

The background of the cover is a grid of 24 square tiles, each containing a different folk-art style illustration. The tiles are arranged in 6 rows and 4 columns. The illustrations include: a yellow flower, a turtle, a green square, a pink flower, a blue and white geometric pattern, a solid blue square, a green plant, a blue flower, a yellow and green floral pattern, a blue flower with radiating lines, a yellow animal, a blue leaf, a green and yellow floral pattern, a blue fish, a brown turtle, a yellow house, a blue and green floral pattern, a blue and green geometric pattern, a blue star, a blue and green floral pattern, a blue star, a blue sailboat, a blue and green floral pattern, and a yellow flower.

REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

ISSN 2595 – 0797 | v. 5, n.1 – JUNHO, 2021

REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

Universidade Federal de Pernambuco

Reitor Alfredo Macedo Gomes

Vice-Reitor Moacyr Cunha de Araújo Filho

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.2, 2020

Andiara Lopes, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Caroline Gonçalves, Universidade Federal de Alagoas, Brasil

Charles Leite, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Clarissa de Almeida, Universidade de Fortaleza, Brasil

Germana Rocha, Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Mariana Gusmão, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Rafaela Campos Cavalcanti, Universidade de Pernambuco, Brasil

Tássia Tenório de Melo, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Catálogo na fonte

Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira – CRB-4/2223

R454

Revista Geometria Gráfica / Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica (LabGRAF). – v. 5, n. 1 (jun. 2021). – Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2021.
v.: il.

Semestral.

ISSN 2595-0797

1. Expressão gráfica. 2. Computação gráfica 3. Desenho técnico. 4. Representação gráfica. 5. Geometria descritiva. I. Edição da Universidade Federal de Pernambuco. II. Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica (LabGRAF).

604.2 CDD (22. ed.)

Foto da capa: Oficina Cerâmica Francisco
Brennand. Recife, 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 8ª edição da Revista Geometria Gráfica (volume 5, número 1, de julho de 2020) apresenta trabalhos selecionados em chamada aberta para temas diversos e, pela primeira vez, um artigo convidado. A Revista Geometria Gráfica segue no seu papel de ampliar os espaços de publicação voltados aos temas da Expressão Gráfica em suas mais variadas áreas. A partir dessa edição os artigos publicados terão DOI, contribuindo para uma melhor identificação e registro de citação das publicações. Essa é mais uma conquista da revista que, aos poucos, vai se consolidando e fortalecendo a difusão do conhecimento na área de Expressão Gráfica. Agradecemos à Universidade Federal de Pernambuco e ao seu Portal de Periódicos pela aquisição do DOI.

Iniciamos o volume com o artigo convidado intitulado *A geometria oculta das calçadas de Paris* que é uma reflexão sobre a geometria das calçadas urbanas a partir de registros de imagens, fruto de um conjunto de trabalhos desenvolvidos pelo Professor Airtton Cattani desde 2005 que gerou livros, exposições e intercâmbios. Dentre os artigos selecionados em chamada aberta, iniciamos com *Modelagem paramétrica e prototipagem rápida no ensino de Expressão Gráfica* cujo enfoque é sobre as potencialidades das novas tecnologias da informação e comunicação no ensino de geometria gráfica. Em seguida apresentamos o artigo *O desenho de arquitetura e sua evolução: estudo de casos na revista Acrópole* que tem como objetivo traçar uma evolução das representações gráficas arquitetônicas ao longo do tempo e criar uma prospecção das novas representações a partir do estudo de caso de uma revista especializada. Retomando o tema das tecnologias da informação e comunicação, *Do BIM ao CIM: a difusão da inovação de ideias para a construção civil* discute a difusão de ideias para a aplicação do BIM e do CIM na construção civil, bem como a difusão do BIM em políticas públicas e como isso pode influenciar as práticas acadêmicas que, por sua vez, retroalimentam o mercado de trabalho. Em *Analisando as seções planas a partir de uma perspectiva da Geometria Projetiva: um caso de Homologia* apresenta uma análise de seções planas com objetivo de discutir a importância dos elementos da homologia nessas seções planas e na realização das representações gráficas. Encerramos a edição com uma experimentação apresentada em *A realidade Virtual e o Processo de Avaliação do Projeto na Arquitetura* que discute as contribuições da prototipagem e da realidade virtual na comunicação e avaliação de projetos de arquitetura.

Esperamos que a leitura seja proveitosa para todos!

Recife, julho de 2021.

Vinicius Albuquerque Fulgêncio – Editor Executivo

SUMÁRIO

A geometria oculta das calçadas de Paris

Airton Cattani

5

Modelagem paramétrica e prototipagem rápida no ensino de Expressão Gráfica

Elton Lima, Letícia Mendes, Cristiana Griz

18

O desenho de arquitetura e sua evolução: estudo de casos na revista Acrópole

Giovana Ramires, Maria Angela Dias

37

Do BIM ao CIM: a difusão da inovação de ideias para a construção civil.

Ana Cláudia Cavalcanti, Flávio de Souza, Gisele de Carvalho

53

Analisando as seções planas a partir de uma perspectiva da Geometria Projetiva: um caso de Homologia

Sandra Melo

71

A Realidade Virtual e o Processo de Avaliação do Projeto na Arquitetura

Christianne Falcão, Breno Carvalho, Brenda Calife, Erick Barros

92



A geometria oculta das calçadas de Paris

The hidden geometry on Parisian sidewalks

Airton Cattani

Arquiteto, Professor Titular
do Curso de Design e do
Programa de Pós-Graduação
em Design da UFRGS, Porto
Alegre, Brasil.
aacc@ufrgs.br
ORCID:
<http://orcid.org/0000-0001-8081-7704>

RESUMO:

Embora nem sempre percebida, a geometria está presente em todos os aspectos de nosso cotidiano, manifestando-se ora explicitamente, ora de maneira mais discreta, de modo que tenhamos que fazer um esforço para percebê-la. Procurando mostrar que sempre há algo onde aparentemente não há nada, este relato apresenta os resultados de uma pesquisa visual sobre as calçadas de Paris, salientando sua geometria casual, provavelmente pouco percebida pelos pedestres. Os resultados mostram que, apesar de sua aparentemente falta de expressividade, as calçadas da cidade “escondem” uma geometria própria e espontânea, fruto de intervenções feitas por anônimos operários que, involuntariamente, deixam suas marcas sobre os pavimentos, conferindo-lhes um aspecto peculiar sob o ponto de vista da geometria. A pesquisa dá seguimento às investigações que o autor vem desenvolvendo desde 2005 sobre o tema calçadas urbanas.

Palavras-chave: calçadas, pavimentos, design de superfície, Paris.

ABSTRACT:

Despite not being perceived, geometry is present in our daily lives, in a explicitly or more discreetly way, so we must strive to perceive it. Seeking to show that there is always something where there apparently is nothing, this article presents the results of a visual survey on the sidewalks of Paris, highlighting its casual geometry, probably not noticed by pedestrians. Despite the apparent lack of expressiveness, the results show that the Parisian sidewalks “hide” a kind of spontaneous geometry, resulting from interventions by anonymous workers who, involuntarily, leave their marks on the city sidewalks, giving them a peculiar aspect in a geometric point of view. The research follows the approach that has been developed by the author since 2005 on the theme of urban sidewalk.

Keywords: sidewalks, pavements, surface design, Paris.



1. INTRODUÇÃO

Equipamento urbano essencial, nem sempre as calçadas cumprem outras funções além daquela originalmente prevista, qual seja, ser uma superfície para o deslocamento preferencial de pedestres e eventuais bicicletas, patins, carrinhos de bebê e outros meios de transporte leves. Tendo em conta estes requisitos de ordem funcional, a escolha dos revestimentos para calçadas costuma levar administradores e gestores urbanos a optarem, via de regra, por aqueles que terão melhor custo/benefício/desempenho, deixando questões estéticas em um plano secundário, fazendo com que prevaleça o atendimento a questões de ordem técnica. Isso faz com que sejam poucas as cidades que tenham calçadas que se destacam sob o ponto de vista visual. Assim, não são numerosas as cidades onde este elemento do mobiliário urbano é valorizado como patrimônio, podendo ser citadas Rio de Janeiro ou Lisboa, com suas maravilhosas calçadas de pedras portuguesas, documentadas, entre outros, por Teixeira e Veiga (2007) e Matos (2011) respectivamente. Ou mesmo Porto Alegre, com sua grande diversidade de matérias, texturas e cores presentes em suas calçadas que, no entanto, requererem por parte dos pedestres ou pesquisadores um certo esforço para serem reconhecidas como portadoras de atributos estéticos (Cattani; Pesavento; Trevisan, 2007).

Desde 2005 o autor deste artigo vem desenvolvendo pesquisas em que procura documentar fotograficamente aspectos estéticos de calçadas de várias cidades. Afastando-se das estruturas normativas de pesquisas em design ou arquitetura, que costumam contemplar tópicos como metodologia, problema de pesquisa, hipóteses e outros requisitos de ordem técnico/acadêmica em abordagens mensuráveis quantitativamente ou passíveis de hierarquização, a busca por resultados nesta pesquisa obedeceu a critérios de conveniência e interesse pessoal, registrando fotograficamente as peculiaridades das calçadas, de modo destacar seus aspectos plástico/visuais com destaque para a geometria espontânea. Os registros têm sido feitos por ocasião de visitas a diversas cidades, sempre com um olhar direcionado à procura de aspectos pouco percebidos por pedestres ou turistas. Esta temática já foi motivo de diversas publicações (Cattani; Pesavento; Trevisan, 2007; Cattani; Vieira; Ying, 2019; Cattani, 2021), onde calçadas de cidades como Porto Alegre e Beijing foram documentadas. Neste relato são apresentados os resultados de pesquisa visual realizada por ocasião de estágio pós-doutoral em Paris, em 2016, que resultou em outra publicação (Cattani; Leenhardt, 2021).

Uma das cidades mais visitadas do mundo, recebendo milhões de turistas todo o ano, Paris tem um ambiente urbano notável que, no entanto, não se caracteriza por alguma peculiaridade de suas calçadas além de seu caráter utilitário. Quase todas revestidas com asfalto, as calçadas da cidade têm superfícies homogêneas e regulares, aparentemente desprovidas de atributos estéticos que façam turistas ou pesquisadores se interessar por elas. No entanto, quando observadas por um olhar atento e curioso, quase em um





passa de mágica elas passam a apresentar detalhes que as tornam únicas. Este relato apresenta alguns resultados dessa pesquisa, onde a geometria “oculta” das calçadas de Paris é posta em evidência, provando que sempre há algo para ser visto, mesmo onde, aparentemente, não haja nada.

2. O QUE VER ONDE NINGUÉM VÊ NADA

A quantidade de fotografias tomadas diariamente em Paris talvez possa ser contada aos milhões. Assim como em várias outras cidades turísticas, não existe um lugar, um recanto, um detalhe da cidade que não tenha sido registrado por lentes fotográficas de todas as espécies: monumentos, ruas, praças, portas, janelas, pessoas, pontes, praticamente tudo que é fixo ou se move é incessantemente fotografado por profissionais ou amadores, o que certamente faz de Paris uma das cidades mais fotografadas do mundo. E os olhares destes fotógrafos são os mais diversos, assim como os seus equipamentos fotográficos: desde o olhar distraído e mais preocupado com a quantidade de fotos tomadas do turista amador, até o olhar atento e obstinado pela perfeição técnica e formal do fotógrafo profissional, nada escapa ao registro fotográfico que quer capturar alguma coisa da magia desta cidade. Mesmo quando um novo monumento, um local ou uma intervenção artística passam a fazer parte da paisagem da cidade, imediatamente tornam-se objeto de milhões de fotografias. Assim, aparentemente, a cidade não ofereceria nenhuma novidade em termos de temática fotográfica, condenando os fotógrafos a se debruçarem sempre sobre os mesmos lugares e coisas, fotografando-os à exaustão. Mas Paris é surpreendente, e mesmo assediada diariamente pela fúria das lentes fotográficas de toda a espécie, consegue reservar algumas surpresas que se oferecem ao olhar atento, disposto a ver algo onde ninguém vê nada. Muitas vezes, essas surpresas estão debaixo de nossos pés...

As calçadas de Paris se caracterizam por uma relativa pobreza cromática e formal, principalmente se comparadas com cidades onde este elemento do mobiliário urbano é valorizado como parte importante do patrimônio edificado. Exceto em algumas áreas onde as calçadas são projetadas com mais cuidado — mas sempre com sobriedade, sem exageros formais ou cromáticos —, na maior parte das calçadas da cidade é empregado o asfalto como material de revestimento (Figura 1).





Figura 1 – Aspectos de calçadas de Paris, revestidas com asfalto e aparentemente sem atributos estéticos relevantes.



Fonte: acervo do autor (2016).

Se por um lado este material apresenta grande durabilidade, resistência e facilidade de reposição, além de proporcionar superfícies regulares para o trânsito de pedestres, carrinhos de bebês, cadeiras de rodas e equipamentos de carga e descarga, por outro lado revela-se extremamente monótono do ponto de vista visual, constituindo-se em uma superfície homogênea e praticamente monocromática, aparentemente sem qualquer outro atributo. No entanto, observando melhor consegue-se perceber que, mesmo onde aparentemente existem mínimas possibilidades de encontrar algo relevante do ponto de vista visual, há algo que pode apresentar algum atributo estético.

Cotidianamente as calçadas parisienses são escavadas para serviços de manutenção/reparação de equipamentos ou serviços subterrâneos, como água, luz, esgoto e instalações em geral. Após os serviços serem executados, o asfalto é imediatamente recuperado, restituindo-se a homogeneidade às calçadas, só restando como vestígios dessas intervenções as linhas de delimitação entre o asfalto original e o novo. Se é possível recuperar a homogeneidade e regularidade das superfícies, isso não ocorre em relação ao aspecto cromático, pois nem sempre é possível obter a mesma tonalidade na cor do asfalto; conforme os materiais utilizados na sua composição, o asfalto apresenta uma variedade de tons de cinza, indo dos mais claros aos quase pretos. Como resultado, as calçadas parisienses ostentam em suas superfícies uma diversidade de formas geométricas e matizes (mono)cromáticos resultantes de intervenções feitas por anônimos operários (Figura 2).



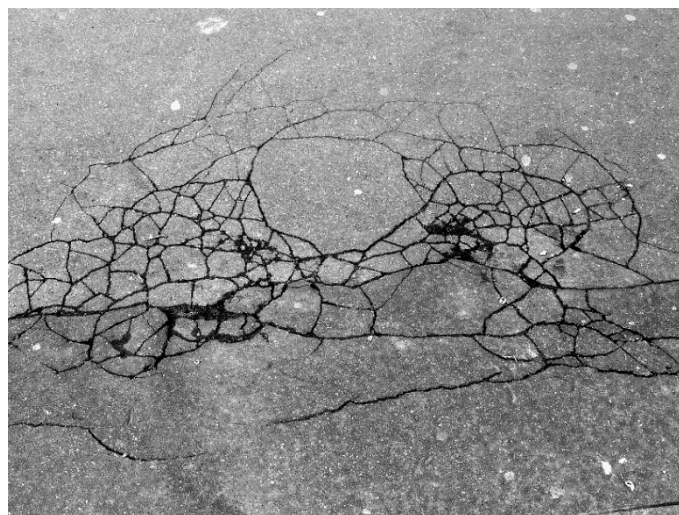
Figura 2 – Diferentes tipos de asfalto empregado na recuperação de calçadas. Avenue du General Leclerc.



Fonte: acervo do autor (2016).

Originadas de requisitos pragmáticos — escava-se apenas em uma área necessária à intervenção —, as formas resultantes da recomposição do pavimento são casuais, aparentemente sem nenhuma outra lógica além do pragmatismo, mas que acabam criando uma geometria muito particular, as vezes mais explícita, outras vezes mais sutil, ao ponto de desaparecer nos dias de chuva, quando a água torna as superfícies cromaticamente homogêneas. A própria natureza também parece oferecer sua contribuição para a personalização das calçadas da cidade, participando dessa estranha geometria aleatória: recalques no terreno fazem com que o asfalto se acomode, fazendo surgir linhas parecidas com rachaduras, mas que não oferecem nenhum perigo, talvez algum prazer estético (Figura 3).

Figura 3 – Fissuras na superfície de calçada, originada do recalque do terreno. Avenue Paul Daumer.



Fonte: acervo do autor (2016).

Os próprios pedestres também contribuem involuntariamente para uma estética própria das calçadas: cuspiendo suas gomas de mascar, fazem com



que trechos do pavimento pareçam mostrar vestígios da passagem de Yayoi Kusama (Figura 4).

Figura 4 – Gomas de mascar na superfície de uma calçada. Avenue de la République.



Fonte: acervo do autor (2016).

Em oposição ao aspecto figurativo e inteligível característico da cidade, com seus belos edifícios haussmanianos, seus espaços naturais, seus eixos monumentais e suas perspectivas magníficas, as calçadas mostram uma face geometricamente abstrata de Paris, provando que a geometria e o abstracionismo não estão somente nas escolas ou nas paredes das galerias e museus da cidade; basta ir para a rua e olhar para baixo, em qualquer lugar, em qualquer esquina. Como se tivessem autonomia em relação à sua aparência, as calçadas parecem imitar Mondrian, Kandinsky, van Doesburg, de Kooning, Rothko e outros artistas abstratos, querendo nos mostrar que a arte nesta cidade está por todo lugar, até na geometria peculiar e casual de suas calçadas; é só olhar para elas e nos deixar sensibilizar (Figura 5).



Figura 5 – Composição geométrica aleatória na calçada do Boulevard Raspail.



Fonte: acervo do autor (2016).

São essas circunstâncias fortuitas que acabam por conferir às calçadas uma certa originalidade, mesmo caracterizadas pelo uso do mesmo material e pela homogeneidade cromática. Assim, linhas de todos os tipos, ângulos nos mais variados gradientes, polígonos de todas as formas e inúmeras outras superfícies geométricas em matizes que vão do cinza ao preto apresentam-se aos pés de quem passa pelas calçadas de Paris. Apesar de estarem à mostra para todos, provavelmente poucos as percebem. Seu testemunho da participação da vida da cidade passa despercebidamente, pois sua presença se resume apenas à linhas e superfícies anônimas, inúmeras vezes pisoteadas. No entanto, são marcas existentes que documentam um aspecto da história da cidade, embora não sejam tão vigorosas ou imponentes como uma torre, uma ponte, uma catedral. Simplesmente estão lá, cada uma a seu modo, deixando as marcas de seu passado de pouca relevância — mas significativo, pois existiu — resistindo ao esquecimento e se oferecendo para leituras de quem quiser lê-las e interpretá-las, seja lá de que forma for (Figura 6).



Figura 6 – Formas geométricas aleatórias na calçada da Avenue Daumesnil.



Fonte: acervo do autor (2016).

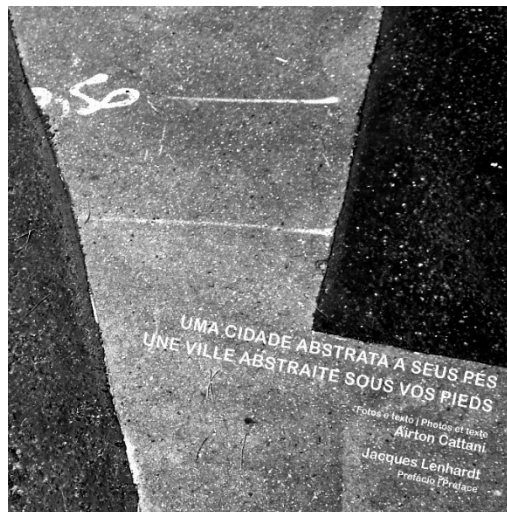
A constatação empírica da existência de uma riqueza visual nas calçadas da cidade, praticamente desconsiderada por acadêmicos ou pesquisadores ou mesmo por seus habitantes, fez com que fosse iniciada uma coleta sistemática de fotografias de detalhes encontrados nessas superfícies. Assim, centenas de fotografias foram tomadas em *promenades au hasard* durante a primavera de 2016, sempre olhando para baixo — o que não é muito fácil em uma cidade que tem tantas coisas magníficas para se ver — à procura das sutilezas que as mudanças do asfalto produzem sobre as calçadas. Como método de coleta foi estabelecido que as fotografias deveriam abranger apenas as superfícies horizontais, sem mostrar edificações e sem ter um caráter turístico. Como extensão geográfica, procurou-se incluir calçadas de todos os treze *arrondissements* de Paris. Todas as fotografias foram tomadas em orientação paisagem, com um equipamento Olympus E500 com lente 30 mm, sendo denominadas com o nome da rua onde a calçada estava localizada. Após, as fotos foram tratadas no software Photoshop, convertidas para tons de cinza e, na sequência, corrigido o balanço de brancos e ajustado o contraste.

