização de dados como estratégia de imersão no contexto

Diante dos dados sistematizados aqui, busca-se compreender em que momento e onde foram implantados os cursos de Arquitetura e Urbanismo presenciais, em atividade no Brasil. Neste momento, considera-se necessário desenvolver uma análise em duas escalas, a primeira com dados relativos ao contexto nacional, posteriormente aos contextos regionais. Foram levantados dados referentes à data de implementação dos cursos, dividindo o período analisado por décadas, conforme apresentado na Figura 2. É importante explicitar, que neste momento já temos uma tendência das próximas implementações, em cinza, as quais são instituições já cadastradas e aptas a iniciarem.



Figura 2: Distribuição das escolas de Arquitetura e Urbanismo por data de início de atividade no Brasil, implementadas e não implementadas.



Fonte: Sistematização e visualização de dados desenvolvidas pelos autores a partir de dados extraídos da Plataforma do MEC, outubro de 2017 a fevereiro de 2018.

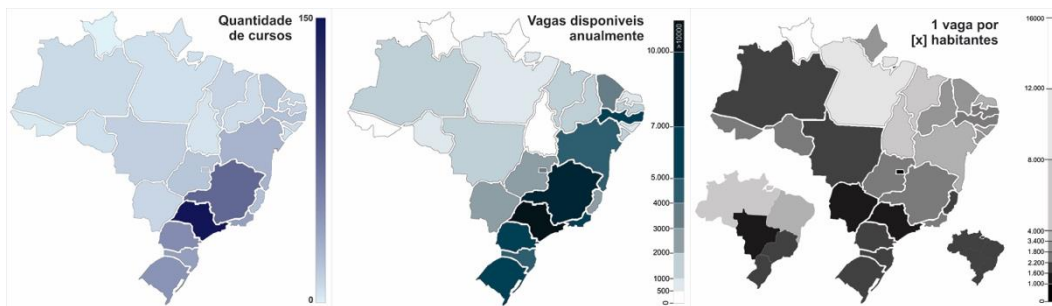
A partir dos gráficos da Figura 2, podem ser identificadas diferenças existentes na distribuição de cursos quanto a sua data de implantação, mas os dados tornam-se visualmente discrepantes se analisarmos a visualização da informação por mapeamento geográfico estadual de relações como quantidades de cursos, vagas disponíveis anualmente e a quantidade de vagas anuais relativas à quantidade de habitantes conforme apresentada na Figura 3.

Identifica-se, por meio da escala de cores, tanto na quantidade de cursos quanto a disponibilização de vagas, consolidando uma área que se espalha de Pernambuco até o Rio Grande Sul, caracterizando uma implementação maior em estados Litorâneos ou próximos ao litoral, no caso de Minas Gerais, que também está associado ao próprio histórico de desenvolvimento do país. Assim foi necessário analisar o cenário frente ao número de habitantes.

Destacam-se em posições opostas, como mostra o gráfico da direita da Figura 3, o Distrito Federal com aproximadamente 1 vaga anual disponível em curso de Arquitetura e Urbanismo para cada quase 900 habitantes, enquanto Roraima, tem uma vaga anual para aproximadamente 15.000 habitantes.



Figura 3: Quantidade de cursos de arquitetura e urbanismo por estado (Esquerda); vagas disponíveis anualmente (centro); quantidade de vagas por habitantes por estado (direita).



Fonte: Sistematização e visualização de dados desenvolvidas pelos autores a partir de dados extraídos da Plataforma do MEC, outubro de 2017 a fevereiro de 2018.