3. O LIVRO

A análise de centenas de fotografias tomadas permitiu constatar seu potencial para uma publicação. Deste modo, foi idealizado o livro *Uma cidade abstrata a seus pés = Une ville abstraite sous vos pieds* (Cattani; Lennhardt, 2021) em edição bilíngue (português e francês) onde as fotografias são acompanhadas de textos do autor e um prefácio de Jacques Leenhardt, filósofo e sociólogo, diretor de estudos da École des Hautes Études en Sciences Sociales – EHESS, em Paris. As dimensões do livro são 210 × 210 mm, com margens superiores e laterais de 25 mm e margem inferior de 6,5 mm (Figura 7).



Figura 7 – Capa do livro *Uma cidade abstrata a seus pés = Une ville abstraite sous vos pieds*.



Fonte: acervo do autor (2021).

A diagramação dos textos e imagens contempla três situações básicas:

- 1) Páginas com textos e fotos; nesta situação as fotos são inseridas na página da direita, de modo a privilegiá-las, pois são o primeiro elemento gráfico percebido pelo leitor. Caixa de texto e imagens têm as mesmas dimensões de 160 × 120 mm. O fato de existir apenas uma fotografia nestas páginas, permitiu exercer uma certa liberdade na escolha das mesmas, optando-se por aquelas onde estivesse registrado aspectos peculiares, como diversos matizes de cinza, formas inusitadas, figuras geométricas aleatórias, contrastes formais e texturas diversas (Figura 8).

Figura 8 – Páginas do livro, apresentando texto e foto lado a lado.



Fonte: acervo do autor (2021).

- 2) Páginas com fotos em dupla; nesta situação a escolha das fotos não foi aleatória, pois o par de fotos faz uma referência ao trabalho de Aloísio Magalhães (1927-1982), um dos pioneiros do design moderno brasileiro. Na década de 1970, Aloísio criou diversas obras que chamou de *cartemas*. Utilizando cartões postais como elemento gerador da



criação, os cartemas são composições gráficas que partem de um elemento comum que é rotacionado e repetido, de modo que a imagem resultante se torne algo diferente da imagem original, mas guardando alguma relação com ela ao mesmo tempo em que cria uma nova experiência visual. (Figura 9).

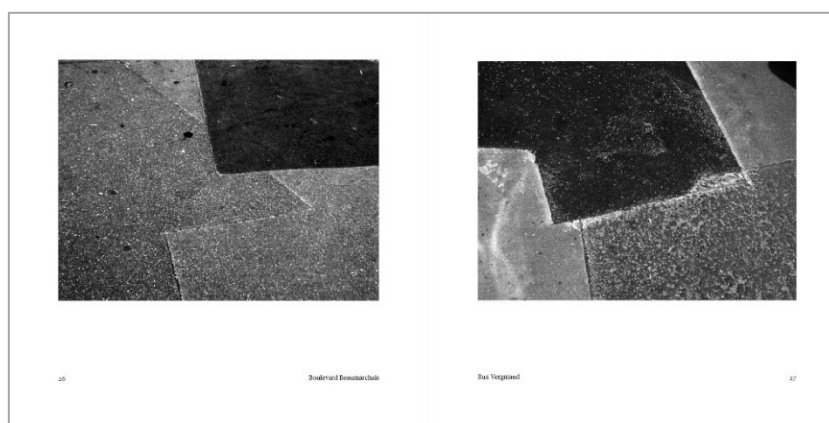
Figura 9 – Cartema de Aloísio Magalhães da série Cartemas Brasileiros, 1972. Cartões-postais justapostos colados sobre eucatex, 90x60 cm.



Fonte: <https://www.itaucultural.org.br/ocupacao/aloisio-magalhaes/cartemas> (2021)

Nas composições das fotos em dupla, os pares de imagens foram cuidadosamente escolhidos, de modo a propiciar uma visualização em que essas fotografias sejam consideradas como duas imagens independentes e, simultaneamente, uma terceira imagem, em que as duas são percebidas como uma unidade visual, acentuada por elementos formais ou cromáticos de continuidade, como linhas, texturas e tons de cinza (Figuras 10 e 11).

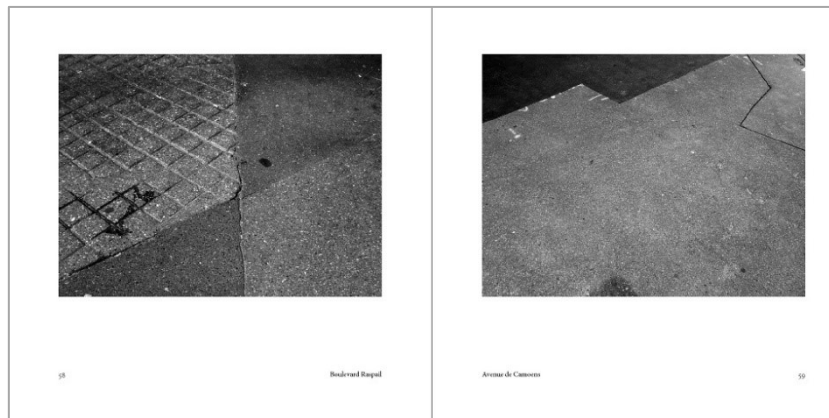
Figura 10 – Páginas do livro apresentando fotos em duplas formando uma nova unidade visual.



Fonte: acervo do autor (2021).



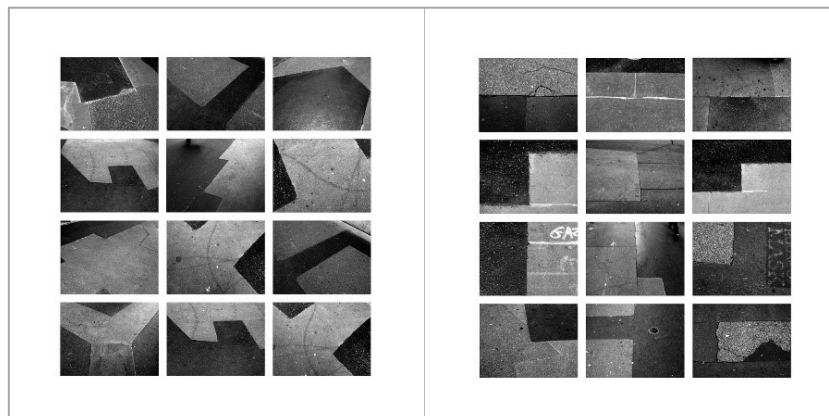
Figura 11 – Páginas do livro, apresentando fotos em duplas formando uma nova unidade visual.



Fonte: acervo do autor (2021).

- 3) Páginas com fotos em mosaico; assim como foi feito nas páginas duplas, as imagens para compor os mosaicos foram cuidadosamente escolhidas, de modo que pudessem ser observadas como unidades visuais isoladas e independentes, mas ao mesmo tempo pudessem ser vistas simultaneamente como um conjunto com novo significado, novamente fazendo uma referência à obra de Aloísio Magalhães. A escolha procurou fazer com houvesse alguma continuidade entre linhas, formas e tons, de maneira que o conjunto pudesse ser percebido como uma nova imagem (Figura 12).

Figura 12 – Páginas do livro, apresentando fotos em mosaico, formando novos conjuntos visuais.



Fonte: acervo do autor (2021).

Assim, este livro se constitui em um duplo exercício: mostrar aspectos da geometria oculta das calçadas de Paris, ao mesmo tempo em que as fotografias apresentadas se constituem em elementos independentes e que fornecem simultaneamente novas abordagens visuais. Embora realistas, pois documentam algo que efetivamente existe e está lá — alguns pés fortuitos provam isso —, as imagens procuram mostrar o caráter abstrato que as calçadas involuntariamente apresentam, abstração que se torna até dramática



quando acentuada pelo preto e branco das fotografias, ou quando apresentadas em duplas ou em mosaico de várias imagens.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mais do que mais um livro sobre Paris, esta obra procura por em evidência um aspecto pouco observado no cotidiano da cidade: a geometria casual “escondida” em suas calçadas. Alguns poderão dizer que as fotografias apresentam apenas formas e linhas. Apenas? E por acaso elas não são belas, quando olhadas com o cuidado e atenção? Não foi Fernando Pessoa que disse que “...as pedras são engraçadas / Quando a gente as tem na mão / E olha devagar para elas.”? (Pessoa, 1980, p. 143). Não podemos pegar estas calçadas na mão, somente podemos nos apropriar delas com nosso olhar. E olhando-as devagar poderemos perceber que suas formas podem até ser engraçadas e, de alguma maneira, nos sensibilizar.

Este livro também procura mostrar que uma temática fotográfica nem sempre precisa ser inusitada, exótica ou de difícil acesso, ou ser feita com equipamentos sofisticados para produzir resultados expressivos. Assim, foi o olhar curioso, preocupado em selecionar um fragmento banal da realidade, que agora proporciona ao leitor a possibilidade de ver este fragmento de um modo como nunca havia visto antes, como quem quer dizer: “Veja, você vê isso todos os dias. Mas... já reparou como é belo, como é diferente?”. Assim como Georges Perec (2016) tentou esgotar a descrição da praça Saint-Sulpice, descrevendo “o que acontece quando nada acontece”, estas fotografias tentam mostrar que há alguma coisa onde — aparentemente — não há coisa nenhuma.

Depois de ver estas fotografias, certamente o leitor nunca mais deixará de observar atentamente as calçadas por onde passa, por mais singelas que possam ser e onde quer que estejam localizadas, à procura de suas peculiaridades. Talvez essa possa ser uma das funções da fotografia: retirar algo de seu contexto e mostrá-lo isoladamente, de modo que possa ser apreciado devagar e proporcionando uma relação sensorial de prazer estético, mesmo quando proveniente de algo tão banal como uma calçada. E para isso não é preciso ir muito longe, basta olhar para baixo. Muitas vezes, o inusitado, o curioso, o peculiar — e, por que não? — o belo, podem estar debaixo de nossos pés....

Uma versão digital do livro está disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/220227/001124886.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5. REFERÊNCIAS

CATTANI, Airton; PESAVENTO, Sandra Jatahy; TREVISAN, Armindo. *Olhe por onde você anda*: calçadas de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.





CATTANI, Airton; VIEIRA, César Bastos de Mattos; YING, Lu (Org.). *Calçadas de Porto Alegre e Beijing = Sidewalks from Porto Alegre and Beijing = 阿雷格里港和北京的人行道*. Porto Alegre: Marcavizual, 2019. Versão digital disponível em

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219574/001124198.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 18/04/2021.

CATTANI, Airton; LEENHARDT, Jacques. *Uma cidade abstrata a seus pés = Une ville abstraite sous vos pieds*. Porto Alegre: Marcavizual – Faculdade de Arquitetura da UFRGS, 2021. Versão digital disponível em

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/220227/001124886.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 24/04/2021.

CATTANI, Airton. *Olhando para cima e para baixo no Wangjing SOHO =*

Looking up and down in Wangjing SOHO = 在扎哈哈迪德项目上向上下寻找.

Porto Alegre: Marcavizual – PGDesign, 2021. Versão digital disponível em

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219311/001124147.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 18/04/2021.

MATOS, Ernesto. *Calçada portuguesa de Portugal / Portuguese stone pavement of Portugal*. Lisboa: Sessenta e Nova Manuscritos, 2011.

PEREC, Georges. *Tentativa de esgotamento de um local parisiense*. São Paulo: Gustavo Gili, 2016.

PESSOA, Fernando. *O eu profundo e os outros eus*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1980.

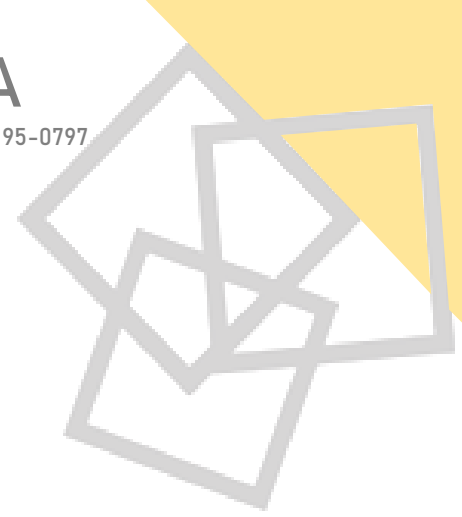
TEIXEIRA, Iolanda; VEIGA, Bruno. *O Rio que eu piso*. Rio de Janeiro: Memória Brasil, 2007.

AGRADECIMENTOS.

O autor agradece ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de estágio pós-doutoral em 2016.

Artigo recebido em 11/12/2020 e aceito em 25/04/2021





Modelagem paramétrica e prototipagem rápida no ensino de Expressão Gráfica

Parametric modeling and rapid prototyping in teaching Graphic Expression

**Elton Cristovão da Silva
Lima**

Arquiteto e Urbanista,
Discente do Programa de Pós-
Graduação em Urbanismo,
Universidade Federal do Rio
de Janeiro, Rio de Janeiro,
Brasil
elton.lima@fau.ufrj.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-8076-7150>

Leticia Teixeira Mendes

Doutora em Arquitetura,
Tecnologia e Cidade
Docente do Departamento de
Expressão Gráfica e do
Programa de Pós-Graduação
em Desenvolvimento Urbano,
Universidade Federal de
Pernambuco
leticia.mendes@ufpe.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-1011-1420>

Cristiana Maria Sobral Griz

Doutora em Desenvolvimento
Urbano
Docente do Departamento de
Expressão Gráfica na
Universidade Federal de
Pernambuco
cristiana.sgriz@ufpe.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-5439-5680>

RESUMO

A inserção de novas tecnologias em várias áreas de atuação tem sido cada vez mais frequente e acelerada. Com o intuito de acompanhar essa crescente incorporação na rotina profissional do arquiteto, vê-se a necessidade da inclusão, também, no processo didático ao longo da formação profissional. O desenho é um meio de comunicação e pode ser feito de forma tradicional ou digital. Para isso, quanto maior o conhecimento e aplicação das propriedades e maneiras de representar formas geométricas, maior é a liberdade criativa do indivíduo. Este trabalho propõe a introdução do conceito de um sistema generativo de projeto (Gramática da Forma), aliado a modelagem paramétrica e a prototipagem rápida para dar suporte ao ensino de temas de geometria gráfica. A inserção da parametrização foi feita em um experimento, utilizando o *software Rhinoceros* e o plug-in *Grasshopper*, que vinculou o conteúdo de polígonos à concepção de cobogós por meio de uma gramática da forma paramétrica. O experimento mostrou que a modelagem paramétrica, ainda que se utilize das tecnologias computacionais, requer conhecimentos de geometria gráfica para explorar as potencialidades de maneira consciente e eficiente.

Palavras-chave: Gramática da Forma; Design paramétrico; Geometria Gráfica; Método de ensino.

ABSTRACT

The insertion of new technologies in different fields has been increasingly frequent and accelerated. Therefore, in order to keep track of this growing incorporation of technologies into the professional routine of the architect, it is seen the need for inclusion also in the didactic process throughout professional qualification. Drawing is a means of communication and may be done in a traditional or digital way; and for that, the greater the knowledge and application of the properties and ways of representing geometric shapes, the greater the individual's creative freedom. This work proposes the introduction of the concept of a generative design system (Shape Grammar), combined with parametric modeling and rapid prototyping to support the teaching of graphic geometry themes. The parametric insertion was done during an experiment, using the Rhinoceros software and the Grasshopper plug-in, which linked the content of polygons for designing cobogós by means of a parametric shape grammar. The experiment showed that parametric modeling, although using computational technologies, requires knowledge of geometry to explore potentialities in conscious and efficient way.

Keywords: Shape Grammar; Parametric design; Graphic Geometry; Teaching method.



1. INTRODUÇÃO

A introdução de novas tecnologias nas áreas de projeto se deve, principalmente, à rápida evolução da indústria computacional. Esse novo paradigma tem gerado ferramentas e possibilidades eficientes na rotina de vários profissionais, como artistas, arquitetos, designers e engenheiros. Recentemente, a partir da inclusão das ferramentas de prototipagem rápida (PR) e fabricação digital (FD), tornou-se viável o uso de modelos geométricos digitais diretamente na produção de artefatos e componentes em escala real.

A prototipagem rápida é a materialização de modelos físicos para testes – maquetes e protótipos em escala reduzida ou em 1:1 – como uma das etapas do processo projetual. (Mitchell & McCullough, 1995). Incluem técnicas como corte a laser, corte em vinil e fresas. Segundo Kolarevic (2003), a prototipagem rápida está inserida dentro da área abrangida pela fabricação digital. Esta, por sua vez, materializa o produto final ou parte dele, incluindo determinadas técnicas para construção de edifícios ou partes dele, fôrmas e peças finais com equipamentos CNC (Pupo, 2009).

Concomitantemente aos avanços tecnológicos na área de projeto, os docentes de disciplinas de projeto e representação gráfica têm se adaptado e proposto novos métodos de ensino, incorporando essas inovações no processo didático. Na área do ensino de expressão gráfica, essa mudança que vem acontecendo há algumas décadas (Pupo, 2008; Pupo *et al.*, 2008) e está sendo acelerada com a intensão de que os jovens profissionais não fiquem descompassados em comparação com o mercado de trabalho. Segundo Oxman (2008, p. 99, tradução nossa):

A busca por novas estruturas educacionais se deve aos impactos pedagogicamente únicos do projeto digital. Vários pesquisadores e educadores começaram a abordar a necessidade de integrar o projeto digital na educação de projeto arquitetônico, investigando várias formas de agenda pedagógica.¹

O estudo das técnicas de geometria gráfica se integra à área de comunicação. Assim como a linguagem falada e escrita possui uma gramática, a linguagem gráfica também possui para seja bem compreendida, tanto por quem escreve, quanto por quem lê. Enquanto as duas primeiras formas de linguagem, a expressão é por meio de palavras, a gráfica é expressa, tradicionalmente, através de desenhos.

Contudo, como comentado, ferramentas tecnológicas, como a modelagem paramétrica, têm, aos poucos, substituído o desenho tradicional – mesmo os que são feitos em “pranchetas digitais”², através de “modelagem virtual” de formas geométricas. É importante salientar que, assim como o

¹ No original: The Search for new educational frameworks is due to the pedagogically unique impacts of digital design. Various researchers and educators have begun to address the need to integrate digital design in architectural design education investigating various forms of pedagogical agenda.

² O *software* AutoCAD, por exemplo, pode ser considerado uma “prancheta digital” porque os desenhos feitos nele possuem a mesma lógica dos desenhos que são feitos na prancheta tradicional com lápis e papel.



desenho, para executar as modelagens virtuais continua sendo fundamental o conhecimento da geometria gráfica.

Isso porque, como argumenta Florio (2011), aqueles que detêm o conhecimento dos métodos de geometria gráfica possuem maior autonomia criativa. Isto é, quanto maior a compreensão das propriedades das formas geométricas e das suas possibilidades de representação, maior a competência e liberdade criativas. Assim, a geometria gráfica pode ser classificada como a ciência fundamental para a elaboração do projeto e para a pesquisa de forma.

Diante do exposto, o Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco, encarregado das disciplinas que abordam competências da geometria gráfica e diferentes abordagens para representar graficamente um projeto, tem reformulado os conteúdos e a metodologia de ensino de algumas disciplinas. Uma delas é a de Desenho Geométrico, responsável pelo conhecimento das propriedades gráficas de todas as formas geométricas bidimensionais e sua aplicação na arquitetura, urbanismo e paisagismo.

Visando a introdução não somente do conhecimento de novas tecnologias de concepção e representação de formas geométricas, mas também de uma nova metodologia projetual, foi incorporado um sistema generativo de projeto (Gramática da Forma, do inglês *Shape Grammar*) como apoio ao ensino do conteúdo do tema polígonos. De acordo com Fischer e Herr (2001), um sistema generativo é uma metodologia sistemática para produção de soluções projetuais, não apenas para gerar produtos, mas também processos.

Este trabalho apresenta uma proposta de renovação do ensino de geometria gráfica baseado na Gramática da Forma (Stiny e Gips, 1971), implementado através de ferramentas digitais, especialmente, o uso da modelagem paramétrica (Monedero, 2000) e prototipagem rápida. O objetivo é contribuir para inclusão de novos métodos de ensino de projeto, assim como no desenvolvimento de novas ferramentas e abordagens projetuais introduzidos na formação dos alunos.

Com o intuito de rever o ensino da geometria por meio da introdução de diferentes abordagens projetuais, este artigo apresenta o experimento realizado em uma disciplina de geometria gráfica para o curso de Arquitetura e Urbanismo, utilizando o projeto paramétrico (*parametric design*) e o formalismo da Gramática da Forma. Pretende-se analisar se a introdução dessas teorias pode auxiliar no entendimento mais interativo dos elementos geométricos e suas propriedades. Dessa forma, a parametrização e o projeto baseado em regras (*rule-based design*) foram utilizados visando otimizar o processo projetual e a geração de alternativas.





2. FUNDAMENTAÇÃO

A temática do método em arquitetura tornou-se mais discutida na segunda metade do século XX, na ocasião em que arquitetos e engenheiros atentos ao panorama científico buscavam esclarecer o processo projetual visando inserir o computador de modo mais eficiente tanto na prática de projeto quanto no processo de ensino e aprendizagem. Surge assim o Movimento dos Métodos de Projeto (do inglês *Design Methods Movement*) consistiu em um período de conferências e publicações acerca dos métodos projetuais nas áreas de arquitetura, engenharia e desenho industrial na década de 1960, tendo significativa influência sobre o ensino e a prática dessas áreas de conhecimento (Mendes, 2014).

Nesse contexto de discussões sobre métodos de projeto, uma das abordagens foi a parametrização. Esta estratégia consiste em definir as relações topológicas, já que a definição de medidas precisas ocorre numa fase posterior do projeto. Geralmente essas dimensões podem ser selecionadas a partir de um intervalo desejado, com valores mínimos e máximos, resultando em uma maior variedade de soluções (Monedero, 2000).

De acordo com Florio (2011, p.44), para compreender e projetar formas de grande complexidade, os conhecimentos de geometria são essenciais. Assim, o autor sugere que se “faça uma re-valorização destes conhecimentos diante das facilidades trazidas pelas novas tecnologias de representação e de simulação de espaços”.

Nesse contexto, os ambientes de modelagem paramétrica, como o *Grasshopper*³, por exemplo, ainda se constituem como ferramentas pouco exploradas no ensino de geometria. Os usuários destes *softwares* conseguem desenvolver modelos através de um processo indireto de geração de formas, sendo imprescindíveis os conhecimentos de geometria gráfica, programação computacional, matemática e lógica para otimizar o uso dessas ferramentas no processo projetual (Pereira e Vaz, 2013).

Segundo Oxman (2006), as técnicas de modelagem paramétrica são bases para o modelo de design associativo de formação⁴, viabilizando a exploração da geometria associativa, através da qual as relações entre os objetos paramétricos são explicitamente descritas, constituindo interdependências entre os vários objetos. Valores diferentes atribuídos a parâmetros de uma estrutura geométrica podem criar inúmeras variações, enquanto as condições topológicas⁵ são mantidas. Assim, pode-se afirmar que

³ É um *plug-in* que usa o *software Rhinoceros* como visualizador da geometria implementada no seu ambiente de programação visual. O *Grasshopper* utiliza componentes para montar qualquer combinação de parâmetros com a finalidade de obter um resultado geométrico no *Rhinoceros*. (Vaz, 2011).

⁴ Segundo a revista israelense *Architecture of Israel Quarterly*, o design associativo baseia-se em parâmetros variáveis e restrições. Ao passo que os parâmetros definem os valores dos elementos, as restrições determinam as relações entre eles, prescrevendo seu comportamento.

⁵ Segundo Kolarevic (2003), topologia refere-se a relações e interconexões dentro de um contexto espacial, e não sobre formas específicas. Uma construção topológica seria representada de diversas maneiras. Assim, topologia é mais sobre relação espacial do que distinção espacial.





a modelagem paramétrica necessita de um ambiente computacional e usa algoritmos⁶ para estabelecer definições, além de buscar a otimização de soluções.

Concomitantemente, desde 1960, várias abordagens estruturalistas⁷ vêm sendo empregadas no processo de projeto em arquitetura. Uma delas é o projeto baseado em regras – *rule-based design* (Broadbent, 1970), que consiste em definir situações em que determinado elemento pode ser conectado a outro sendo pré-definida a maneira como isso pode acontecer. Esse método permite a geração de inúmeros resultados diferentes, tendo em vista que a ordem de aplicação das regras influencia nas composições. Dentro desse contexto, o formalismo da Gramática da Forma permite a combinação dessas duas abordagens de projeto: a parametrização e o uso de regras compositivas (*rule-based design*) originando um número ainda maior na geração de possíveis soluções (Mendes, 2018).

A Gramática da Forma é um sistema algorítmico criado na década de 1970 por George Stiny e James Gips. Constitui-se de um sistema de geração de formas baseado em regras e foi desenvolvido a partir das teorias da gramática generativa do linguista Noam Chomsky e do sistema de produção do matemático Emil Post (Celani *et al.*, 2006). No decorrer dos anos, a Gramática da Forma tem sido aplicada para resolver diversos problemas de projeto, buscando gerar soluções a partir de uma forma inicial e da aplicação sucessiva de regras de forma (Duarte, 2007; Knight, 2000; Celani *et al.*, 2006).

Uma gramática da forma é composta por uma forma inicial, um conjunto finito de formas primitivas que compõe um vocabulário, e um conjunto finito de regras de transformação do tipo $A \rightarrow B$ (antes e depois). As regras podem ser, dentre vários exemplos, de adição, subtração, subdivisão, movimentação e substituição (Stiny, 1980), e por meio delas ocorrem as transformações geométricas que são aplicadas no vocabulário de formas. Isto é, a regra contém uma forma que deverá ser identificada (forma do lado esquerdo) e uma relação espacial do lado direito da regra (que substituirá a forma da esquerda). Com as regras estabelecidas, é possível aplicá-las sistematicamente e gerar as derivações como visto na figura 1 a seguir.

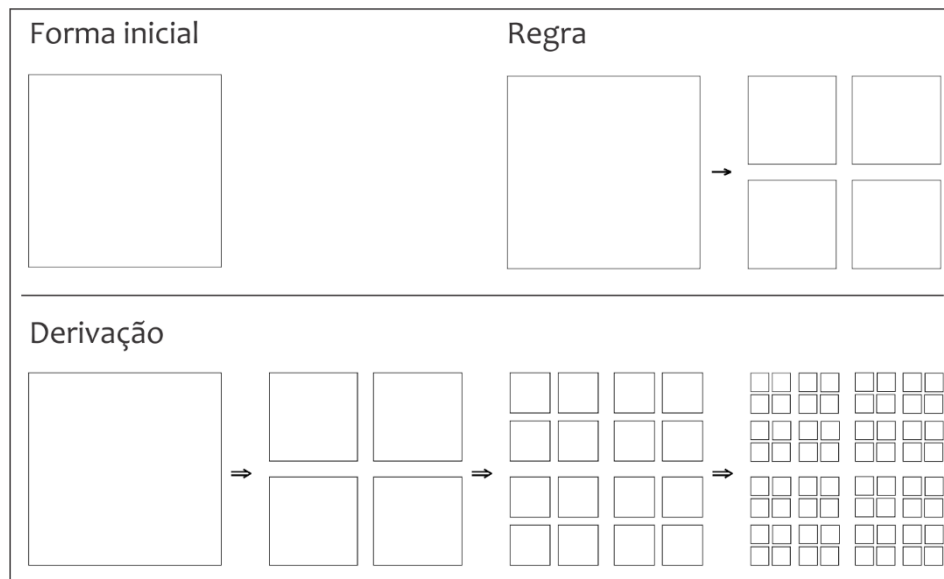
⁶ De modo simplificado, pode-se comparar um algoritmo à uma receita. Técnica ou método formado por um conjunto finito de regras ou operações precisas, evidentes e simples que ao serem seguidas resultam na realização de uma ação. (Martino, 2015).

⁷ Consoante Colin (2009), o estruturalismo é abordado pelas ciências humanas com o objetivo de explorar um campo específico como um sistema complexo de partes que se interrelacionam. De acordo com Assiter (1984), nesta linha de pensamento sobre o estruturalismo existem quatro ideias fundamentais: a estrutura determina a posição de cada elemento como um todo; todo sistema possui uma estrutura; existem leis estruturais; as estruturas sustentam a aparência do significado.





Figura 1: Gramática da forma para geração dos Jardins Mughul – exemplo de forma inicial, regra de subdivisão e derivação.



Fonte: os autores (2020), baseado em Stiny e Mitchell (1980).

A partir de então, vários tipos de gramática foram criados e aplicados na arquitetura como é o caso da gramática da forma geradora de vilas no estilo Paladiano a partir do estudo das vilas de Palladio desenvolvido por Stiny e Mitchell em 1978. Bem como a gramática de personalização de habitação social proposta por José Pinto Duarte baseada nas habitações de Álvaro Siza, na Malagueira em 2007. (Mendes, 2010.)

Segundo Duarte (2007), as gramáticas da forma podem ser originais ou analíticas. No primeiro caso, elas são desenvolvidas para gerar novos projetos que atendam exigências pré-estabelecidas. Já as analíticas são usadas como ferramenta de análise de um *corpus* - conjunto de projetos ou formas pré-existente, que são descritos através de uma linguagem única que os represente.

Pode-se incluir ainda uma terceira classificação das gramáticas, a paramétrica. Estas são implementadas em ambiente computacional com parâmetros manipuláveis. Segundo Celani *et al.* (2006), as primeiras gramáticas já possibilitavam deixar determinados valores (parâmetros) em aberto a serem estabelecidos no momento da implementação, permitindo a criação de uma gramática da forma paramétrica apta a produzir uma grande quantidade de resultados. De acordo com Santos (2009), uma gramática pode ser considerada como sistema generativo paramétrico quando a aplicação de determinada regra afeta um conjunto de sub-regras e a partir do momento que um número finito de entrada de dados, pode-se gerar uma quantidade indefinida de soluções.

Com a evolução das tecnologias computacionais, a implementação de Gramáticas da Forma em ambiente de modelagem paramétrica tornou-se possível e mais recorrente em diversas áreas como design, artes e arquitetura.



3. MÉTODO

O método proposto para o exercício projetual é baseado na metodologia da pesquisa-ação, proposta por Kurt Lewin, na década de 1940 e na prática reflexiva, proposta por Schön, em 1983 (Lewin, 1946; Schön, 1983). A metodologia desenvolvida por Lewin é essencialmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores que fazem uso de suas pesquisas para aprimorar sua didática e consequentemente, ajudar no aprendizado de seus alunos.

Em seu livro intitulado “Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem”, Schön (2000) além de apresentar a experimentação dos ateliês de projeto como um modelo educacional para a “reflexão-na-ação”⁸, também alega que não existe uma ciência que ensine a prática de projeto, além dos próprios ateliês como sendo um exemplo típico de ensino prático reflexivo. Além disso, sobre o processo de prática de projeto nos ateliês de arquitetura, ele pontua:

Implicam um tipo de aprender fazendo, em que os alunos começam a praticar, juntamente com os que estão em idêntica situação, mesmo antes de compreenderem racionalmente o que estão a fazer. Nos ateliês de projeto arquitetônico, por exemplo, os alunos começam por desenhar antes de saberem o que é o projeto. Nos primeiros tempos toda a gente se queixa da confusão. (SCHÖN, 1997, p.89).

Deste modo, a experiência apresentada nesta pesquisa – um *workshop* de modelagem paramétrica para o desenvolvimento de cobogós⁹ – demonstra a aplicação da metodologia com o intuito de atualizar o conteúdo de desenho geométrico através de um experimento que utiliza a parametrização e a prototipagem rápida no ensino da graduação em arquitetura e urbanismo.

Como observado anteriormente, o formalismo da Gramática da Forma já foi utilizado em diversas áreas do conhecimento para análise e geração desde cadeiras (Knight, 1980; Barros *et al.*, 2011) e cerâmicas (Costa e Duarte, 2015) até habitações (Duarte, 2007) e planos urbanísticos (Beirão, 2012; Duarte, 2012). Neste trabalho, o elemento arquitetônico definido como cobogó foi adotado como objeto de estudo por se tratar de uma composição formal e passível de aplicação do conteúdo da disciplina (polígonos e suas propriedades formais). Assim, foi sugerido que os alunos se concentrassem

⁸ Segundo Micheletto (2008), a reflexão-na-ação carrega um saber que pode ser entendido como conhecimento técnico ou solução de problemas, norteia toda atividade humana e se expressa no saber-fazer.

⁹ Conforme Santana Neto e Silva (2016), o cobogó funciona como uma estratégia passiva para amenização climática bastante difundida na arquitetura moderna brasileira. Constitui-se como um elemento vazado utilizado como sistema de vedação e proteção com a intenção de permitir a ventilação e ao mesmo tempo filtrar a incidência solar.





somente na composição estética e formal do cobogó, analisando basicamente a relação entre as formas bidimensionais e sua composição.

A gramática apresentada aos alunos era formada por 3 elementos geométricos básicos – círculo, triângulo e quadrilátero – como vocabulário e relações espaciais que relacionavam estes elementos entre si além de incluir o diagrama Voronoi¹⁰ - tipo de decomposição espacial através da inserção de pontos aleatórios em determinado plano. As regras consistiam na adição de um elemento dentro de outro que compunha o vocabulário. Nesse sentido, era possível, a partir de parâmetros, modificar os tamanhos e os pontos de inserção. Por fim, na derivação os alunos faziam a composição de uma parede de cobogós onde havia possibilidade de alterar a quantidade de peças no eixo x e y.

Nesse contexto, foi usado o ambiente de modelagem paramétrica visual *Grasshopper* associado ao *software* de modelagem 3D *Rhinoceros* que proporcionaram a inserção e manipulação dos parâmetros. Essa ferramenta de implementação de algoritmos generativos é comumente usada em pesquisas embasadas no uso de gramáticas da forma e modelagem paramétrica em *workshops* para alunos de graduação (Beirão *et al.*, 2015, Vaz, 2011).

A linguagem de programação visual viabiliza a construção de geometrias por meio da conexão de componentes e parâmetros (Khabazi, 2010). A seguir, na Figura 2, é possível, a partir da construção de um cilindro, identificar alguns destes elementos; um exemplo de componente (*extrude*), barra de rolagem (*slider*) destacada em verde, dados de entrada e saída (*input* e *output*) que desempenham funções predefinidas, permitindo criar, desconstruir e alterar formas. Quanto às interfaces, à direita tem-se a visualização, através do *software* de modelagem 3D *Rhinoceros*, do cilindro implementado no ambiente de programação visual *Grasshopper*.

Figura 2: interface do ambiente de modelagem paramétrica visual *Grasshopper*.

¹⁰ Diagrama Voronoi é um modelo de análise que possibilita o estudo das regiões de influência de pontos de interesse determinadas por suas localizações em relação ao conjunto de dados. (Moura, 2009).





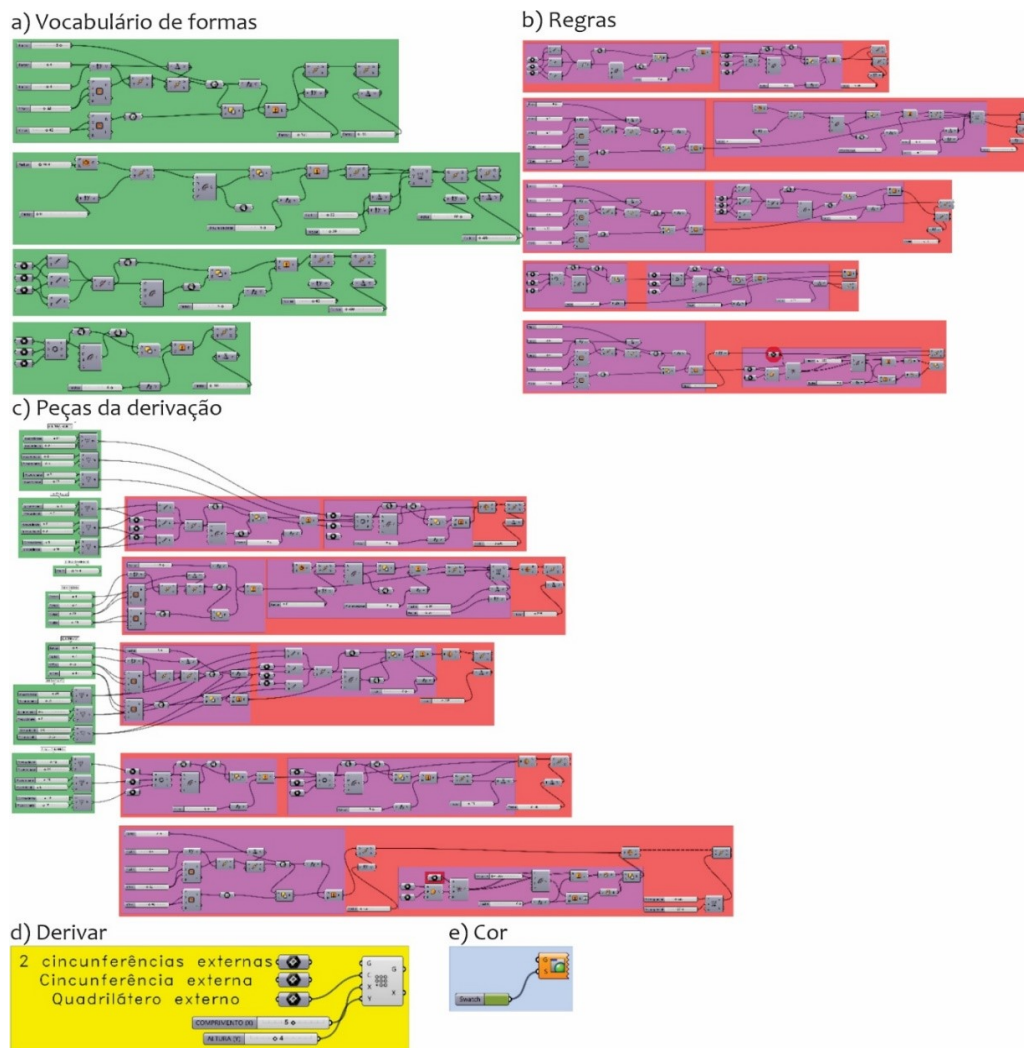
Fonte: os autores (2018).

O código utilizado na gramática de cobogós, por sua vez, também faz uso desses elementos de entrada e saída de dados, através dos quais, é possível fazer modificações nas peças em comprimento, largura, espessura, ponto de inserção das formas, aplicação das regras, adição de cor e recursão na derivação. (Figura 3).

A figura 3, a seguir, expõe o código dividido em partes para melhor compreensão do processo da lógica de implementação. A primeira parte (a) se refere à construção do vocabulário de formas; seguindo para as regras (b); as regras passíveis de modificações que foram usadas na derivação (c), neste caso os *sliders* em verde permitem modificar formas, escala e relações espaciais. Em amarelo, a parte do código que permite definir qual a forma da peça do cobogó para que seja feita a derivação (d), bem como a quantidade de peças nos eixos x e y. Em (e), tem-se o componente que permite modificar as cores na visualização das peças.



Figura 3: fluxo do código implementado para o experimento.



Fonte: os autores (2018).

4. O EXPERIMENTO: UMA GRAMÁTICA DA FORMA PARA GERAÇÃO DE COBOGÓS.

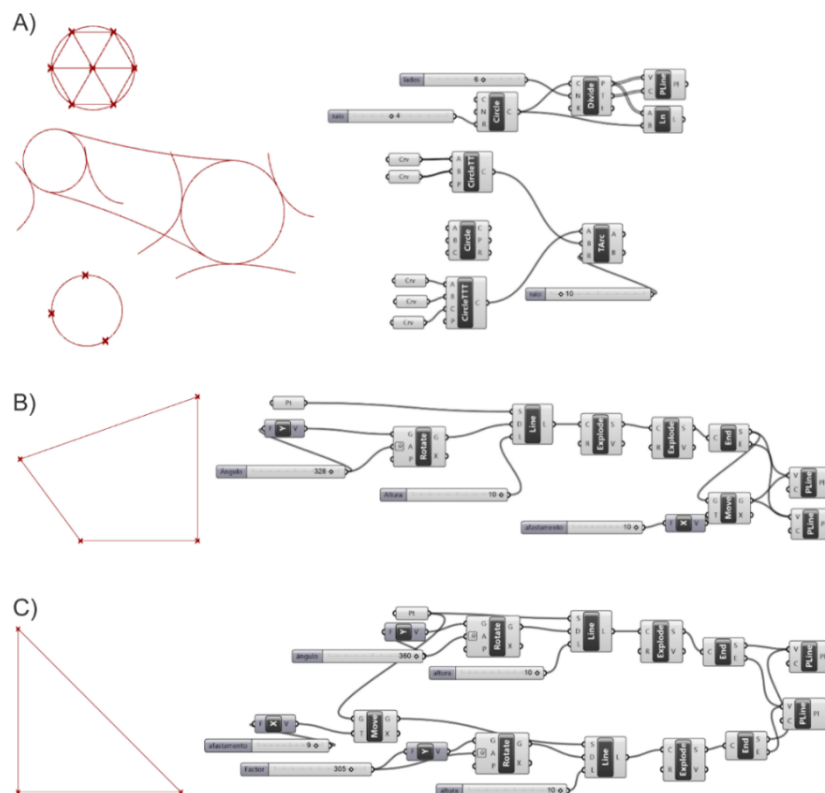
Como já mencionado, a disciplina de Geometria Gráfica (Desenho Geométrico) é responsável pelo ensino das propriedades e relações das formas geométricas bidimensionais. A experiência, a princípio, foi realizada com o conteúdo de 'polígonos', visando o aprendizado das propriedades formais e os elementos que os constituem. Esses conhecimentos permitem que os alunos construam vários tipos de polígonos, tanto da maneira tradicional, com lápis e papel, quanto de maneira digital, por meio de um ambiente de modelagem paramétrica.