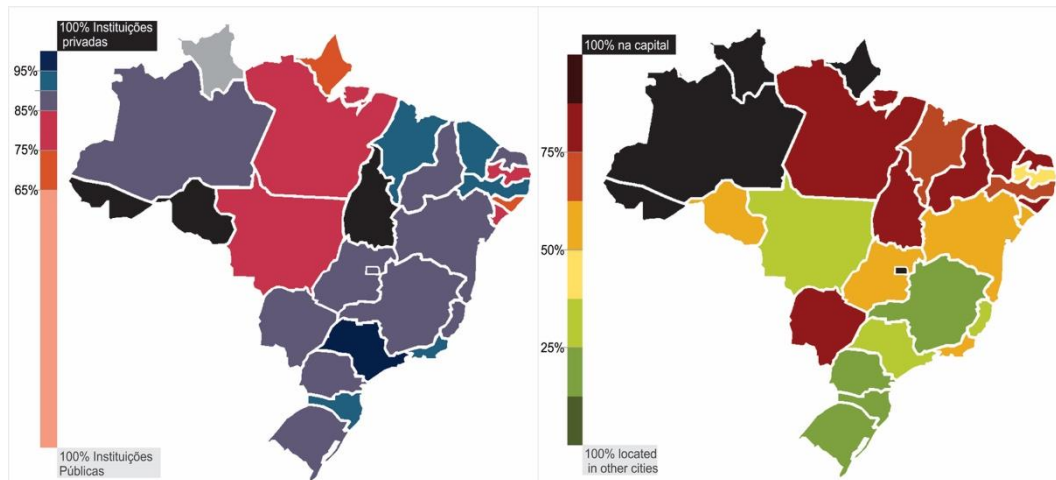
As diferenças permanecem evidentes nas relações entre quantidade de cursos privados versus cursos públicos (Figura 4 - esquerda), e ampliam-se se analisarmos o percentual de cursos implantados na capital e no interior.

Na relação entre instituições públicas e privadas, pode-se perceber que em grande maioria os estados apresentam uma maior quantidade de cursos privados, com uma única exceção (estado de Roraima - em cinza). A partir do mapeamento, percebe-se que uma maior quantidade de instituições privadas pode ser observada na Região Sudeste e Sul. Esta dinâmica avança significativamente no Centro Oeste e em parte do Nordeste.

Analisando a dinâmica de localização dos cursos por estados, relação de implantação na capital versus interior, acentuam-se as diferenças entre Norte e Sul. Pode-se identificar uma região contínua quase predominante na região sul e sudeste de cursos majoritariamente implantados em cidades do interior. Identifica-se igualmente o Centro-Oeste como uma região bastante heterogênea onde existe uma variação entre os estados, com quantitativos de 33% a 100% das instituições localizadas na capital



Figura 4: Relações entre instituições públicas e privadas (esquerda); localização das instituições, situadas na capital ou no interior dos estados (direita).



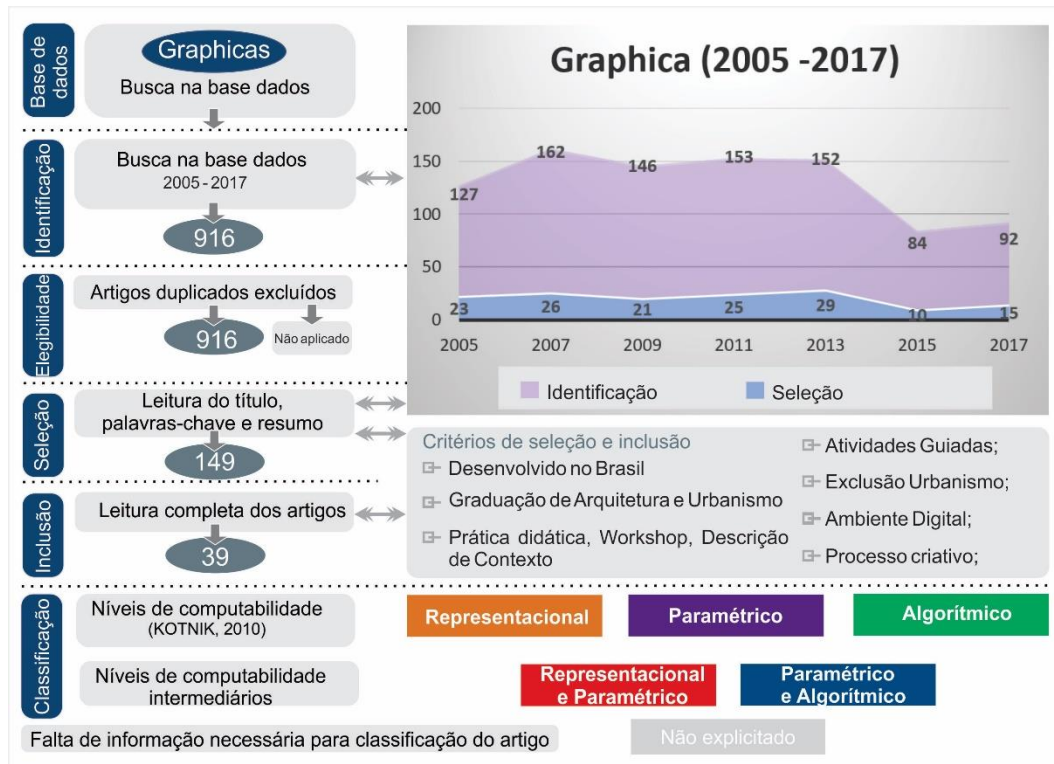
Fonte: Sistematização e visualização de dados desenvolvidas pelos autores a partir de dados extraídos da Plataforma do MEC, outubro de 2017 a fevereiro de 2018.

3.2 Práticas didáticas

No processo de construção da camada de informação referente às práticas didáticas em cursos de arquitetura e urbanismo e os níveis de interação segundo definidos aqui, parte-se de uma amostra de artigos apresentados em caráter específico e bienal no período de 2005-2017. Esta sistematização realizada por meio de *handseraching*, segue os mesmos passos de uma revisão sistemática. Os dados permanecem constantes nas três primeiras etapas, seleção da base de dados; identificação e elegibilidade, no caso 916 artigos, como pode ser visualizado na Figura 5, os quais são distribuídos em sete congressos, com uma variação entre as edições conforme o gráfico à direita da mesma figura. Esta lógica é estabelecida visto que não existe uma busca automatizada por palavras-chave e não se trata de uma base ampla onde apresentam-se artigos repetidos. Figura 5.



Figura 5: Processo de sistematização do conteúdo sobre as práticas didáticas, da seleção da base de dados até a classificação dos artigos.



Fonte: Autores

Adotando os critérios explicitados durante o processo de seleção por meio da leitura dos títulos, palavras-chave e resumos, os artigos selecionados somados corresponderam a uma quantidade de 149 artigos, os quais neste momento seriam potencialmente relevantes para realização da classificação. Na continuidade, correspondente à fase de inclusão e referente à leitura completa dos artigos, a amostra finalizou em 39 artigos incluídos. É importante explicitar que a amostra excluída em sua maioria se tratava de trabalhos que não exploravam questões advindas do processo criativo, e sim tinham uma proposta de redesenho. Como um exemplo, o trabalho de autoria de Saugo (2013) que apresentou uma proposta focada na representação de um projeto utilizando-se das potencialidades do BIM (Building Information Modeling), e de um desenho já pré-estabelecido, sem abertura a alterações.

Experiências como essa, assim como outras que compunham os mais de 100 artigos não incluídos, tem um potencial de modificação do cenário em questão, no entanto, têm foco no aprendizado do instrumento e não na investigação projetual, não se enquadrando nos critérios de elegibilidade desta pesquisa. Ressalta-se, portanto, que diante do cenário atual estas experiências são importantes e necessárias, para uma modificação gradual.

Outras descrições de experiências foram excluídas pois se baseavam em processos criativos, mas não possuíam nenhuma interação no ambiente



digital; ou tinham como “público alvo” profissionais de arquitetura ou estudantes de outras áreas.

É interessante ressaltar que diante de um dos critérios de inclusão, respectivo ao estudo ser desenvolvido em graduação no Brasil, houve exclusão de algumas experiências, como as realizadas em Cuba (González, 2009) e Portugal (Nogueira, et al. 2011). Estas são igualmente de extrema importância para fomentar a discussão do contexto e apresentar possibilidades aos pesquisadores, mas também não se enquadraram nos critérios de elegibilidade desta pesquisa.