O workshop foi ministrado para 42 estudantes matriculados no curso de arquitetura. As atividades foram realizadas em duplas ou grupos de três



peças. Primeiramente, os/as estudantes foram orientados a criar três elementos geométricos básicos - círculo, quadrilátero e triângulo - usando ferramentas disponíveis no *Grasshopper*. Para esta atividade foi imprescindível o conhecimento prévio dos conceitos de desenho geométrico para construção dessas figuras, como raio, diâmetro, incentro, ortocentro, circuncentro de uma circunferência, além dos tipos de triângulos, quadriláteros e polígonos com cinco ou mais lados etc. A Figura 4, a seguir, expõe três exemplos de implementações: (A) construção de circunferências e arcos de concordância; (B) exemplo de quadrilátero; (C) exemplo de triângulo.

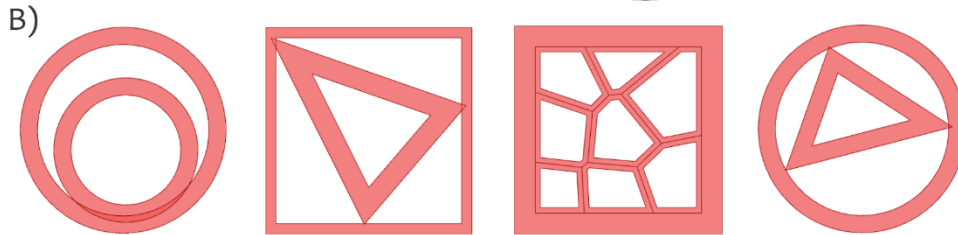
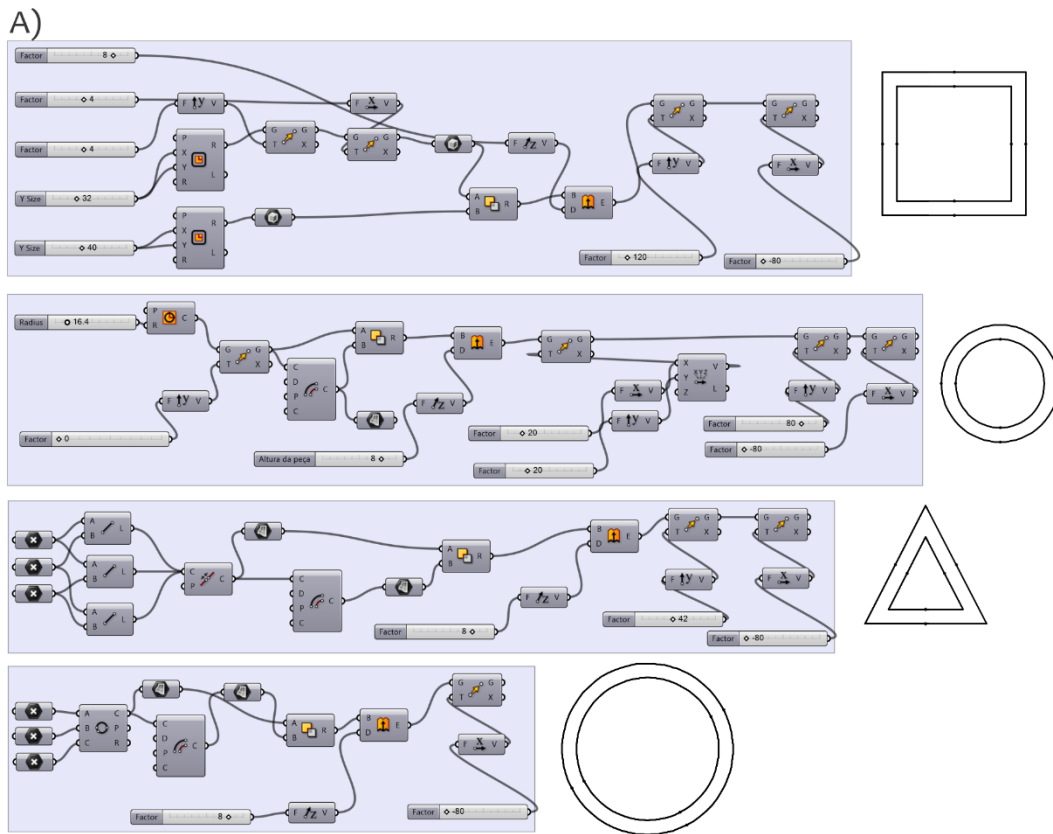
Figura 4: exemplo de construção de formas geométricas utilizando componentes internos do *Grasshopper*. Forma visível à esquerda e código implementado à direita.



Fonte: os autores (2019).

Logo após os/as alunos(as) se familiarizarem com a interface do *Grasshopper*, eles testaram a gramática da forma cedida que foi previamente implementada. Para isso, os/as participantes manipularam os dados de entrada nos códigos para alterar os parâmetros conforme exemplifica a Figura 5. As regras implementadas possibilitavam modificar a quantidade de lados do polígono e aplicar transformações geométricas, como rotação e translação. Isso permitiu gerar inúmeros modelos de cobogós a partir de polígonos como forma inicial e da modificação de suas formas e relações espaciais.

Figura 5: implementação do código responsável pelo vocabulário de formas da gramática de cobogós e suas respectivas formas (A) e exemplos de cobogós criados pelos alunos a partir da implementação (B).

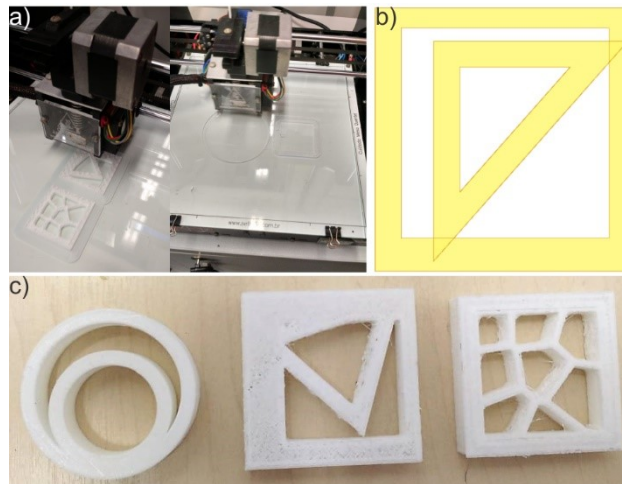


Fonte: os autores (2019).

Posteriormente à criação dos cobogós, estes foram produzidos com impressoras 3D como parte dos resultados do experimento. Para tanto, foi usada a tecnologia aditiva de prototipagem rápida conhecida como Modelagem por Decomposição Fundida (*Fused Deposition Modeling – FDM*). Conforme Pallasma (2011), a materialização é importante por contribuir no desenvolvimento do pensamento de projeto, permitindo a comunicação tanto através do tato quanto da visão (Figura 6).



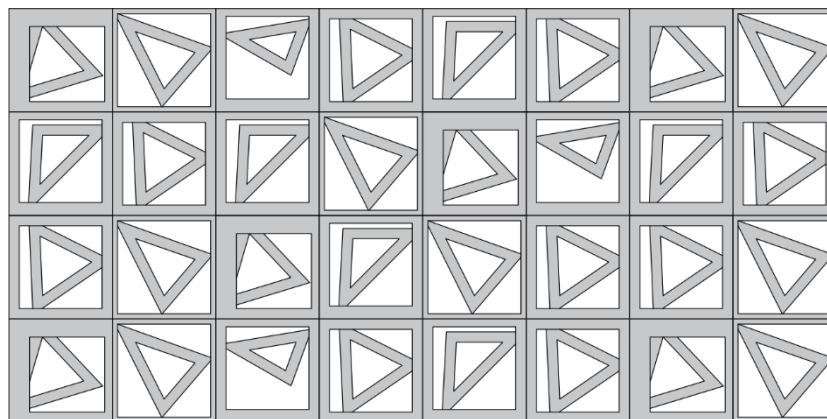
Figura 6: (A) processo de impressão 3D; (B) exemplo de um cobogó desenvolvido pelos alunos; (C) protótipos de cobogós impressos.



Fonte: os autores (2019).

A técnica de prototipagem tornou possível materializar diversos cobogós gerados pela mesma gramática da forma, possuindo assim os mesmos princípios compositivos, contudo, com inúmeras variações formais (Figura 7).

Figura 7: exemplo de composição de um painel com diferentes cobogós desenvolvidos pelos alunos a partir da gramática da forma paramétrica.



Fonte: os autores (2019).

A Gramática da Forma associada ao potencial da prototipagem rápida provocou questionamentos contrapondo os modelos de produção em série (*mass production*) e o conceito de personalização em massa (*mass customization*) estabelecido por autores como Pine (1993), Stan Davis (1996), Tseng e Jiao (2001), e Kaplan e Haenlein (2006). Nesse contexto, a Gramática da Forma possibilita gerar inúmeras alternativas (ou vários cobogós) de forma dinâmica e automatizada, enquanto a prototipagem rápida permite sua materialização individualizada, isento de custos extras.



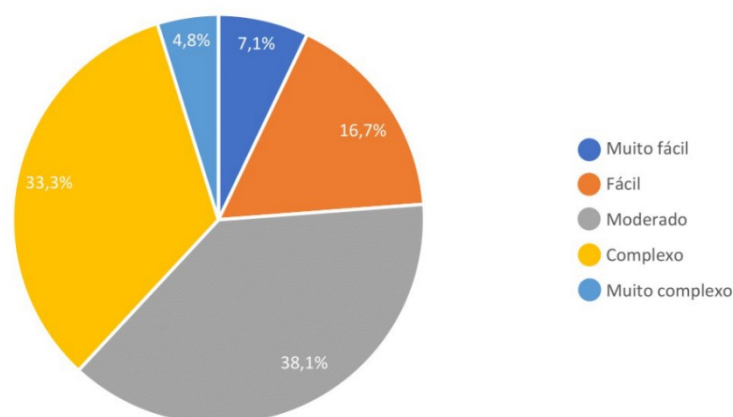
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente experimento parte da discussão acerca da introdução de diferentes abordagens projetuais e das tecnologias digitais no ensino de Arquitetura, assim propôs o uso do formalismo da Gramática da Forma aliado ao projeto paramétrico para criação de cobogós como instrumento para abordar conteúdos de Geometria Gráfica, como a construção e propriedades dos polígonos. Além disso, demonstrou que é imprescindível os conhecimentos de geometria para explorar as potencialidades da ferramenta de modo consciente e eficiente. Isto favorece a dinâmica de transitar entre procedimentos dedutivos referentes às construções gráficas e indutivos no que se refere às associações (Terzidis, 2006).

Para analisar se o experimento foi eficiente para o ensino do conteúdo de polígonos, foi feito um questionário a ser respondido pelos participantes. Este continha perguntas relacionadas ao nível de complexidade da atividade, se o aluno tinha conhecimento prévio de programação e se a utilização do ambiente de modelagem paramétrica visual ajudou na compreensão dos conteúdos. Ainda foi questionado se o conhecimento prévio de geometria ajudou a entender a lógica do *plug-in*, se foi possível compreender as potencialidades do uso de um sistema generativo e por fim, se o aluno usaria as abordagens projetuais apresentadas no desenvolvimento de um projeto.

Dos 42 alunos participantes do experimento, apenas três já haviam trabalhado com programação utilizando a linguagem Java. Por causa desta experiência prévia, estes alunos avaliaram com o conceito “muito fácil” a interação com o ambiente de programação visual *Grasshopper* - diferente da relativa dificuldade relatada pelos demais alunos participantes (Figura 8).

Figura 8: gráfico do nível de dificuldade de interação com o *Grasshopper*, desenvolvido a partir de um questionário aplicado aos alunos participantes dos *workshops*. Muito fácil (3 alunos), fácil (7 alunos), moderado (16 alunos), complexo (14 alunos) e muito complexo (2 alunos).



Fonte: os autores (2019).

Conforme a avaliação dos alunos, 38,1% consideraram “moderada” sua interação com o *Grasshopper*. Isso pode ser justificado pelo fato de ter sido utilizado um ambiente de modelagem paramétrica visual, onde não era



necessário conhecimento de programação com códigos escritos, e, ainda assim, os participantes puderam criar e manipular as definições por meio de componentes visuais como visto na figura 1. Além disso, alguns ícones podem ser encontrados intuitivamente e sua visualização é passível de ajustes, possibilitando a alteração entre o desenho gráfico representativo ou o próprio nome do componente (Figuras 4 e 5).

Quanto às atividades propostas, os alunos acharam mais fácil criar o código de programação para criação dos elementos geométricos paramétricos do que apenas a manipulação da gramática da forma que apresentava as definições prontas. Este resultado revela que a implementação da programação desenvolvida pelos alunos do início ao fim permite a compreensão da lógica subjacente sendo construída. Ou seja, fornecer a definição já pronta para se chegar a um resultado final de cobogós dificultou o entendimento do processo como um todo, fazendo com que os alunos apenas manipulassem os parâmetros, na maioria dos casos, de forma inconsciente e automática.

Já em relação à Gramática da Forma, foi perceptível nas aulas expositivas e no primeiro contato da turma com este conteúdo, que os alunos tinham dificuldade para entender o funcionamento da lógica deste sistema generativo. Porém, quando a gramática foi abordada de forma paramétrica, 81% dos alunos (34) disseram ter compreendido melhor.

Segundo as respostas dos questionários, 90,5% dos participantes (38) afirmaram ter entendido as potencialidades da abordagem projetual do projeto paramétrico. No entanto, menos de 50% da turma disse que usaria o design paramétrico como método projetual. Um provável motivo do desinteresse em utilizar essa abordagem novamente em outras oportunidades, pode ser devido à complexidade do ambiente de modelagem paramétrico visual e poucas oportunidades para utilização de diferentes abordagens projetuais no curso de Arquitetura e Urbanismo da instituição.

Vale ressaltar que os participantes reiteraram que é primordial o conhecimento das abordagens de projeto apresentadas (parametrização e projeto baseado em regras) no workshop para que a atividade pudesse ser melhor desenvolvida. Ademais, disseram que o conhecimento prévio de desenho geométrico facilitou a compreensão da lógica da implementação paramétrica. 92,9% dos alunos (39) disseram que a compreensão de geometria (construção de polígonos, suas propriedades formais e seus elementos constitutivos) foi indispensável e permitiu maior fluidez na assimilação de como desenvolverem a implementação dos objetos no *Grasshopper*.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento foi guiado pela crítica ao ensino tradicional de disciplinas que envolvem os saberes da Geometria Gráfica e a necessidade de



introduzir uma mudança de paradigma (imposta pelo avanço das tecnologias digitais) na prática projetual. Partiu-se do pressuposto de que esses conhecimentos são fundamentais para a compreensão e manipulação de formas de grande complexidade, usando ferramentas contemporâneas.

No entanto, devido ao caráter introdutório da modelagem paramétrica e da Gramática da Forma, foram realizados exercícios mais simplificados com os estudantes. Porém, é possível afirmar que o percurso teórico e metodológico empregado obteve êxito por permitir aos participantes das oficinas compreenderem as possibilidades e as potencialidades dessas ferramentas de projeto.

Em meio as considerações já apontadas na avaliação dos resultados, destaca-se a importância do experimento realizado visando a atualização do conteúdo ministrado em disciplinas de geometria, sobretudo no que tange à introdução de diferentes abordagens de projeto, como o design paramétrico e o projeto baseado em regras, por exemplo. Esta experiência comprovou a urgência de se propor novas metodologias no ensino da geometria gráfica que integrem as tecnologias digitais, fomentando uma associação do conhecimento tradicional com a apropriação consciente dos recursos tecnológicos atuais.

Mediante as respostas dos alunos observou-se a importância de oferecer ferramentas que lhes permitam explorar de modo sistemático e objetivo (possibilitado pelo uso da Gramática da Forma e da modelagem paramétrica), grandes quantidades de alternativas de resultados de maneira dinâmica e automatizada.

Dessa forma, com a finalidade de contribuir na inserção de novas metodologias projetuais no ensino de disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo, pretende-se desdobrar o método aplicado neste experimento, para outros conteúdos de disciplinas de Geometria Gráfica. Assim, seria possível empregar recursos paramétricos para o desenvolvimento de escadas, rampas e coberturas proporcionando mais tempo de assimilação do conhecimento do tema estudado e das ferramentas digitais, além de aplicá-los em problemas projetuais de maior complexidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M.; DUARTE, J.; CHAPARRO, B. Thonet Chair Design Grammar: A Step towards the Mass Customization of Furniture. *In: CAAD FUTURES, Proceedings: Designing Together*. Liège, 2011. p. 181-200.

BEIRÃO, J. N. **CityMaker: Designing Grammars for Urban Design**. *Architecture and the Built Environment*, n. 5, 2012. Delft: BK Books.

BRAIDA, Frederico *et al.* (Orgs.). **101 conceitos de arquitetura e urbanismo na era digital**. São Paulo: ProBooks, 2016.





- COSTA E. C.; DUARTE J. P. **Generic Shape Grammars for Mass Customization of Ceramic Tableware**. In: GERO, J; HANNA, S. (EDS) *DESIGN COMPUTING AND COGNITION*. v.14, 2015.
- CELANI, G.; CYPRIANO, D.; GODOY, G.; VAZ, C. E. A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. **Conexão – Comunicação e Cultura**. v. 5, p. 180-197, 2006. Caxias do Sul.
- COLIN, S. As estruturas. **Revista AU**. Editora PINI: n. 181, Abril 2009, p.81.
- DAVID, Stan. **Future Perfect**. Harlow: Addison-Wesley Pub Co, 1996.
- DUARTE, J. P. **Personalizar a habitação em série: Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza**. 2007. Lisboa: Ed. Fundação Calouste Gulbenkian.
- DUARTE, J. P.; BEIRÃO, J. N. Towards a methodology for flexible urban design: designing with urban patterns and shape grammars. **Environment and Planning B: planning and design**, v. 38, n. 5, p. 879-902, 2012.
- FISHER, T.; HERR, C. M. Teaching generative design. 2001. **Proceedings of the 4th International Generative Art Conference**. Milan: Ed. SODDU.
- FLORIO, W. Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v. 6, n. 2, p.43-66, 2011.
- KAPLAN, A.; HAELEIN, M. Toward a parsimonious definition of traditional and electronic mass customization. In: **Journal of product innovation management** 23, vol. 2, 2006.
- KHABAZI, Z. **Generative Algorithms using Grasshopper**. Morphogenesis education, 2010.
- KNIGHT, T. Shape Grammars in education and practice: history and prospects, proceedings of **International Journal of Design Computing**, v. 2, 2000. Disponível em: <<http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/>>. Acesso em: 23 jul. 2012.
- KNIGHT, T. **The generation of Hepplewhite-style chai-back designs**. *Environment and Planning B*. v.7, p. 227-238, 1980.
- KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. Oxon: Taylor & Francis Group, 2003.
- MENDES, L. T. **Habitação coletiva contemporânea: inovações metodológicas e tecnologia da informação no processo de projeto**. Campinas, 2010. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.
- MENDES, L. T. **Personalização de habitação de interesse social no Brasil: o caso da implantação urbana em conjuntos habitacionais**. Campinas, 2014. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.





- MENDES, L. T. Gramática da forma: aplicações em habitação social, 2018. In: CELANI, G., SEDREZ, M. (Org.) **Arquitetura Contemporânea e Automação: Prática e reflexão**. ProBooks: São Paulo, pp. 41-54.
- MARTINO, J. A. **Algoritmos evolutivos como método para desenvolvimento de projetos de arquitetura**. Campinas, 2015. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2015.
- MICHELETTTO, Ingrid Barbara Pereira. **Ação-Reflexão-Ação: processo de formação continuada**. II SEPED Seminário de Pedagogia Infância: Múltiplos Olhares UENP, 2008.
- MITCHELL, W. J.; McCULLOUGH M. **Digital Design Media**. New York: Van Nostrand. Reinhold, 1995.
- MONEDERO, J. Parametric design - a review and some experiences. **Automation in Construction**, v. 9, n.4, p. 369-377, 2000.
- MOURA, Ana Clara M.. Aplicação do modelo de Polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência de escolas públicas: estudo de caso em Ouro Preto/MG. **Revista Brasileira de Estudos Regionais**, v. 3, p. 1-25, 2009.
- OXMAN, R. Theory and Design in the first digital age. **Design Studies**, v. 27, 2006. London: Elsevier.
- OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design Studies**, v. 29, p. 99-120, 2008. London: Elsevier.
- PAIO, A.; TURKIENICZ, B. A Grammar for Portuguese Historical Urban Design. **FUTURE CITIES [28th eCAADe Conference Proceedings / ISBN 978-0-9541183-9-6]** ETH Zurich (Switzerland) 15-18 September 2010, p.349-358.
- PALLASMA, J. **As Mãos Inteligentes: A sabedoria Existencial e Corporalizada na Arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- PEREIRA, N. S.; VAZ, C. V. **Parametrismo e Ensino de Geometria – As Superfícies de Felix Candela**. 2013. Disponível em: <<http://wright.ava.ufsc.br/~grupohipermidia/graphica2013/trabalhos/PARAMETRISMO%20E%20ENSINO%20DE%20GEOMETRIA%20AS%20SUPERFICIES%20DE%20FELIX%20CANDELA.pdf>>. Acesso em: jul. 2018.
- PINE, B. **Mass Customization – The New Frontier in Business Competition**. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 1993.
- PUPPO, R. T. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 1, p.1-19, 2008. ISSN 1980-6809.
- PUPPO, R. T. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura**. Campinas,





2009, 240p. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas.