Ainda, no processo de exclusão, destaca-se um trabalho com uma proposta em *Python* direcionada a um público de diferentes áreas do conhecimento, incluindo um curso de arquitetura. No entanto, como abordava diferentes cursos, o estudo teve que ser abrangente o bastante, e consequentemente o objetivo distanciou-se do que se compreende como um objeto arquitetônico, o que levou à exclusão do mesmo. Destaca-se que o mesmo seria bastante modificador do cenário por apresentar uma postura de investigação sobre aleatoriedade.

O processo de classificação inicialmente baseado em Oxman (2006) e Kotnik (2010), o qual indica três níveis de computabilidade nas experimentações foi ampliado conforme estudo prévio (VASCONSELOS; SPERLING, 2016; 2017) incluindo gradientes para análise de estudos que possuem mais de um nível de computabilidade neles presentes. A classificação estabelecida passou a incluir, então, os seguintes níveis de computabilidade: Representacional; Representacional e Paramétrico; Paramétrico; Paramétrico e Algorítmico e Algorítmico.

Compreendeu-se, ainda, que as interações denominadas de “intermediárias”, foram realizadas a partir de diferentes estratégias didáticas, identificadas a seguir:

A. Estratégia de ensino com níveis de computabilidade independentes; artigos que apresentaram proposta didática que explora duas interações na mesma disciplina, porém como atividades independentes.

B. Estratégia de ensino com níveis de computabilidade mistos: artigos que apresentam atividades interdependentes, nas quais o processo de composição do modelo se estabelecia em cada momento com um tipo de interação.

C. Estratégia de ensino com níveis de computabilidade eletivos: artigos que apresentam atividades com interações a serem eleitas por cada participante no decorrer de seu processo projetual.

Ressalta-se ainda, que certos estudos não foram possíveis de serem classificados explicitamente em um ou mais níveis, tendo como exemplo Baldessin e Vizioli (2017), que aborda de maneira descritiva o contexto de projeto, dando indicações de possíveis utilizações de software, sem exatamente os identificar ou apresentar o processo de projeto explicitamente.

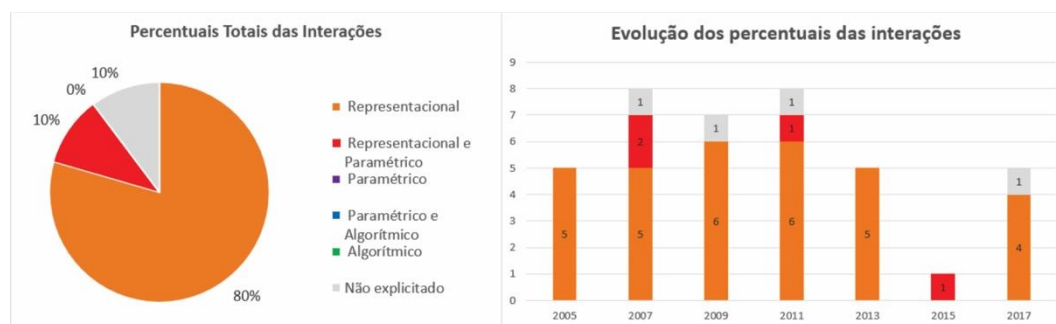


4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente identificam-se alguns cenários claros a partir dos dados correspondentes à classificação estabelecida, os quais estão apresentados na Figura 6, segundo porcentagens da amostra total e sua evolução temporal. Diante da amostra selecionada e de todo o processo de revisão sistemática realizado a partir dos critérios de seleção e inclusão, foi identificado que a maioria das práticas didáticas (80%) partem de metodologias projetuais baseadas no nível de computabilidade representacional.

Reforçando este contexto brasileiro baseado em experimentações que se apropriam do computador transpondo o método analógico, é interessante perceber que as práticas que estão incorporando de alguma forma o *Digital Architectural Design* (10%) baseadas no nível de computabilidade paramétrico, o fazem associando aos conhecimentos e práticas prévias, ou seja, o nível representacional (Figura 6).

Figura 6: Gráficos sobre as práticas identificadas.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

As duas primeiras experimentações aparecem publicadas em 2007, posteriormente uma em 2011 e uma em 2015. É importante reforçar que estudos baseados em publicações sofrem um lapso temporal, entre a realização do estudo e a elaboração do artigo.

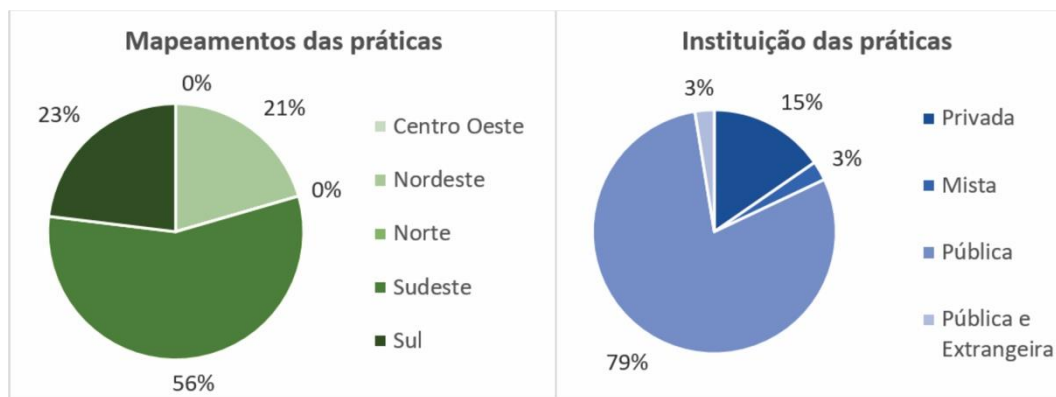
Deve-se destacar a pulverização e o número reduzido de implementações de DAD em estratégias didáticas presentes na amostra frente a outras amostras que recolhemos na pesquisa. Foi percebido ao longo do processo de inclusão dos artigos desta amostra o relato de precariedade de estrutura institucional. Autores abordam que já se tem o conhecimento e a vontade necessários para executar atividades no ambiente digital, até mesmo por parte dos alunos, havendo, no entanto, falta de recursos das instituições. Um exemplo é relatado por Franco (2005), sobre a existência de apenas um computador por sala. Nesta direção, existem os pesquisadores que tentam incluir alguma atividade no ambiente digital, porém devido à mesma falta de recursos, não poderiam torná-la obrigatória aos alunos sem apresentar o suporte necessário (PARAIZO e MATTOS, 2005).



Podemos citar ainda experimentações na área que se aproximam e refletem de alguma forma sobre o DAD, no entanto estas experiências não estavam sendo aplicadas no âmbito do curso de graduação, diretamente estabelecidos em práticas em sala de aula (FLORIO; TAGLIARI, 2015; PEREIRA; VAZ, 2013), embora a última tenha indicado o interesse de aplicação na graduação no futuro.

Compreendemos ser importante destacar também o cenário sobre em que região do país e em que instituições estão sendo desenvolvidas as práticas no ambiente digital. Tem-se como resultado que 56% têm origem no Sudeste, 23% no Sul, e 21% no Nordeste, conforme apresenta a Figura 7. Por sua vez, as experimentações que se apoiaram no DAD foram desenvolvidas em três regiões, sendo duas no Sudeste, duas no Nordeste e uma no Sul.

Figura 7: Gráficos sobre as práticas identificadas.



Fonte: Autores

O mapeamento sobre as instituições das práticas incluídas no estudo indica que 86% foram desenvolvidas em instituições públicas, sendo que deste montante um destes artigos (3%) é correspondente a uma prática didática cuja exploração foi realizada conjuntamente com uma instituição estrangeira e outro correspondente a um trabalho desenvolvido conjuntamente a uma instituição privada. Assim os quantitativos referentes a instituições privadas são sobreposto a esta experiência conjunta, representando 18%. Separando apenas incorporações de DAD, tem-se respectivamente 75% em instituições públicas e 25% em instituições privadas.