PUPPO, R.; DUARTE, J.; CELANI, G. Introducing digital fabrication into the architectural curriculum: two similar experiences in different contexts.

Congresso ECAADE. Antwerpen, set. 2008.

SANTANA NETO, E. J.; SILVA, R. C. **Computação material: um estudo sobre a atualização geométrica de elementos vazados na arquitetura**. In: *SIGRADI – XX CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL*. Buenos Aires, p. 42-49, 2016. Disponível em:

<<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2016/479.pdf>>. Acesso em: ago. 2018.

SANTOS, L. F. B. S. **Sistemas Generativos de Projecto: Integração de Ferramentas Digitais no Projecto de Arquitectura**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitectura) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.

SCHÖN, D. **The reflective practitioner: how professionals think in action**. Nova York: Basic Books, 1983.

SCHÖN, D. **Formar professores como profissionais reflexivos**. In: NÓVOA, A. (Coord.). *Os Professores e a sua Formação*. 3. ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote. 1997.

SCHÖN, D. **Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed. 2000.

STINY, G.; GIPS, J. Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture, in C V Freiman (ed) **Proceedings of IFIP Congress 71** (Amsterdam: North-Holland), p. 1460- 1465, 1971. Republished in O R Petrocelli (ed), *The Best Computer Papers of 1971* (Philadelphia: Auerbach) p. 125-13.

STINY, G. **Introduction to shape grammars**. *Environmental and Planning B*. v.7, p. 343-351, 1980.

STINY, G.; MITCHELL, W. J. The grammar of paradise: on the generation of Mughul gardens. **Environmental and Planning B**. v.7, p. 209-226, 1980.

TERZIDIS, K. **Algorithmic Architecture**. Burlington: Elsevier, 2006.

TSENG, M.; JIAO, J. **Mass customization**. In: *Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operation Management*, 2001.

VAZ, C. E. V. **Um método de ensino de projeto baseado em precedentes – sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística**. 2011. Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Artigo recebido em 28/04/2021 e aceito em 08/06/2021





O desenho de arquitetura e sua evolução: estudo de casos na revista Acrópole

The design of architecture and its evolution: case study in the Acrópole magazine

Giovana Ramires

Mestre em Arquitetura
Doutoranda do Proarq/FAU-
UFRJ, Brasil
giovnamramires@gmail.com
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0003-1814-6596>

Maria Angela Dias

Doutora em Engenharia
Docente do Proarq/FAU-UFRJ,
Brasil
magedias@gmail.com
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0003-3969-8170>

RESUMO

O artigo em questão, tem como tema central o desenho como meio de expressão e comunicação do arquiteto e como objeto de estudo os desenhos de arquitetura no campo das revistas especializadas, especificamente da revista Acrópole. O objetivo deste artigo é ensaiar uma metodologia para análise dos desenhos de projeto para traçar uma evolução do desenho de arquitetura, ao longo de um período específico, e, assim, fundamentar, em uma etapa seguinte, por meio da pesquisa da tese de doutorado, a identificação de possíveis formas de representação gráfica do desenho de arquitetura no futuro. Para tanto, analisamos, por meio do preenchimento de quadros (método a ser exposto ao longo do artigo), desenhos selecionados da revista em 16 momentos, entre o ano de 1945 e o ano de 1971, para desse modo, termos condições de fazer uma comparação entre eles. Após a análise dos quadros e reflexão sobre os resultados obtidos, foi possível observar que a representação dos desenhos de arquitetura se modificou, com o passar dos anos.

Palavras-chave; desenho de arquitetura; representação gráfica; revista Acrópole.

ABSTRACT

The article in question, has as its central theme the drawing as a means of expression and communication of the architect and as an object of study the architectural drawings in the field of specialized magazines, specifically of the magazine Acrópole. The objective of this article is to test a methodology for analyzing the design drawings to trace an evolution of the architectural design, over a specific period, and, thus, to substantiate, in a next stage, through the research of the doctoral thesis, the identification of possible forms of graphical representation of architectural design in the future. For this purpose, we analyzed, by filling in tables (method to be exposed throughout the article), drawings selected from the magazine in 16 moments, between the year 1945 and the year 1971, so that we would have conditions to make a comparison between them. After analyzing the pictures and reflecting on the results obtained, it was possible to observe that the representation of architectural drawings has changed over the years.

Keywords: architectural design; graphic representation; Acrópole magazine.



1. INTRODUÇÃO

A pesquisa em questão faz parte de um estudo, mais abrangente, uma tese de doutorado em desenvolvimento, que abordará o tema da evolução do desenho de arquitetura ao longo dos tempos. Para esse momento nosso objetivo é ensaiar uma metodologia para análise dos desenhos de projeto para traçar uma evolução do desenho de arquitetura, ao longo de um período específico. Essa metodologia se estrutura por meio do preenchimento de quadros que contêm características específicas do desenho de arquitetura. Sendo assim, ao analisar cada desenho registramos se ele alcançou ou não atributos que os tornam mais claros, completos e compreensivos. Esperamos que essa avaliação do passado possa dar-nos meios para prospectar a representação gráfica dos desenhos de arquitetura no futuro, em vista do que já presenciamos hoje com o crescente avanço da computação gráfica. Por ainda não termos analisado um montante vasto de amostras de desenhos, optamos por eleger a revista Acrópole como fonte, por se tratar de uma publicação de grande repercussão e longa¹. Analisaremos diversos desenhos de projetos de arquitetura em vários momentos, entre o ano de 1945 e 1971. O recorte temporal se justifica pela data de fundação da FNA-UB (Faculdade Nacional de Arquitetura da Universidade do Brasil) que se tornou independente da ENBA (Escola Nacional de Belas Artes) em 1945, e a data limite por ser o último ano da publicação da revista. Apesar das amostras dos desenhos analisados serem apenas uma parcela do que ainda se espera alcançar, já foi possível perceber uma evolução nos desenhos se compararmos os primeiros com os últimos.

Em um primeiro momento introduzimos o tema do desenho de uma forma mais ampla para em seguida descrevermos o desenho de arquitetura especificamente.

Em seguida descrevemos o método utilizado a fim de testá-lo. O método se baseou na sistematização, através de quadros, e na análise por meio de estudos de caso (amostras de desenhos selecionados).

Após a descrição do método utilizado demonstramos a sua aplicação por meio dos quadros e seus resultados. Por fim, após refletir sobre o conteúdo analisado, foram tecidas algumas considerações finais.

2. O DESENHO COMO FORMA DE EXPRESSÃO

Antes de debruçarmos na descrição do desenho de arquitetura propriamente dito, abordarmos brevemente, já que é assunto conhecido, a origem do desenho como forma de expressão.

Quando surgiram os primeiros desenhos? Quem os executou? Em que circunstâncias eles foram feitos? São perguntas frequentes e ainda sem

¹ A revista teve sua primeira edição em maio de 1938 e sua última edição em novembro de 1971.





respostas precisas (pelo menos no momento), contudo, o que propomos é relatar fatos e descobertas sobre o assunto.

O que se sabe é que na pré-história, em torno de 40.000 a.c., o homem começou a registrar desenhos (definidos hoje como pinturas rupestres) nas rochas de cavernas. Claudia Garcia (2009) e José Barki (2003) relatam que desde o alvorecer, o homem desenha, seja como manifestação artística, reflexão intelectual advinda do olhar, ou apenas a execução de uma marca em função de um movimento de sua própria mão. O registro de imagens, de acordo com as evidências arqueológicas, aparecerem muito antes das primeiras construções (BARKI, 2003). Esses registros, com a intenção de imitar as coisas do mundo sensível bem como as primeiras manifestações artísticas, denotam uma relação da construção de uma consciência humana e de um desenvolvimento do pensamento (BARKI, 2003; GARCIA, 2009.; RODRIGUES, 2000). Continuando o raciocínio, podemos dizer que “[...] desenhar é uma manifestação de absoluta humanidade [...]” (RODRIGUES, 2000, p. 18), esta ação ativa funções cerebrais, tornando o ato de desenhar uma complexa construção do pensamento, que permite o indivíduo criar ou apenas perceber as coisas ao seu redor (RODRIGUES, 2000).

Mas o que define o desenho? Ou melhor: Por que se desenha? Antes de respondermos essas perguntas primeiramente julgamos necessário conceituarmos o significado etimológico da palavra **desenho**. De acordo com Ana Leonor Rodrigues (2000), “[...] desenho é um substantivo que radica na palavra latina *desginu* e que se refere a um registro gráfico inscrito sobre um suporte bidimensional.” (Idem, p. 17). Vilanova Artigas (1967) relata que na língua portuguesa a palavra aparece no final do século XVI em carta régia escrita por Dom João III destinada aos patriotas que lutavam contra a invasão dos holandeses no Recife. A carta contém o seguinte trecho: ‘Para que haja forças bastantes no mar, com que impedir os desenhos do inimigo, tenho resoluto...’. Sendo assim, dentro desse contexto, desenho significa: desígnio; intenção (Idem). Lucio Costa (1940) ao escrever sobre o desenho diz: “O rabisco não é nada, o **risco** – o traço – é tudo. O risco tem **carga**, é desenho com determinada intenção – é o “design”. É por isto que os antigos empregavam a palavra **risco** no sentido de ‘projeto’[...]” (COSTA, 1940, p. 1). Rodrigues (2000) relata em seu texto que o desenho é um instrumento que se relaciona diretamente com o momento da concepção de todas as artes plásticas como ferramenta de projeto, ou seja, desenho é desígnio, plano, intenção, destino. Complementando os dizeres de Costa (1940) podemos mencionar que

Fazer riscos sobre uma superfície, sem nenhuma intenção (por acaso), é simplesmente deixar marcas, marcas no sentido de vestígio - como um pé pode deixar uma pesada num terreno macio e, mesmo sem que tenha havido da parte de quem deixou a pegada a intenção de ‘dizer’ <<passei por aqui>>, esta tem contida uma quantidade razoável de informação, incluindo a de ter por ali passado essa pessoa – [...].





Tais vestígios [...], em princípio, tão espontâneos como fazer sons com a voz. Estes 'riscos' estão para o desenhar como o balbuciar da voz está para o falar. (RODRIGUES, 2000, p. 91)

A autora segue seu raciocínio dizendo que quando estes riscos começam a ter um indício de organização, o que antes era apenas um vestígio começa a possuir uma intenção lúdica ou de composição.

Respondendo a primeira pergunta feita anteriormente – O que define o desenho? – simplificando podemos dizer que desenhar é um gesto que implica, de um modo geral, registrar formas em um plano. Indo mais a fundo na questão, ao analisar a presença do desenho em nossas vidas, vemos que ele é uma manifestação natural que nos acompanha desde os primeiros anos da infância. Uma criança desenha antes mesmo de falar e assim começa a utilizar o desenho como uma maneira de expressão (GARCIA, 2009; RODRIGUES, 2000). De um modo geral todos os indivíduos são capazes de desenhar (BARKI, 2003; RODRIGUES, 2000), em suma, “o desenho é uma atividade tão espontânea, que é completamente, e por definição, universal” (RODRIGUES, 2000, p. 92). “Embora se tenha tornado, por vezes, uma técnica e um processo extremamente complexo, o desenho nunca perdeu um lado imediatista e espontâneo que permite ao seu autor manifestar diretamente sentimentos ou impressões que dispensam a complexidade e o virtuosismo vocabulares [...]” (Idem, p. 87).

Em relação a segunda pergunta – porque se desenha? - o que imediatamente vem à mente é: se desenha com a intenção de se expressar e comunicar.

Desenhar é uma maneira de exprimir e comunicar ideias, intenções, sentimentos, é uma ação cujo resultado produz um objeto comunicante. Porém, no âmbito dos modos sistematizados de transmitir mensagens, o desenho tem características particulares, que o afastam dos sistemas codificados e aproximam da liberdade compositória das linguagens artísticas. [...]

Um desenho, constituído por marcas que são o vestígio do movimento do gesto do corpo, através da mão, [...] tem uma relação de produção direta com quem faz: “é um modo de tornar extrínseca uma imagem subjetiva”; é, ainda, uma arte indissociável da pintura, da escultura da arquitetura, do *design* e de grande parte de outras artes e tecnologias. (RODRIGUES, 2000, p. 23).

Garcia (2009) também partilha dessa visão e diz:

[...] o desenho possui um significado amplo e geral e inúmeras áreas do conhecimento, pois além de meio de representação e comunicação de ideias é também um meio de expressão artística que tem possibilitado um caminho de transformação e conhecimento para o homem desde os primórdios de nossa existência. [...]

A ação de desenhar, para o homem, significa um caminho de realização, de tornar real e presente uma ideia. (GARCIA, 2009, p. 24)



De acordo com Rodrigues (2000), ao desenhar, o ser humano tem a possibilidade de se expressar de duas formas. A primeira é de ‘fora pra dentro’, associando-se a uma atitude analítica, de investigação da realidade, despertando seu lado cognitivo e intelectual; e a outra maneira que é de dentro pra fora despertando um lado mais criativo e artístico que tem como finalidade exaltar a própria existência através de suas intenções estéticas.

O ato de desenhar está intimamente ligado ao sentido da visão. Ao olhar, percebo algo, e com isso são desencadeados processos como: o potencial de identificar vestígios de outro semelhante; perceber que entre o vestígio ser feito e a sua identificação passou um tempo; perceber que é possível deixar uma marca para que outro a encontre e por fim entender que vestígios e marcas podem ser imitados (RODRIGUES, 2000). Diante disso, chegamos à conclusão que sem a percepção visual não há possibilidade de representação material e que ela talvez seja a primordial atividade mental a motivar a interação do homem com seu entorno. Rudolf Arnheim (2005, p. 39) comenta que

a percepção realiza ao nível sensório o que no domínio do raciocínio se conhece como entendimento. O ato de ver de todo homem antecipa de um modo modesto a capacidade, tão admirada no artista, de produzir padrões que validamente interpretam a experiência por meio da forma organizada. O ver é compreender.

Ao interpretar os escritos de Arnheim (2005), Barki (2003) descreve que parte da premissa de ver algo provoca uma apreensão e determinação de um conjunto de relações no contexto de uma totalidade. Ou seja, não se percebe um objeto isolado e sim em um ‘campo’ estruturalmente organizado, a experiência visual é dinâmica e o ato de ver é um juízo visual de relações espaciais. Perrone (1993) em sua tese também se debruça a explorar o assunto da percepção. De acordo com o autor “perceber o mundo ao redor implica em buscar orientações, em identificar que uma certa coisa está posicionada em certo lugar cumprindo determinada tarefa[...]” (Idem, p. 4).

Para desenhar é preciso perceber, e para perceber é preciso olhar. É a partir do olhar que o processo que culmina no ato de desenhar é realizado. Para Barki (2003, p. 32) “o desenho poderia também ser abordado como resultado de um aparente ‘curto-circuito’ na sofisticada conexão, exclusivamente humana, do olho com a mão”. Rodrigues (2000) também partilha dessa afirmação ao escrever que a primeira interação do olhar e do gesto, associada à necessidade de comunicar e inventar, é primordial para compreender como o desenho é tão intimamente relacionado com o ser humano.

Mais do que olhar, é necessário ver para desenhar. Mas qual a diferença entre o olhar e o ver? Segundo Arnheim (2005), ver significa compreender algumas características que se destacam dos objetos. Indo na mesma direção de Arnheim (2005), Perrone (1993) diz que “percebe-se com o olhar, ordena-se com a visão, constrói-se com o desenho. O olhar dirige-se às





coisas, a visão interpreta objetos, o desenho qualifica a interpretação e a representa, e mais, constrói-se e imagina novas formas de ver objetos” PERRONE, 1993, p. 5).

Distingue-se, assim, um “olhar (ver por ver) de um “ver” (ver depois de olhar). O estabelecimento dessa “visão” é, na maior parte das vezes, “descoberto” através de desenhos, de imagens elaboradas para representar e comunicar a compreensão estabelecida pelo ato visual. O “ver” formado de informações elaboradas torna-se um modo de mostrar o que foi visto, um “ver” para os outros, significativo coletivamente. (Idem, p. 6).

Por tudo que foi dito sobre o desenho, da sua capacidade de comunicar algo, de ser uma ferramenta de expressão artística e pela qual se planeja algo, ele se apresenta como “um instrumento hábil, muito simples e com muitas propriedades para exploração do ambiente, para o reconhecimento de padrões, para a interpretação e criação de significados [...]”(PERRONE, 1993, p. 14). Em resumo, o desenho por possuir características bem abrangentes, permite ser usado para os mais variados fins e um deles é o desenho de arquitetura que será nosso assunto no item a seguir.

3. O DESENHO DE ARQUITETURA

Segundo Rodrigues (2000), os desenhos de arquitetura podem ser definidos como sendo todos os registros que fazem parte do processo de concepção de arquitetura, e, embora o Desenho, no seu sentido mais amplo, seja um modo artístico de expressão, o Desenho de arquitetura faz uso de códigos e sistematizações que denota um caráter científico. A autora ainda comenta que o desenho de arquitetura, que em sua fase inicial do projeto, mais do que representar, apresenta as ideias iniciais do autor, vai se transformando num pensar graficamente postulado, definindo símbolos presente no desenvolvimento do pensamento arquitetônico. Rodrigues (2000, p. 13) reitera a afirmação acima ao dizer que

Ao realizar os diversos desenhos que participarão no construir da futura obra arquitetônica, o seu autor ordena, desordena, e reordena, a medida do que sente e entende necessário, independentemente de quaisquer hierarquizações. Existe, no entanto, um percurso, não rígido, nos desenhos de arquitetura, que tende a começar por uma atividade mais livre e poética, e a caminhar para uma cada vez maior sistematização e clarificação no sentido de códigos gráficos objetivamente interpretáveis, e deste modo para um caminho das variedades para as variantes.

Perrone (1993, p.27 e 28), ao caracterizar o desenho de arquitetura escreve

através dele, possam ser estudados os edifícios, desenvolvidos projetos e executados planos. Em todos os sentidos, do utilitário ao icônico, a finalidade principal deve ser a de que a arquitetura possa ser conhecida e desenvolvida. O desenho de arquitetura deve permitir que as novas e antigas concepções possam ser analisadas



e utilizadas. O objeto final do desenho de representação da arquitetura deve ser, em primeira instância, a própria arquitetura.

Dentro desse amplo universo, que se inicia com os primeiros traços de ideação do projeto e que finaliza com os desenhos que serão utilizados para a perfeita exequibilidade do edifício, encontramos algumas classificações ou tipos de desenhos de arquitetura e dentre eles está o que vamos analisar através das amostras.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa em questão utilizará uma metodologia qualitativa teórico-prática, baseada na sistematização de um método analítico das amostras de desenhos selecionados. O estudo de casos nos dará a possibilidade de ver a evolução dos desenhos de arquitetura ao longo de um período pré-determinado. O que se pretende ao aplicar o método é a demonstração da evolução da representação gráfica da arquitetura com o passar dos anos.

4.1. Delimitação das amostras que compõem os estudos de caso

Optamos por elencar a revista Acrópole, como fonte das amostras, por se tratar de uma revista de grande repercussão e influência dentro do campo da arquitetura e por ser uma publicação que teve sua última edição mais tardia, se comparada à outras revistas² da época, como a Módulo e a Habitat. Nesse momento é interessante pontuar qual o tipo de desenho de arquitetura que iremos analisar através das amostras. Para termos um melhor entendimento dos diferentes tipos de desenho e em qual categoria as nossas amostras analisadas se encaixam, propomos apresentá-los sinteticamente, em forma de quadro (Quadro 1). Partimos inicialmente de um quadro já executado por Ana Paula Araujo (2012) e a este acrescentamos algumas informações que julgamos necessárias. Tomamos a liberdade de acrescentar informações ao quadro de Araujo (2012) não por achá-lo incompleto, muito pelo contrário, mas por concluir que não poderíamos deixar de fora o autor Rafael Perrone (1993), que por várias vezes foi citado durante a pesquisa e também por julgar necessário a inclusão da NBR (6492) de 1994 que será utilizada para nortear a análise dos desenhos. Perrone (1993) faz uma divisão inicial do desenho de arquitetura o classificando como: 1) Desenho de arquitetura de caráter representativo/sugestivo, com a finalidade de apresentação do ideário, de proposição de um projeto; 2) Desenho de arquitetura de caráter descritivo, com a finalidade de indicação das operações, dimensões, etc., para a execução da obra. As subcategorias advindas dessa primeira classificação de Perrone (1993), é minuciosa e extensa³.

² As revistas tiveram seu último exemplar publicado de acordo com os anos a seguir: Acrópole - 1971, Módulo - 1965, Habitat - 1965.