Quanto à localização destas explorações específicas, 50% das práticas foram desenvolvidas no Nordeste, 25% sudeste e 25% no sul. Prevalências que não correspondem com a lógica da quantidade de curso em cada região, respectivamente 18%, 46% e 21%. Este resultado, difere do cenário evidenciado no estudo prévio, o qual apresentava uma relação positiva entre a incidência de práticas didáticas com a quantidade de cursos por região. Ainda, 75% das instituições com estas explorações distribuem-se nas capitais, enquanto que, ao analisarmos dados totais, apenas 40% dos cursos de Arquitetura e Urbanismo estão situados na capital.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente é interessante perceber que o contexto analisado é bastante conservador em relação à utilização da tecnologia, comparando-o aos dados apresentados em Vasconselos e Sperling (2017), o qual analisa um período semelhante com os mesmos critérios, em um contexto específico que tem como foco a exploração da gráfica digital. Acreditamos que essa questão é motivada pelo próprio foco do congresso Graphica e consequentemente do grupo de pesquisadores em questão, que valorizam e destacam a importância do desenho a mão.

Destaca-se que a intenção deste estudo não é diminuir ou invalidar métodos e técnicas já consolidadas na literatura, mas sim ampliar o leque de possibilidades segundo lógicas emergentes a partir da introdução da computação no processo projetual. Além da importância de apresentação deste cenário, espera-se motivar a exploração do ambiente digital no processo de projeto de arquitetura segundo os diversos níveis de computabilidade.

Reforça-se que o aprendizado de processos projetuais no ambiente didático deve estar aberto à pluralidades. Este estudo se interessou em captar possíveis transformações epistemológicas e das práticas diante do contexto das tecnologias digitais disponíveis para o projeto de arquitetura e a chegada de nativos digitais nas universidades. A partir da sistematização estabelecida e dos relatos presentes nos artigos selecionados, ainda que em número reduzido, vêm se mantendo presentes explorações do ambiente digital em processo de projeto com maior compreensão dos distintos níveis de computabilidade. Deve-se destacar que, em paralelo, estão em curso em instituições brasileiras muitas pesquisas direcionadas ao tema, tanto em nível de pós-graduação quanto de iniciação científica, as quais podem ter algum grau de repercussão nas experimentações realizadas no âmbito da graduação, mas que não foram captadas neste estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS J and HALL P. **Else/where: mapping. New cartographies of networks and territories.** Minneapolis: University of Minnesota, 2006

BALDESSIN, Guilherme Quinilato; VIZIOLI, Simone Helena Tanoue. A aplicação de softwares de arquitetura e a utilização da linguagem visual nos trabalhos de graduação integrado.. In: **Anais GRAPHICA 2017 - XII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design.** Anais...Araçatuba(SP) UNIP, 2017.

BROADBENT, Geoffrey. **Design in Architecture: Architecture and the Human Sciences.** New York: John Wiley and Sons, 1973.



BOTCHWAY, E.A; ABANYIE S.A.; AFRAM, S.O. The Impact of Computer Aided Architectural Design Tools on Architectural Design Education. The Case of KNUST. *J Archit Eng Tech* 4:145, 2015. doi:10.4172/2168-9717.1000145

BURRY JR. Mindful Spaces: Computational Geometry and the Conceptual Spaces in which Designers Operate. **International Journal of Architectural Computing**, 5, 4: 611-624, 2007.

CELANI, Gabriela. **Cad criativo**. Rio de Janeiro: Campos, 2003.

CELANI, Gabriela, Monteiro, A. M., Franco, J., & Calixto, V. Integração de tecnologias CAD/CAE/CAM no ateliê de arquitetura: Uma aplicação no projeto de edifícios altos. **Gestão & Tecnologia De Projetos**, 12(1), 29-52, 2017.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen . **Manual de BIM: Um guia de modelagem da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FRANCO, Juarez Moara Santos. Modelos digitais no ensino de geometria descritiva potencialidades e limitações. In: **GRAPHICA 2005**. Anais. Recife, 2005.

FLORIO, W.; TAGLIARI, Ana . Modelagem e Simulação de Espaços Internos de Projetos Não-Construídos do Arquiteto Vilanova Artigas. In: **GEOMETRIAS & GRAPHICA 2015**, 2015, Lisboa. Geometrias & Graphica 2015: Tendências no Pensamento Gráfico: III Conferência Internacional da Aproged. XI International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design. Lisboa: APROGED/Universidade Lusíada de Lisboa, 2015. v. 2. p. 123-135.