³ Ressaltamos que pela complexidade da classificação feita por Perrone (op. cit.) utilizaremos no quadro somente os tipos de desenhos que se relacionam com as categorias feitas pelos outros autores. Entretanto utilizaremos esse espaço para descrever integralmente a sua tipologia do desenho: **A)**





Ao analisarmos as amostras dos desenhos percebemos que elas, de acordo com Perrone (1993), se encaixam na categoria “desenho de apresentação”. Chegamos a essa conclusão ao identificar que os desenhos apresentados na revista, apesar de possuírem um caráter técnico, não possuem um nível de informação ou detalhamento que os “desenhos executivos” costumam ter. Ao observarmos o Quadro 1, na célula de maior destaque (cinza escuro com letras em branco) vemos a definição do “desenho de apresentação” feita por Perrone (1993).

DESENHOS SUGESTIVOS/REPRESENTATIVOS. A.1) DESENHOS DE ESTUDO GNOSEOLÓGICO/METODOLÓGICO. A.1.1) Desenhos de estudo ou croquis. A.1.2) Desenhos ou diagramas. A.2) DESENHOS DE FINALIDADE COMUNICATIVA. A.2.1) Desenhos de apresentação. A.2.2) Desenhos de memoriais ou explicativos. A.2.3) Desenhos para vendas. A.3) DESENHOS DE FINALIDADE COGNITIVA. A.3.1) Desenhos de documentação e reconstituição. A.3.2) Desenhos de tratados. A.4) DESENHOS DE FINALIDADE PROSPECTIVA. A.4.1) Desenhos fantásticos ou visionários. **B) DESENHOS DESCRITIVOS/OPERATIVOS.** B.1) DESENHO PARA OBRAS. B.1.1) Desenho de execução. B.1.2) Desenho de detalhes. B.2) DESENHO DE INSTRUMENTAÇÃO. B.2.1) Desenhos de componentes. B.2.2) Desenhos de manuais.



Figura 1: Quadro 1 ⁴– Tipos de desenhos

LÚCIO COSTA (1940)	PERRONE (1993)	NBR 6492 (1994)	DURRAND (2003)	VELOSO (2008)	FARRELY (2008)
(1) desenho de observação : para desenvolver o hábito da observação, o espírito de análise e o gosto pela precisão.	(1) Desenho de estudos ou croquis : Desenhos de estudos na sua maioria caracterizados como obras dos autores dos projetos, sua finalidade é a de verificar a validade de um determinado partido arquitetônico.		(1) visualização dos dados iniciais do projeto	(1) representações de concepção : esboços e desenhos de raciocínio, de expressão de produção do conhecimento, de reflexão da ideia e que permitiriam perceber os desenvolvimentos conceituais.	(1) desenhos de estudo : referem-se especificamente aos da etapa de estudo de viabilidade e são compostos por implantação, plantas, vistas, seções mais relevantes.
(2) desenho de criação : estimular o sentimento, a imaginação.			(2) primeiras representações do projeto para auxiliar a reflexão nas operações de concepção.		
(3) desenho técnico : estimular a inteligência na concepção do que se pretendesse construir	(2) Desenhos de apresentação: são executados para expor um projeto, para mostrar sua concepção. São evidenciadas as características principais do projeto através de plantas, cortes, elevações, perspectivas e desenhos de fachadas, a fim de apresentar os aspectos mais significativos da obra para seu público, sejam eles leigos, clientes ou empreendedores.	(1) Estudo preliminar : estudo da viabilidade de um programa e do partido arquitetônico a ser adotado para sua apreciação e aprovação pelo cliente. Documentos típicos: planta de situação, plantas baixas, cortes, fachadas e memorial descritivo. (2) Anteprojeto : Definição do partido arquitetônico e dos elementos construtivos, considerando os projetos complementares (estrutura, instalações, etc.). Nesta etapa, o projeto deve receber aprovação final do cliente e dos órgãos oficiais envolvidos e possibilitar a contratação da obra. Os documentos típicos são: planta de situação, plantas baixas, cortes, fachadas, memorial justificativo, discriminação técnica.	(3) definição da forma e aprofundamento	(2) representações de descrição : incluindo-se aquelas mais herméticas e menos legíveis para um público leigo, como os cortes, plantas, e elevações cotadas, formas que são geralmente utilizadas para a aprovação em órgãos públicos e para a execução no canteiro e que, por estas razões, são consideradas mais informativas do projeto.	(2) desenhos de trabalho : utilizados em etapas subsequentes do processo de projeto. São especificamente os desenhos para construção e são concebidos após o projeto ser definido.
	(3) Desenhos de execução : é o conjunto de elementos gráficos que tem a finalidade de indicar as operações construtivas, através de uma codificação precisa. São compostos por desenhos que permitam o claro entendimento da obra a ser construída.	(3) Projeto executivo : Apresenta, de forma clara e organizada, todas as informações necessárias à execução da obra e todos os serviços inerentes. Os documentos típicos são: planta de locação, plantas baixas, cortes, fachadas, detalhamento, discriminação técnica, especificações.			(3) desenhos especializados : contêm as informações necessárias para a fabricação de elementos particulares ou sistemas específicos como, por exemplo, os estruturais, de instalações.
	(4) Desenhos de detalhes : compõem-se dos registros visuais destinados à compreensão dos pormenores do projeto.				
	(5) Desenho para vendas : buscam transformar a obra arquitetônica num conjunto de valores identificáveis com um determinado público alvo. Destinam-se a leitura de leigos. Geralmente constam de um conjunto de plantas ilustradas com as peças e o mobiliário interno.		(4) comunicação aos interlocutores	(3) representações de comunicação : plantas baixas coloridas e ambientadas, cortes perspectivados, maquetes, ou mesmo perspectivas, que são muito mais comprometidos em comunicar ao interlocutor a utilização e ambiência que se esperam para os ambientes trabalhados. Estas peças gráficas, em geral, são as que mais agradam ao público leigo, talvez por serem mais retóricas.	(4) desenhos de apresentação : elaborados para apresentar aos clientes devendo ser persuasivos e apresentar os pontos fortes e aspectos mais convincentes do projeto. Segundo a autora, estes desenhos devem causar impacto, ser acessíveis, fáceis de compreender e capazes de comunicar com clareza o projeto.

⁴ As células destacadas em cinza foram os itens acrescentados pelas autoras. As outras células sem destaque, pertencem ao Quadro realizado pela Ana Paula Araujo (2012, p. 54).



Fonte: Araujo (2012, p. 54); Perrone (1993, p. 28-33); NBR 6492 (1994)

Procuramos elencar uma amostra por ano, e o nosso critério de seleção foram: 1) a amostra deveria ter pelo menos uma planta e uma perspectiva; 2) selecionaremos sempre a primeira amostra de cada ano que se encaixa no critério 1; 3) descartaríamos projetos que tivessem um objetivo de venda do imóvel, por considerar que esses desenhos possuem características particulares. Sendo assim, tiveram anos, dentro do período do recorte temporal (1945 a 1971), que não foi possível analisar nenhuma amostra por não cumprirem os critérios destacados anteriormente. Na busca de amostras com a mesma função arquitetônica, optamos por analisar desenhos de projetos de habitação multifamiliar que são frequentes na revista.

4.2. O método de análise dos desenhos de arquitetura dos projetos selecionados

Primeiramente é necessário esclarecer que nosso objeto de estudo se configura somente pelo desenho de arquitetura⁵. Não farão parte de nossa análise textos que por ventura acompanhem as representações gráficas como: memorial descritivo ou textos explicativos que buscam complementar os desenhos.

Mais adiante poderemos verificar a sistematização das categorias e atributos, por meio de quadros, que compõem a avaliação dos desenhos de arquitetura. Os atributos que nos baseamos para analisar os desenhos foram retirados da tese da Ana Paula Araujo (2012) e foram selecionados os que julgamos mais importantes e de fácil aplicabilidade dentro do método utilizado. Os atributos elencados são:

O atributo **clareza**, segundo Araujo (2012, p. 62), “depende de como se arranjam e expõem as informações que se desejam expressar do projeto, podendo-se representar diversas informações em poucos desenhos ou separando-os”. De um modo geral, podemos saber se o desenho possui o atributo clareza se ao observá-lo temos uma compreensão facilitada do projeto.

O atributo **legibilidade**, se relaciona ao que se consegue ler (ARAULJO, 2012). Ou seja, os elementos dos desenhos devem ser identificados de uma forma clara para não serem confundidos, para tanto os elementos tipográficos, devem apresentar peso, tamanho e forma, que possibilite a identificação das letras, e os elementos gráficos devem apresentar de forma

⁵ Esses desenhos se encaixam na categoria da “expressão-representação do tipo TÉCNICA, que se aproxima do tipo “desenho técnico” (COSTA, 1940). Consiste na descrição do projeto contendo as informações necessárias à identificação e descrição dos elementos.





satisfatória a hierarquia dos traços, bem como seus diferentes tipos (ARAUJO, 2012).

O atributo **completude**, “diz respeito diretamente à quantidade de informação necessária para a compreensão do projeto segundo o grau de detalhamento predefinido [...]” (ARAUJO, 2012, p. 64).

O método analítico se baseia no preenchimento de quadros de acordo com os atributos pontuados acima e outras características que as amostras dos desenhos apresentam ou não. O quadro 2, **Peças Gráficas do Projeto**, foi construído com base em Araujo (op. cit., p. 90 e 91) com modificações das autoras. O quadro 3, **Características Gerais**, foi idealizado pelas autoras. Os quadros 4 e 5, **Legibilidade** e **Completude**, foram idealizados pelas autoras tendo como guia a NBR 6492 (1994). A utilização da norma nesses dois quadros não teve o intuito da aplicação da mesma na análise dos desenhos, e sim servir como um norte para a construção do sistema de análise. O quadro 6, **Perspectiva**, foi idealizado com base em Araujo (op. cit., p. 97) com modificação das autoras.

Figura 2: Quadro 2

Peças gráficas do projeto		
Quant.	Item	Observação:
()	SITUAÇÃO/LOCAÇÃO/IMPLANTAÇÃO	(quais foram utilizados)
()	PLANTA(S)-BAIXA(S)	(descrever se o conjunto está completo ou não)
()	COBERTURA(S)	
()	CORTE(S)	(observar se há pelo menos o longitudinal e o transversal)
()	FACHADA(S)	(observar quais fachadas)
()	PERSPECTIVAS	
()	DETALHES	(observar qual finalidade)

Fonte: com base em Araujo (op. cit., p. 90 e 91) com modificações das autoras.

Figura 3: Quadro 3

Características Gerais		
Insatisfatório/Satisfatório	Descrição	Observações
()	Ferramentas Manuais ou Digitais	
()	Clareza	

Fonte: das autoras

Figura 4: Quadro 4⁶

Legibilidade		
Satisfatório/Insatisfatório	Descrição	Observação
()	Adequação escala/dimensão projeto/nível de detalhamento	
()	Precisão do traço	
()	Hierarquia do traço	
()	Tipos de traços	
()	Tipografia	
()	Resolução dos arquivos digitais	

Fonte: das autoras com base na NBR 6492 (1994)

Figura 5: Quadro 5⁷

Compleitude		
Satisfatório/Insatisfatório	Item	Observações
()	Elementos tipográficos	
()	Simbologia	
()	Elementos estruturais	
()	Cotas	
()	Fechamentos externos e internos	
()	Circulações verticais e horizontais	
()	Arruamento e logradouro adjacentes	
()	Detalhes/ampliações	
()	Representação de áreas molhadas e seus equipamentos (louças, sanitários, etc.)	
()	Representação do layout nos cômodos	

Fonte: das autoras com base na NBR 6492 (1994)

⁶ O quadro 4 foi elaborado utilizando a norma NBR 6492 como guia, sendo assim, priorizamos os itens que julgamos necessários para que a análise fosse eficiente e ao mesmo tempo de fácil aplicação.

⁷ O quadro 5 foi elaborado utilizando a norma NBR 6492 como guia, sendo assim, priorizamos os itens que julgamos necessários para que a análise fosse eficiente e ao mesmo tempo de fácil aplicação.



Figura 6: Quadro 6

Perspectivas		
Sim/Não	Descrição	Observações
()	Analógica e/ou Digital	
()	Axonométrica e/ou Cônica	
()	Observador (Usuário, Aérea)	
()	Ponto de Vista (do Exterior, do Interior)	
()	Acabamento (Fotorrealístico ou Não Fotorrealístico)	
()	Conteúdo (Todo ou Partes)	
()	Fácil identificação/valorização do objeto projetado	
()	Representação de luz e sombra	
()	Representação de materiais de acabamento	
()	Relação do projeto com o entorno	
()	Presença de figura humana	
()	Representação de paisagismo ou vegetação	

Fonte: com base em Araujo (op. cit., p. 97) com modificação das autoras.

Na procura de testar a aplicação dos quadros acima, analisamos 16 amostras⁸ de exemplares da revista publicados entre 1945 (data inicial do recorte temporal) e 1969 (data mais recente da revista aonde foi possível selecionar uma amostra que se encaixou dentro dos critérios já destacados), para termos meios de comparação da evolução dos desenhos selecionados. Sendo assim, seguindo a nossa proposta metodológica, elencamos 16 projetos

- ⁸ **Amostra 1:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/81>. Acesso em: 8/03/2021. Fonte: Revista Acrópole, n. 81, São Paulo, p. 288, jan. 1945.
- Amostra 2:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/94>. Acesso em: 7/04/2021. Fonte: Revista Acrópole, n. 94, São Paulo, p. 268, fev. 1946.
- Amostra 3:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/108>. Acesso em: 7/04/2021. Fonte: Revista Acrópole, n. 108, São Paulo, p. 316, abr. 1947.
- Amostra 4:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/117>. Acesso em: 7/04/2021. Fonte: Revista Acrópole, n. 117, São Paulo, p. 233, jan. 1948.
- Amostra 5:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/157>. Acesso em: 7/04/2021. Fonte: Revista Acrópole, n. 157, São Paulo, p. 14, mai. 1951.
- Amostra 6:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/170>. Acesso em: 7/04/2021. Fonte: Revista Acrópole, n. 170, São Paulo, p. 59, jun. 1952.
- Amostra 7:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/177>. Acesso em: 8/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 177, São Paulo, p.318, jan. 1953.
- Amostra 8:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/194>. Acesso em: 8/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 194, São Paulo, p. 94, nov.1954.
- Amostra 9:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/196>. Acesso em: 8/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 196, São Paulo, p.172, jan. 1955.
- Amostra 10:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/212>. Acesso em: 8/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 212, São Paulo, p. 305, mai. 1956.
- Amostra 11:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/223>. Acesso em: 8/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 223, São Paulo, p. 247, mai. 1957.
- Amostra 12:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/231>. Acesso em: 8/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 231, São Paulo, p. 92, jan. 1958.
- Amostra 13:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/255>. Acesso em: 9/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 255, São Paulo, p. 98, jan. 1960.
- Amostra 14:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/291>. Acesso em: 9/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 291, São Paulo, p. 90, fev. 1963.
- Amostra 15:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/310>. Acesso em: 9/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 310, São Paulo, p. 40, set. 1964.
- Amostra 16:** <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/367>. Acesso em: 9/04/2021. Fonte: Revista Acrópole n. 367, São Paulo, p. 29, nov. 1969.





de habitação multifamiliar e tivemos a oportunidade de testar a metodologia formulada por meio dos quadros criados.

5. RESULTADOS

Após avaliarmos as 16 amostras, preenchendo os atributos e características contidos nos 5 quadros elaborados com a intenção de demonstrar a evolução do desenho de arquitetura com o passar dos anos, observamos algumas características que se seguem.

Em relação ao quadro das **Pecas Gráficas** do projeto, ou seja, do número de desenhos apresentados de cada amostra, verificamos um crescente na quantidade de desenhos apresentados. Iniciamos com uma amostra de 1945 contendo 1 planta e 1 perspectiva e finalizamos com uma amostra de 1969 que possuía 3 plantas, 2 cortes, 2 fachadas e 2 perspectivas. Apesar de claramente, o número de desenhos ter crescido ao longo do tempo, pontuamos um ano que apresentou uma queda nesse crescente, que foi a amostra de número 5, com 1 planta e 1 perspectiva. Sendo assim, podemos dizer que, a partir da amostra de número 2 (exceto a amostra de número 5 como dito anteriormente), as amostras apresentaram sempre mais de uma planta no seu conjunto. Uma maior variação nos tipos das peças gráficas também pôde ser verificada em algumas amostras, como na amostra de número 4 com, 2 plantas 1 corte, 1 fachada e 3 perspectivas; a amostra de número 6 com, 2 plantas 2 perspectivas e 1 planta de situação; a amostra de número 7 com, 3 plantas 2 fachadas e 1 perspectiva; a amostra de número 14, com 6 plantas 1 corte e 1 perspectiva; a amostra de número 15 com, 4 plantas 1 planta de locação e 1 perspectiva e a amostra de número 16 com, 3 plantas, 2 cortes, 2 fachadas e 2 perspectivas.

Observamos que o cumprimento do atributo **Clareza** (quadro **Características Gerais**) se relaciona com alguns itens pertencentes ao quadro do atributo **Legibilidade** e **Compleitude**. No geral, o atributo **Clareza** se mostrou satisfatório quando as amostras apresentaram uma escala adequada (no quadro **Legibilidade**). Em situações em que o atributo **Clareza** obteve a classificação de satisfatório mesmo não tendo uma escala adequada observamos que o desenho era de fácil compreensão em função do cumprimento de alguns itens ou da combinação de alguns deles como: 1) da natureza do projeto que se mostrou simétrico; 2) na representação do layout (quadro **Compleitude**); e 3) na representação da área molhada (quadro **Compleitude**). Outra constatação que se considera importante é que em todos os desenhos (exceto a amostra de número 4) que foram positivos nos itens precisão do traço e hierarquia do traço (ambos pertencentes ao quadro **Legibilidade**) alcançaram o atributo **Clareza**.

Em relação às perspectivas especificamente, observamos que nas primeiras amostras de número 1, 2 e 3, estas se mostraram mais autorais, com traços expressivos e uma utilização maior de sombreamentos. As outras





perspectivas, iniciando com a da amostra de 4 e finalizando com a da amostra de número 16, mesmo quando apresentavam uma maior expressão do traço ao desenhar a vegetação por exemplo, no geral, possuíam um traço preciso e sem muita expressividade em relação à sombra.

Assim, após avaliarmos os quadros, observarmos as representações de cada amostra e compararmos umas com as outras, podemos afirmar claramente que houve uma modificação e melhoria dos desenhos com o passar dos anos, o que indica, para a pesquisa que estamos desenvolvendo, que o método criado permite verificar a evolução dos padrões de representação dos projetos de arquitetura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise comparativa das amostras, ficou claro que as representações gráficas dos projetos de arquitetura se modificam com o tempo. Baseado nessa constatação, ou seja, a evolução da representação gráfica, arriscamos dizer que ela se fará também no futuro, mas não nas mesmas condições. Dizemos isso porque as transformações que foram observadas nas amostras aqui analisadas se deram principalmente com a melhoria da clareza dos desenhos, através do domínio crescente das técnicas de representação, e o aumento do número dos desenhos (conjunto de plantas, cortes e fachadas) para representar o projeto, tornando-os mais compreensíveis. Essas mudanças foram consideradas imprescindíveis pois possibilitaram uma grande melhoria na comunicabilidade dos desenhos, mas toda essa transformação se deu utilizando instrumentos já conhecidos desde a antiguidade, ou seja: esquadro, compasso, régua, papel, lápis e escala. Aqui cabe uma pergunta, se no passado já foi possível uma evolução considerável na representação gráfica fazendo uso de ferramentais tradicionais, como será o futuro do desenho de arquitetura com o advento da computação gráfica juntamente com a internet? Sabemos que hoje a produção de desenhos técnicos, seja para um cliente, concurso, ou como no caso desse artigo, leitores de revistas de arquitetura, são realizados digitalmente e essa realidade, se basearmos nos resultados obtidos nesse artigo, só tende a evoluir e a se transformar. Sendo assim, aonde chegaremos? Será que no futuro, ao representarmos nossos projetos ainda utilizaremos conceitos e ensinamentos que perduraram por milênios, do qual as amostras aqui analisadas foram realizadas, ou passaremos a nos apoiar cada vez mais em programas gráficos digitais? Arriscaríamos dizer que uma combinação dos dois cenários seria o mais provável, mas para termos uma posição mais concreta teremos que avançar na nossa pesquisa, e isso será assunto para um próximo trabalho.





7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. NBR 6.492:1994. **Representação de projetos de arquitetura**. Rio de Janeiro, 1994. 27p.

ARAUJO, Ana Paula Ribeiro. **O ensino de Expressão - Representação Gráfica e a Apresentação nos Trabalhos Finais de Graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo / Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

ARNHEIM, Rudolf. **Arte e Percepção Visual: Uma Psicologia da Visão Criadora**. 1ª edição, 1980. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

BARKI, José. **O Risco e a Invenção: um estudo sobre as notações gráficas de concepção no projeto**. Tese (Doutorado em Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

BOUTINET, Jean-Pierre. **Liminar: do conceito ao paradigma**. In: Antropologia do Projeto. Porto Alegre: Artmed, 2002.

COSTA, Lúcio. **O ensino do desenho. Programa para a reformulação do ensino de desenho no curso secundário, por solicitação do ministro Capanema**. Rio de Janeiro: IPHAN, 1940. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/portal/montarDetalheConteudo.do?id=12838&sigla=Institucional&retorno=detalheInstitucional>>

GARCIA, Claudia da Conceição. **Os desígnios da Arquitetura: sobre a qualificação estética do desenho**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MARTINEZ, Alfonso Corona. **Ensaio sobre o projeto**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000.

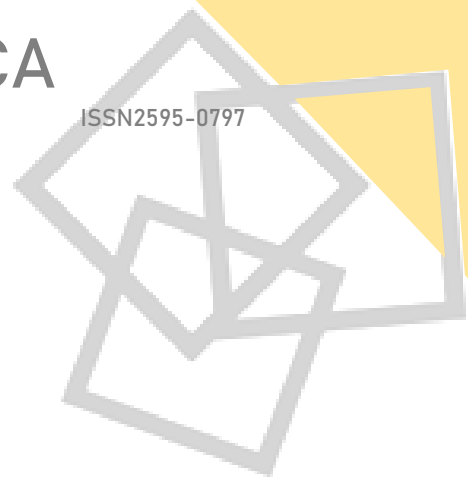
PERRONE, Rafael Antonio Cunha. **O desenho como signo da Arquitetura**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993 - 3 volumes.

RODRIGUES, Ana Leonor. **O desenho: ordem do pensamento arquitetônico**. Lisboa: Editorial Estampa, Ltda., 2000.

VILANOVA ARTIGAS, J. B. **O Desenho**. In VILANOVA ARTIGAS, J. B., Caminhos da Arquitetura. São Paulo: Cosac e Naify, 1981/1999.

Artigo recebido em 24/05/2021 e aceito em 08/06/2021





Do BIM ao CIM: a difusão da inovação de ideias para a construção civil.

From BIM to CIM: the diffusion of innovation of ideas for civil construction

Ana Cláudia Rocha Cavalcanti

Doutora em Desenvolvimento Urbano
Docente do Departamento de Expressão Gráfica, UFPE, Recife, Brasil
ana.rcavalcanti@ufpe.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-7203-0397>

Flávio Antônio Miranda de Souza

PhD em Planejamento Urbano
Docente do Departamento de Expressão Gráfica, UFPE, Recife, Brasil
flavio.desouza@ufpe.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-6119-7423>

Gisele Lopes de Carvalho

Doutora em Desenvolvimento Urbano
Docente do Departamento de Expressão Gráfica, UFPE, Recife, Brasil
gisele.carvalho@ufpe.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-5048-1071>

RESUMO:

As tecnologias BIM e CIM representaram uma quebra do paradigma do processo de projeto e representação gráfica, impactando a academia e o mercado de construção. Nesse sentido, este artigo discute a difusão de ideias para a aplicação do BIM e do CIM e como a difusão do BIM está sendo aplicado nas políticas públicas. Os novos profissionais no campo da engenharia, arquitetura e construção civil vêm respondendo às novas demandas tecnológicas em um mercado de trabalho em transição acelerada. Diante desse cenário, este trabalho revisa a literatura internacional relacionada à difusão de tecnologias bem como investiga a inserção das mesmas. A relevância do trabalho reside em uma análise sistemática acerca de como a difusão de novas tecnologias aplicadas no campo profissional interfere nos conteúdos trabalhados em sala de aula, inovando as práticas acadêmicas, que por consequência, posteriormente, contribui para o aperfeiçoamento das dinâmicas do mercado de trabalho.

Palavras-chave: BIM; CIM; difusão; inovação de ideias; construção civil.

ABSTRACT:

The BIM and CIM technologies represented a break in the paradigm of design and graphic representation process, impacting the academy and the construction market. In this sense, this article discusses the dissemination of ideas for the application of BIM and CIM and how the dissemination of BIM is being applied in public policies. New professionals in the field of engineering, architecture and civil construction have been responding to new technological demands in a job market in accelerated transition. Given this scenario, this paper reviews the international literature related to the diffusion of technologies as well as investigating their insertion. The relevance of the work lies in a systematic analysis of how the diffusion of new technologies applied in the professional field interferes with the contents worked in the classroom, innovating academic practices, which, consequently, subsequently contributes to the improvement of the dynamics of the labour market.

Keywords: BIM, CIM, diffusion, innovation of ideas, civil construction.



1. INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas no campo da construção civil têm impactado nas formas de gerenciamento de informações, tanto nas organizações como nas pessoas, principalmente quanto à geração e ao gerenciamento de informações (CAMPESTRINI et al, 2015). Nesse processo, demanda-se a atualização constante de tecnologias avançadas e de formas de gerenciar as informações. Muitas vezes, as pessoas necessitam se capacitar e estar dispostas a se atualizar para trabalhar em diferentes plataformas de trabalho (CAVALCANTI; DE SOUZA, 2019b).

A gestão da informação na construção civil conta com o advento de ferramentas computacionais para a modelagem da informação na construção civil e na gestão das cidades, convencionadas como *Building Information Modeling* (BIM) (Modelagem da Informação na Construção) e *City Information Modeling* (CIM) (Modelagem da Informação na Cidade). Nessas ferramentas podem-se prever inovações de ideias no campo da gestão, das tecnologias, mudanças de atitude profissional, de inter-relação entre os projetos, de forma de conceituar projetos e gerir equipes de trabalho que visam a promoção da cooperação, a ampliação da colaboratividade e a integração profissional. Para que estas inovações ocorram de forma universal há necessidade da difusão de inovações por meio da promoção da ideia pela indústria da engenharia, da arquitetura e construção, de acordos multilaterais, legislações específicas, do ensino dos princípios e fundamentos nas universidades, realização de encontros e congressos acadêmicos, entre outros. É nesse cenário, que os meios de difusão de inovações de ideias se fazem relevantes, sendo o objeto de estudo desse trabalho.

A difusão de inovações de ideias é bastante discutida no campo das inovações tecnológicas (ROGERS, 1995; HOWELLS, 1996; COCCIA; WATTS, 2020), assim como no campo das políticas públicas (IKENBERRY, 1990; STONE, 2004; JÖRGENS, 2004; YI et al, 2018). Este trabalho consiste na exploração desses conceitos para ampliar nosso conhecimento sobre as implicações das inovações diante das crescentes demandas no uso de ferramentas computacionais para o gerenciamento com qualidade da construção civil e das cidades tanto por meio da Modelagem da Informação na Construção (BIM) como na Cidade (CIM).

Atualmente, essas ferramentas podem ser consideradas muito importantes na área da construção civil e da gestão e do planejamento urbano. Com a evolução das ferramentas BIM já é possível utilizar métodos que desenvolvem modelos paramétricos na escala da cidade, nesse contexto, pode-se dizer de forma genérica que o BIM faz parte do CIM. Também é possível dizer que o CIM vai permitir gerenciar informações com modelos inteligentes em 3D, tanto para edificações como terrenos, permitindo um melhor gerenciamento de toda a rede urbana.





Assim sendo, este artigo tem como objetivo discutir o tema da difusão da inovação de ideias abordando duas questões centrais: 1) A difusão de ideias na área de tecnologia da informação para as ações na escala urbana, examinando a aplicação do BIM e do CIM e, como sua aplicação ainda não é em grande escala no Brasil, e 2) como isto está ocorrendo na prática no campo das políticas públicas para a gestão com qualidade de cidades. Para tanto, faz uma breve discussão a respeito da inovação das ideias, para em seguida, explorar os processos pelos quais uma inovação é difundida.

O trabalho faz uso de uma metodologia qualitativa por meio da revisão bibliográfica e discute os meios de difusão da inovação de ideias no campo da gestão das cidades com qualidade, por meio da associação dos princípios do BIM e do CIM como ferramentas de gestão.

2. AS INOVAÇÕES NAS IDEIAS

As ideias são a matéria-prima que dão origem ao conhecimento (SOWELL, 1980), mas que, por existirem em abundância, tornam o processo de produção do conhecimento mais difícil, pois envolve escolhas e tomadas de decisões na seleção dessas, incluindo a classificação e autenticação das ideias. Apesar de todos os problemas que estão associados à taxonomia, dependendo de quem classifica o quê e como uma ideia é classificada, a classificação de algo pode não corresponder a uma realidade aproximada da coisa classificada.

Assim sendo, Sowell (1980) aponta que as ideias podem ser classificadas quanto ao processo de autenticação destas, incluindo: 1) as que são sistematicamente preparadas para autenticação (teorias), 2) as que não derivam de nenhum processo sistemático (visões), 3) as que não sobrevivem a processos de autenticação (ilusões), 4) as que se eximem de processos de autenticações (mitos), 5) as que já passaram por processos de autenticação (fatos) e 6) as que não serão autenticadas (falsidades). Os processos de autenticação das ideias, objetivando a produção do conhecimento, são variados e podem envolver procedimentos sistemáticos de verificação por meio de testes da estrutura lógica da teoria para sua consistência interna ou a partir da observação de fatos no mundo real para testar sua consistência externa.

Por outro lado, a autenticação das ideias pode partir de decisões baseadas no consenso, nas emoções ou nas tradições. E nestas bases pode significar a aprovação de um determinado grupo em um determinado tempo, ou ainda a aprovação de um determinado grupo que se vê como guardião de uma verdade particular, sendo tal grupo pertencente a uma elite que detém uma verdade que realmente interessa (SOWELL, 1980).

As ideias representam fatores que determinam as tomadas de decisão a partir da compreensão das ideias e da geração do conhecimento (HAAS,





1992). As ideias são embutidas de valores determinados por indivíduos ou grupo de indivíduos e ajudam a explicar o produto das políticas por serem determinantes importantes das políticas públicas. Entretanto, as ideias são filtradas e transformadas em conhecimento, que pode determinar as tomadas de decisão. As ideias por si não representam os determinantes das decisões, uma vez que estas estão relacionadas também com os interesses que motivam as pessoas ou instituições, sendo ambos relevantes para explicar as causas das tomadas de decisão. Nesse sentido, as ideias são consideradas como fator de geração do conhecimento para auxiliar na identificação de problemas que devem ser solucionados e que, para tanto, necessitam de ações de colaboração entre os atores para encontrarem uma solução (CAVALCANTI, 2008; HAAS, 1992).

Nesse processo, há uma explícita ação de articulação entre os interesses dos atores envolvidos, que levam a atingir riscos mínimos para o sucesso. A concepção de que os indivíduos determinam suas decisões, baseadas numa perspectiva de maximização de seus ganhos, pode minimizar o papel das ideias (GOLDSTEIN; KEOHANE, 1993), uma vez que essas não seriam medidas. Além deste aspecto, há motivações econômicas para a produção e acumulação do conhecimento; uma vez que há uma minimização das necessidades na duplicação de produção de conhecimento que pode orientar a tomada de decisões e na difusão dessas ideias.

Neste sentido, a difusão de inovações de ideias parece fundamental para a compreensão do fenômeno estudado neste trabalho. Portanto, a próxima seção discute sobre a Teoria da Difusão para elucidar os conceitos necessários para seu melhor conhecimento.

3. DIFUSÃO DE INOVAÇÕES DE IDEIAS

O conceito de difusão tem sido frequentemente analisado em perspectivas da difusão como um produto, ou a difusão como um processo (ELKINS, 2005). No campo da abordagem da difusão como um produto, podem-se relacionar termos como isomorfismo (DIMAGGIO; POWELL, 1991), convergência (KERRL, 1983), ondas (HUNTINGTON, 1991), entre outros. Por outro lado, no campo da difusão como processo, pode-se relacionar também o efeito demonstração (HUNTINGTON, 1991), imitação (JAKOBY, 2000), transferência de política (DLOWITZ, 2000), ou ainda efeito *bandwagoning* (IKENBERRY, 1990) (associação entre interessados, semelhante ao efeito demonstração), entre outros.

Como apontado por Rogers (1995), a difusão refere-se ao processo pelo qual uma inovação é comunicada através de certos canais ao longo do tempo entre membros de um sistema social. A comunicação é um processo pelo qual os participantes criam e compartilham informações para obter a compreensão comum sobre um determinado fenômeno que detém





características de novidade. Os participantes necessitam ser atualizados ao longo do tempo pelo acesso constante à informação, para assim reduzir as incertezas quanto às novidades dos acontecimentos. Normalmente, uma nova ideia ou prática entra em uma comunidade a partir de uma fonte externa. Entretanto, a adoção da inovação acontece pelo contato interpessoal de uma rede de atores. E como pode ser esperado, há sempre aqueles que adotam a inovação assim que ela é introduzida e há outros que apresentam certa resistência e aguardam para ver os resultados antes de decidir adotá-la. Ao longo do tempo, o número de pessoas que adotam a inovação aumenta, até que o público alvo em potencial, para a aceitação da ideia, é saturado (CAVALCANTI; DE SOUZA, 2011).

Segundo a teoria da difusão das inovações, sua adoção passa por cinco estágios: conhecimento, persuasão, decisão, implementação e adoção. Isso seria explicado porque é necessário que haja conhecimento sobre a nova ideia (conhecimento). Para que isso ocorra, é necessária a adoção de programas de disseminação para ampliar o conhecimento sobre o fenômeno (persuasão). Uma vez que as pessoas passam a conhecer a nova ideia, intencionalmente tomam uma decisão quanto a experimentar ou não a inovação (decisão). A partir de então, é necessária a aplicação da inovação (implementação). Caso a prática leve a resultados positivos, os indivíduos tendem a adotá-la em sua rotina (adoção). E em diversos estudos sobre difusão (ROGERS, 1995) esses estágios têm sido condensados em três: conhecimento, atitudes e práticas. A adoção da difusão seria então influenciada pela forma como a inovação é percebida, assim como em função das características da organização e de seu público alvo.

As características das instituições que afetam a adoção de uma inovação incluem o grau de centralização de poder e controle da organização; a complexidade referente à capacidade técnica; a formalização dos processos por regras e procedimentos; a interconectividade dos sistemas de atores e suas redes e a disponibilidade dos recursos presentes numa organização. Ao longo do tempo, as instituições têm assumido papéis que levariam a duas formas de agir no processo de difusão: 1) a difusão das inovações aconteceria por mecanismos clássicos de coação (*enforcement*), tais como sanções, embargos, ou mesmo uso da força, e se fundamentaria na tradição da economia política das teorias dos jogos e das ações coletivas (OLSON, 1971; AXELROD, 1984), em que os atores se configurariam como racionais, que pesam os custos e benefícios de suas possíveis escolhas ao tomarem decisões em situações de coerção coletiva e 2) a difusão aconteceria por mecanismos mais dinâmicos de negociações (*management*) entre os atores, que utilizam estratégias de resolução de problemas, interpretação de regras e transparência (HAAS, P., 1990) objetivando a capacitação dos atores e consequente aceitação das inovações, em vez de utilizarem ações visando à imposição daquelas pela coação de um grupo de atores sobre outros.





A Teoria da Difusão (ROGERS, 1995; IKENBERRY, 1990; HAAS, 1992) utiliza ferramentas apropriadas a lidar com questões numa escala macro, sendo bastante apropriada para compreender como as relações entre os atores acontecem numa perspectiva entre instituições. Uma abordagem qualitativa, entretanto, é bastante apropriada para investigar relações numa microescala, para comparar e contrastar visões de mundo dos atores em ambas escalas – das instituições e dos atores individualmente; a partir da compreensão do fenômeno como ele acontece na escala micro.

A necessidade de uma linguagem comum entre os atores e instituições está muito bem apresentada por Rogers, uma vez que a relação entre os difusores da inovação e os receptores acontece mais apropriadamente quando esses comungam de “significados comuns, uma linguagem subcultural mútua, e são semelhantes em relação às características sociais e pessoais” (ROGERS, 1995) (p. 19). Isto propiciaria um sistema social que favorece um ambiente para recepção de inovações, onde certo grupo de indivíduos ou instituições serviria de emissores ou transmissores de inovações; outro grupo adotaria a inovação que foi transmitida através de canais de difusão que podem consistir de pessoas ou algum tipo de mídia que liga o transmissor ao que adota a inovação.

Por fim, pode-se dizer que mecanismos mais tradicionais como *enforcement* (poder coercitivo da lei), têm sido amplamente utilizados e são socialmente aceitos, necessitando respeitar arranjos institucionais e pactos sociais. E, é nessa perspectiva que esse trabalho considera a difusão da ideia do uso do BIM e, futuramente, do CIM nas cidades brasileiras.

4. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO SETOR DA INFORMAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

No campo das inovações tecnológicas no setor da informação para a construção civil, conceitos como Controle de Qualidade Total (*Total Quality Control* - TQC) são fundamentais para justificar inovações no campo gerencial, entre outros. Um dos princípios básicos da qualidade total consiste no constante aperfeiçoamento de processos sistêmicos para atingir eficiências cada vez mais primorosas (OSWALD; BURATI, 1992; FISHER et al, 1995; MEREDITH, et al, 2017).

Vale salientar que a qualidade é comumente relacionada ao mérito especial, à excelência ou ao alto status. Entretanto, no campo da engenharia civil, de acordo com Ashford (2003), a qualidade envolve os conceitos de cumprimento de um requisito definido, de custo-benefício, de adequação a um fim, ou ao conceito de satisfação do cliente. É dentro desses princípios que trataremos a qualidade na construção civil e mais especialmente na cidade. E, nesse sentido, o BIM vem sendo amplamente estudado (EASTMAN et al, 2008; VOLK et al, 2014; GHAFARIANHOSEINIA, 2017) e difundido (GRZYBEK et al,





2010; PAUWELS, 2014; LUA et AL, 2017) com o objetivo de aprimoramento da qualidade e da eficiência na construção civil.

O BIM, fundamentado em princípios de linguagem baseados na modelagem orientada para objetos, foi desenvolvido e vem sendo aperfeiçoado para capturar a semântica de objetos físicos reais e para compartilhar as informações desses produtos que visem solucionar problemas de uso e manutenção de edificações ao longo do tempo, entre os usuários de ferramentas e tecnologias gerenciais do tipo BIM (EASTMAN et al, 2008; SALGADO et AL, 2020).

No campo da gestão da construção dos edifícios, o uso de BIM é relativamente recente, portanto, a grande maioria das edificações existentes nas cidades não foi concebida nestes preceitos (El-MEKAWY, 2010). De fato, internacionalmente, muito pouco tem sido feito nesse processo na última década e, no Brasil, por ser ainda incipiente o seu uso, não se tem uma ideia de sua abrangência, mas pode-se arriscar afirmar que deve ser muito insignificante o número de projetos que sejam realizados por meio de sistema BIM.

A indústria da Engenharia, da Arquitetura e da Construção (AEC) tem sido caracterizada, há muito tempo, por sua natureza predominantemente fragmentada, o que muitas vezes resulta na falta de eficiência, disputas e níveis consistentemente abaixo do esperado de produtividade. Compreendendo mais de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) global, a indústria AEC tem potencial para moldar a economia mundial; daí a necessidade de que seja mais inovadora. Inúmeros produtos e processos de inovações foram desenvolvidos ao longo das últimas décadas a fim de melhorar e impulsionar a indústria em um status mais desejável. Diversos trabalhos têm registrado os processos de difusão de modelos de aplicação do BIM nos países, onde os governos têm desempenhado papéis determinantes na promoção e divulgação de inovações tecnológicas no campo da construção civil e sua gestão (PANUWATWANICH; PEANSUPAP, 2013).

Um dos avanços mais notáveis dentro da indústria AEC é o desenvolvimento do Conceito de BIM, que é apontado como uma mudança de paradigma para a indústria (BJÖRK, 1989; HOWARD; BJÖRK, 2008; HODOROG et al, 2021). As inovações, as novas práticas, novos programas e políticas que são testados para implementação, entram nas práticas profissionais e nas comunidades acadêmicas e de pesquisa de diferentes maneiras, incluindo indução por meio de ações governamentais.

No Brasil, do ponto de vista das normas e decretos federais que estimulam a criação de ações voltadas para a difusão do BIM na construção brasileira, o Decreto de 05 de junho de 2017 instituiu de forma temporária o “Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modeling*”. E,





por meio da publicação do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, o governo federal revogou o Decreto de 05 de junho de 2017 e oficializou a “Estratégia Nacional para a Disseminação do *Building Information Modeling* (BIM)”, ou “Estratégia BIM BR”, cuja finalidade é promover por meio de ações governamentais e institucionais um ambiente adequado ao investimento na metodologia BIM e na sua difusão no Brasil.

Complementarmente ao Decreto nº 9.377/18, visando uma efetiva difusão do BIM na indústria da construção, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) publicou o documento “Construção Inteligente”, detalhando objetivos, metas, ações, responsabilidades e compromisso.