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

GONÇALES, Alexis Caridad Méndez. La expresión gráfica y lo digital. ¿esquemas conceptuales agotados? In: **GRAPHICA 2009**. Anais. São Paulo, 2009.

GROAT L and WANG D. **Architectural Research Methods**. 2th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

HERRERA, Plabo. C. . Tecnologías disruptivas: programación y fabricación en Latinoamérica. **SiGraDi 2010_Proceedings of the 14th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**. Bogotá, Colombia, November 17-19, pp. 213-216, 2010.

KALAY, Yehuda. The impact of information technology on architectural design in the 21st century T. Tidafi and T. Dorta (eds) *Joining Languages, Cultures and Visions: CAADFutures 2009*, PUM, 2009, pp. 21-34



KOLAREVIC, Branco. **Architecture in the digital age: Design and manufacturing**. Abingdom, Oxon: Taylor & Frances, 2003.

KOTNIK, Toni. Algorithmic Architecture. In: **MAS Colloquia 2006/07**, p. 1-16. Disponível em: <http://wiki.arch.ethz.ch/>. Acesso em: setembro de 2018.

KOTNIK, Toni. Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions, in **International Journal of Architectural Computing** vol. 8 - no. 1, 1-16, 2010.

LAWSON, B. How designers think: the design process desmystified. Oxford: Architectural Press, 1980.

MARAGNO, G. V.. Quase 300 cursos de Arquitetura e Urbanismo no país: como tratar a qualidade com tanta quantidade? Algumas questões sobre qualificação e ensino no Brasil. **Arquitextos**, São Paulo, ano 14, n. 161.07, Vitruvius, out. 2013

<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.161/4930>>.

MITCHELL, W. J. Beyond the Ivory Tower: constructing complexity in the digital age. **Science Magazine**, v. 303, n. 5663, mar. 2004.

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

OXMAN, R. "Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium". **Design Studies**. Great Britains: Elsevier, v 29 n 2 p.99-120, 2008.

OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert. **Theories of the Digital in Architecture**. New York: ROUTLEDGE, 2014.

PARAIZO, Rodrigo Cury; MATTOS, Rodrigo Rinaldi de. Projeto urbano e representação por computação gráfica. In: GRAPHICA 2005. Anais. Recife, 2005.

PEREIRA, N. S. ; VAZ, Carlos E. V. . Parametrismo e ensino de geometria ? as superfícies de Félix Candela. In: GRAPHICA 2013, 2013, Florianópolis. Expressão Gráfica - Tecnologia e Arte para Inovação, 2013.

SAMPAIO R. F., MANCINI M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Rev Bras Fisioterapia. 2007;11(1):83-9.

SAUGO, Andréia. Autocad e revit architecture no ensino do desenho arquitetônico. In: **GRAPHICA 2013**. Anais. Florianopolis, 2013.

SILVA, Elvan. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1984.



SILVA, Adriane Borda Almeida da; MARTINS, Gabriel; BRUM, Valentina Toaldo. A TRISSECÇÃO DO CUBO COMO LÓGICA EM AÇÕES PROJETUAIS DE ARQUITETURA.. In: **Anais GRAPHICA 2017** - XII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design. Anais...Araçatuba(SP) UNIP, 2018.

VASCONSELOS, T. B. DE; SPERLING, D. M. . From representational to parametric and algorithmic interactions: A panorama of Digital Architectural Design teaching in Latin America. **International Journal of Architectural Computing**, vol: 15, issu 3, p. 215-229, 2017.

VASCONSELOS, T. B. DE; SPERLING, D. M. Entre representações, parâmetros e algoritmos: um panorama do ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital na América Latina. In: **XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 2016**, Buenos Aires. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher. p. 94-804.

WEBSTER, J. and WATSON, J.T.: Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. **MIS Quarterly & The Society for Information Management**, v.26, n.2, pp.13-23, 2002.

WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. New York: Routledge, 2010.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Nesta direção, os autores agradecem as agências de financiamento que suportam esta investigação, em nível de doutorado anteriormente citada, e a bolsa de produtividade (CNPQ Processo 304071/2019-6), assim como ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo onde está sendo desenvolvida esta pesquisa.