No ano de 2019, por meio do Decreto nº 9.983, de 22 de agosto, o governo federal estabeleceu a “Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*” e instituiu o “Comitê Gestor da Estratégia do *Building Information Modeling*”. Segundo esse decreto, o governo federal visa difundir o BIM e os seus benefícios, coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM, criar condições favoráveis para o investimento público e privado em BIM, estimular a capacitação em BIM, entre outros.

Por fim, o Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020 estabeleceu a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizadas pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, nas esferas dos Ministérios da Defesa e da Infraestrutura, com a criação de modelos digitais que abrangem todo o ciclo de vida do projeto. Esse decreto dá continuidade às ações governamentais no âmbito da “Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*” – “Estratégia BIM BR”, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.

O Decreto nº 10.306/20 propõe a implementação do BIM, de forma gradual, em três fases, a saber: 1) a primeira fase, já em 2021, estabelece a compatibilização dos projetos através da Detecção de Interferências (*Clash Detection*), a partir dos modelos digitais, da extração de quantitativos e da geração de documentação gráfica; 2) a segunda fase, prevista para 2024, estima a utilização efetiva dos projetos da fase 1, mas tendo como foco principal o Planejamento (BIM 4D), a Orçamentação (BIM 5D) e o Controle de obras. O produto principal desta fase será a atualização do modelo “*As Built*” para obras realizadas; 3) a terceira fase, prevista para o ano de 2028, envolverá o uso efetivo das fases 1 e 2, demandando a utilização do BIM para gestão e manutenção de projetos.

Como pode ser observado, de forma sistemática, mesmo que ainda não se possa afirmar sobre a eficácia desses mecanismos de difusão, o governo brasileiro vem atualizando formas de disseminar a metodologia BIM no Brasil. Entretanto, ainda não há previsão legal para a difusão do CIM nas cidades brasileiras e, suas práticas, quando ocorrem, têm sido fruto, aparentemente,





de iniciativas isoladas, como por exemplo, experiências em Campinas, Curitiba, São Paulo, entre outras cidades, em busca da promoção da ideia das *Smart Cities* (Cidades Inteligentes). Entretanto, nas *Smart Cities* utilizam-se sistemas e tecnologias de informação e comunicação que vão além dos previstos no CIM, visando maior eficiência e eficácia dos sistemas urbanos (ALMEIDA, 2015).

5. DO BIM AO CIM

A Modelagem de Informações na Construção (BIM) é o processo integrado de criação e gerenciamento de informações para a materialização de um edifício. O BIM integra dados estruturados e multidisciplinares para produzir uma representação digital de um edifício em todo o seu ciclo de vida, desde planejamento e design até a construção e seu funcionamento.

O BIM pode ser utilizado como ferramenta operacional de compatibilização espacial de projetos, de forma quase análoga ao sistema *Computer Aided Design* (CAD). Esse uso, apesar de ser bastante útil, limita os potenciais de gestão dessa ferramenta que inclui sistemas integrados de gestão nos processos projetuais iniciais de compatibilização de projetos, de estimativas de custos, de ferramenta de auxílio a escolhas de materiais de construção, de gestão de vida útil dos edifícios, entre outros. Além dessas vantagens operativas, uma das principais mudanças do *modus operandi* no processo projetual seria de atitude voltada para a colaboração da equipe e na gestão da informação.

No campo da construção civil, há diversas plataformas computacionais que operacionalizam o sistema BIM por meio de *softwares* de diversos fabricantes e em vários países (RUSCHEL et AL, 2013). Essas plataformas são adotadas de diferentes maneiras, não havendo um sistema universal que proporcione uma melhor interoperabilidade de sistemas, formatos e dados (GROOT; McLAUGHLIN, 2000; PAUWELS, 2014).

De modo geral, há um crescente reconhecimento da necessidade de promoção de ambientes computacionais, mas também de trabalho interpessoal, que integrem diferentes plataformas, de fácil acesso aos dados, que devem ser atualizáveis e manipuláveis. Primeiramente, ao focar nos resultados dos projetos, observa-se que há elementos que afetam os ciclos das edificações que são oriundos das decisões adotadas no início de sua concepção e que impactam nos custos de funcionamento, operação e manutenção dos edifícios. Desde essa etapa inicial, as decisões que aparentemente são de ordem arquitetônica, devem ser baseadas também em avaliações econômicas que afetarão o adequado financiamento das edificações, além do ambiente social e regulatório, das considerações tecnológicas, entre outras. Frequentemente, nesse setor, se lida com limitações de tempo para sua realização, mas que envolve o gerenciamento do ciclo de vida das edificações (HENDRICKSON, 2000). Tais características envolvem habilidades de gestão





que os arquitetos não costumam se apropriar e isso tem comprometido os custos operacionais do ciclo de vida dos edifícios e, conseqüentemente, das cidades.

Uma vez que os sistemas de modelagem da informação tridimensional objetivam o gerenciamento desses dados de forma rápida, segura e eficiente, ainda há muito trabalho a ser realizado para integrar as diversas formas de armazenar e manipular tais dados. Inúmeras são as tentativas de padronizar o *modus operandi* desses sistemas visando o gerenciamento de informações e, este trabalho aponta que, esse processo envolve formas de difusão de ideias que afetam os meios pelos quais as informações são geradas e gerenciadas. Dessa forma, este trabalho consiste em uma discussão teórica acerca da difusão de ideias para compreender os limites e potencialidades desses modelos, assim como de suas adoções em modelos gerenciais de cidades.

No caso do CIM pode-se fazer uma comparação análoga ao BIM, mas entendendo o CIM como uma evolução do Sistema de Informação Geográfica (SIG), incrementado com as potencialidades de gestão da informação exploradas no BIM (STOJANOVSKII, 2013). Os dados disponíveis para o gerenciamento de cidades por meio da modelagem 3D podem estar armazenados em diferentes formas, além de conterem níveis de detalhamento distintos, o que dificulta os usos visando a comparabilidade desses dados ao longo do tempo. Por outro lado, quando existentes, os dados de edificações mais recentes ou de regiões das cidades mais recentes podem apresentar modelos tridimensionais associados, enquanto que áreas das cidades mais antigas, muito comumente, não estão nem sequer representadas digitalmente. Por vezes, também, as áreas mais antigas não possuem banco de dados associados que poderiam ser integradas em modelos 3D.

Muitos são os problemas para a formação de um banco de dados e suas formas de atualizações. A modelagem 3D das edificações por si, já representa um entrave à sua completude enquanto ferramenta eficaz de planejamento e gestão devido à quase inexistência desses modelos. No que se refere ao gerenciamento das cidades este cenário é ainda pior, pela quase inexistência de banco de dados dessa natureza nas cidades brasileiras. Mesmo assim, já se tem evidenciada a crescente demanda por gerenciamento de cidades com o uso de modelos digitais 3D. Em muitas vezes, a gestão de cidades, nos moldes tradicionais, já carece de dados pré-existentes, além da ausência de sistemáticas atualizações destes. Portanto, a tomada de decisão baseada na constante comparação de dados parece ser uma realidade ainda distante para grande parte das cidades brasileiras.

No campo da educação, como relevante vetor de difusão de inovação de ideias (IKENBERRY, 1990), este trabalho chama atenção para a relevância do tema e as disciplinas que podem ter integração. É importante pontuar que professores precisam tornar-se profissionais com visão integrada,





compreendendo que um entendimento mais profundo de sua área de formação não é suficiente para o processo de ensino interdisciplinar. Faz-se necessário, portanto, apropriar-se também das múltiplas relações conceituais que sua área de formação estabelece com as outras ciências apontadas neste trabalho.

Os órgãos de planejamento e gestão de cidades dificilmente encontram-se estruturados com equipamentos que suportem bancos de dados extensos. As redes de Internet, quando existentes, nem sempre operam de forma constante e com qualidade. Os técnicos e suas repartições nem sempre estão interligados fisicamente, nem administrativamente. De fato, as realidades físico/institucional não correspondem às realidades de órgãos e sistemas equivalentes em países aonde os sistemas de gerenciamento de edificações, ou de cidades vêm sendo implementados. Mesmo assim, podem-se evidenciar canais de difusão dessas ideias que aos poucos criam demandas e justificam inovações (CAVALCANTI; DE SOUZA, 2019a).

As cidades têm vivenciado um processo de crescimento sem precedentes nas últimas décadas e o volume de informações necessárias para sua gestão tem ficado cada vez maior. O grau de complexidade da interação desses dados também tem sido um dos principais entraves, principalmente no setor da modelagem tridimensional das cidades como uma alternativa para aperfeiçoar a gestão de dados para a tomada de decisões.

Os sistemas de modelagem de informação estão sendo muito requisitados, tais como o sistema usado para o *City Information Modeling* (CIM), uma vez que ele serve para gerenciar todos os tipos de infraestrutura incluindo pontes, estradas, túneis, prédios, entre outros. O CIM usa o conceito de cidade relacionado ao espacial e ao das relações entre as pessoas e objetos, uma vez que, diferentemente de outros modelos, não é apenas um instrumento para ver os projetos, mas também apresenta uma série de dados associados ao sistema por meio de modelos parametrizados (ALMEIDA; ANDRADE, 2016; AMORIM, 2015).

Como existe uma gama de informações que pode ser acrescentada no programa, esse sistema divide a cidade em blocos que apresentam fronteiras, conexões e especificações internas que estão interligados (ZIURIENE et al, 2006). Do mesmo modo, existem vários tipos de conexões entre os blocos e essas subdivisões são chamadas de *tags*. Assim, a junção de todos esses blocos e conexões forma a cidade. Portanto, pode-se dizer que os sistemas de modelagem 3D são excelentes ferramentas para o planejamento e a construção das cidades, tanto na parte subterrânea quanto na parte acima do solo, sendo eficiente na visualização das obras e na junção dos dados. Porém, na representação em 3D torna-se necessária a descrição da composição da cidade, desde os limites da região e sua vegetação até os sistemas de água, transporte, estrada, entre outros.





O CIM possui sua própria forma de referenciar os espaços em blocos, agregando informações tridimensionais de modelos localizados em matrizes bidimensionais da cidade ou dos territórios (STOJANOVSKIL, 2013). A implantação de sistemas que possibilitam o planejamento das cidades de forma tridimensional depende da aplicabilidade de tais sistemas, uma vez que se faz necessário que os dados sejam coletados e armazenados de forma que sejam acessíveis e atualizados, ao mesmo tempo em que sejam comparáveis numa série histórica.

O *City Information Modeling*, mesmo não tendo simulações perfeitas, apresenta várias vantagens, pois trata-se de uma ferramenta que pode ser atualizada constantemente quanto às informações espaciais e físicas. Além disso, o sistema em 3D presente na modelagem CIM é mais preciso do que nos modelos 2D e contém diversas informações em um único programa. Do ponto de vista da informação para tomada de decisão ligada ao campo do urbanismo, segundo Todor Stojanovski, a inovação corresponderia à uma mudança do plano para ação, o que relaciona informação e teoria que pertencem à esfera científica, em contraste com a ação e regulação, que estão na esfera política. (STOJANOVSKIL, 2013, p. 7). Nesse sentido, pode-se afirmar que o CIM diz respeito à esfera científica, mas serve como base para a esfera política.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto acima, há uma crescente necessidade de aperfeiçoamento gerencial no campo da gestão de projetos para a construção civil que seja mais eficiente, com qualidade e inovativa, tanto focando questões relevantes aos resultados como aos processos. Ao mesmo tempo há um aumento da conscientização de que os processos gerenciais de projetos afetam não somente o ciclo de vida dos edifícios, como também o das cidades. Portanto, ao pensar nos edifícios e nas diferentes formas de gestão desses, dos resultados aos processos, estendem-se as discussões para o nível da cidade.

Para se medir os impactos do uso do CIM como ferramenta similar ao BIM numa escala maior, a médio ou longo prazo, se faz necessário o seu conhecimento bem como os meios de sua difusão para os futuros profissionais no campo da construção civil e da gestão de cidades, bem como suas reais implicações para processos de capacitação institucional oriundos das demandas geradas pelas inovações tecnológicas. As inovações tecnológicas não podem ser advogadas sem hesitação, uma vez que demandam soluções básicas de adoção de sistemas que funcionem em diferentes plataformas.

O potencial de aperfeiçoamento nos sistemas de gerenciamento de cidades por meio da modelagem computacional 3D é inestimável, porém muito se faz necessário estudar e experimentar para aperfeiçoar esses modelos. Além disso, ainda se faz necessário realizar trabalhos integrados visando à interoperabilidade de ferramentas de manipulação da informação, tais como





BIM e CIM, para reforçar o efeito demonstração (HUNTINGTON, 1991) e *bandwagoning* (IKENBERRY, 1990) na difusão dessas tecnologias e modos de gestão.

No futuro próximo, com o CIM, será possível armazenar todas as informações de uma cidade e visualizar as relações entre os edifícios, infraestrutura, ambiente e como elas estão se inter-relacionando. Assim sendo, a aplicação dessas ferramentas pode alcançar um importante patamar no campo da construção civil e na gestão das cidades, ao promover interações teórico-metodológicas que poderão aprimorar a gestão da informação cada vez mais associadas a produção do conhecimento por meio de novas tecnologias, em ambientes de estruturas corporativas que demandam trabalhos colaborativos e integrados. Dessa maneira, as ideias aparentam estar sendo filtradas e transformadas em conhecimento, objetivando a tomada de decisão para a implementação dessas tecnologias e formas de gestão na construção e na cidade (HAAS, 1992) e, necessitam de ações integralizadoras na promoção do BIM e do CIM.

A utilização de programas que possibilitem a visão espacial das cidades e que comportem as informações necessárias para sua gestão é primordial. No entanto, além dos benefícios trazidos, existem alguns fatores negativos como o tempo necessário para o levantamento e cadastro dessas informações, assim como a necessidade de qualificação de mão de obra para o desenvolvimento do projeto. Dessa forma, investimentos no setor da formação profissional são necessários e buscam acompanhar os graus de evolução das inovações tecnológicas. Como os processos de inovação são cada vez mais frequentes e rápidos, há uma necessidade crescente de atualização profissional, criando demandas constantes, oriundas dessas inovações. A aceitação do BIM e do CIM deverá ser acompanhada de difusão na academia, na formação de profissionais e nas redes das empresas, visando a saturação da ideia e sua aceitação (CAVALCANTI; DE SOUZA, 2011).

Muito ainda há de ser utilizado e experimentado para que se possa evoluir no conceito e no uso dessa ferramenta como forma de gerenciar cidades, tanto para auxiliar na tomada de decisões em situações previstas e imprevistas, como também para objetivar o controle urbano e a expansão dos serviços públicos. Ao longo dos anos, houve um aumento de exigência no ambiente corporativo que demanda dos profissionais componentes de sua formação que não são relacionados ao conhecimento técnico apenas, incluindo habilidade para desenvolver trabalhos colaborativos.

A implantação de sistemas que possibilitam o planejamento das cidades de forma tridimensional pode ser bastante utilizada, pois o potencial da aplicabilidade de tais sistemas é elevado, mesmo considerando os pontos negativos acima relatados. Contudo, é necessário que os dados sejam coletados e armazenados de forma que sejam acessíveis, constantemente atualizados e





possuam interoperabilidade em diferentes plataformas, ao mesmo tempo em que sejam comparáveis numa série histórica.

Os entraves administrativos, as limitações físicas e institucionais, as inovações na legislação, nas formas de gestão, além das infraestruturas deficientes das instituições, a falta de capacitação técnica dos profissionais e o aperfeiçoamento das empresas da construção civil ainda representam um grande e relevante entrave para a implantação de sistemas de gerenciamento de cidades por meio de modelagem da informação. Estes entraves não podem ser negligenciados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.; ANDRADE, M. L. V. X. D. A., **CIM ou não? Considerações sobre City Information Modeling**. IV Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (IV ENANPARQ). Porto Alegre: ANPARQ: 14 p. 2016. Disponível em s14-01-almeida-f-andrade-m.pdf (wordpress.com). Acesso em 19 de abril de 2021.

AMORIM, A. L. de. Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos. **Gestão & Tecnologia de Projetos** Vol. 10, Nº 2, pp. 87-100, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/gtp.v10i2.103163>. Acesso em 16 de Abril de 2021.

ASHFORD, J. **The management of quality in construction**. 4 ed. London: E & F.N. Spon. 2003.

AXELROD, R., **The Evolution of Cooperation**, New York, Basic Books, 1984.

BJÖRK, B. C. Basic Structure of a Proposed Building Product Model. **Computer-Aided Design**, Vol. 21, No. 2, 1989, pp. 71-78.

CAMPESTRINI, T.; GARRIDO, M.; MENDES Jr, R.; SHEER, S.; FREITAS, M. **Entendendo BIM**. UFPR, Curitiba, 2015.

CAVALCANTI, A. C. R. **A difusão da agenda urbana das agências multilaterais de desenvolvimento na cidade de Recife**. 2008. 203 f. Tese (Doutorado em desenvolvimento urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

CAVALCANTI, A. C. R.; DE SOUZA, F. A. M. Habilidades profissionais colaborativas para engenheiros por meio da geometria descritiva. **Revista Geometria Gráfica**, v. 3, p. 70-82, 2019b.

CAVALCANTI, A. C. R.; DE SOUZA, F. A. M. **Quando programas levam ao planejamento: difusão de ideias gerando conflitos na metrópole**. Anais do Colóquio METROPOLES DAS AMÉRICAS: DESIGUALDADES, CONFLITOS E GOVERNANÇA, Montreal, 3 e 4 de outubro de 2011.





CAVALCANTI, A. C. R.; DE SOUZA, F. A. M. **A difusão da inovação de ideias para o uso do BIM e do CIM nas escolas de engenharia.** Engenharia do Século XXI. 1ed. Belo Horizonte: Poisson, 2019a, v. 2, p. 206-213.

COCCIA, M; WATTS, J. A theory of the evolution of technology: Technological parasitism and the implications for innovation management. **Journal of Engineering and Technology Management.** Vol. 55, 2020, pp. 1-18.

DIMAGGIO, P. and POWELL, P. The iron cage revisited: Institutional isomorphism collective rationality in organizational fields. In: POWELL, P. and DIMAGGIO, P. (Eds.) **The New Institutionalism in organizational analysis.** Chicago: Chicago University Press. 1991.

DOLOWITZ, D. P. and MARSH, D. Learning from abroad: the role of policy transfer in contemporary policy making. **Governance**, Vol. 13, No. 1, 2000, pp. 5-24.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers, Contractors, and Fabricators;** John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2008.

ELKINS, Z. and SIMMONS, B. **On waves, clusters, and diffusion: a conceptual framework.** The Annals of the American Academy of Political and Social Science. Vol. 598, No. 1, 2005. pp. 33-51.

EL-MEKAWY, M. Integrating BIM and GIS for 3D city modeling The Case of IFC and City GML, Stokholm, Royal Institute of Technology (KTH). 2010.

FISHER, D.; MIERTSCHIN, S.; POLLOCK Jr., D. Benchmarking in construction industry. In **Journal of Management in Engineering.** Nº 11, pp. 50-57. 1995.

GHAFFARIANHOSEINIA, A.; TOOKEYA, J.; AMIRHOSEIN GHAFFARIANHOSEINIBC, A.; NAISMITHA, N.; AZHARD, S.; EFIMOVA, O.; RAAHEMIFARB, K. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 75, 2017, Pages 1046-1053

GOLDSTEIN, J. and KEOHANE, R. (Eds.) **Ideas and foreign policy: beliefs, institutions and political change.** Ithaca, Cornell University Press, 1993.

GOVERNO FEDERAL. Decreto 9377/18, de 17 de maio de 2018. Disponível em <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/579674718/decreto-9377-18>>, acessado em 24/04/2021.

GOVERNO FEDERAL. Decreto nº 10306/20, de 2 de abril de 2020. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm>, acessado em 23/03/2021.

GOVERNO FEDERAL. Decreto nº 9.983/19, de 22 de agosto de 2019. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm>, acessado em 25/05/2021.





GROOT, R.; McLAUGHLIN, J., **Geospatial Data Infrastructure - Concepts, Cases, and Good Practice**. Oxford: Oxford University Press. 2000.

GRZYBEK, H., XU, S., GULLIVER, S., FILLINGHAM, V. Considering the feasibility of Semantic Model Design in the built environment. **Buildings**, Nº 4, pp. 849879, 2014. **[10] ISO 29481-1**: Building Information Modeling-Information Delivery Manual-Part 1: Methodology and Format; International Organisation for Standardization: Geneva, Switzerland, 2010.

HAAS, E. **When knowledge means power: three models of change in international organizations**. Berkeley: University of California Press, 1990.

HAAS, P. Introduction: epistemic communities and international policy coordination. **International Organization**. Vol. 46, No. 1, 1992, pp. 1-35.

HENDRICKSON, C. **Project Management for Construction. Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders**, 2 ed. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2000.

HODOROG, A.; PETRI, I.; REZGUI, Y.; HIPPOLYT, J. Building information modelling knowledge harvesting for energy efficiency in the Construction industry. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 2021. Vol. 23, pp.1215–1231.

HOWARD, R.; BJÖK, B.C.; Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment. **Advanced Engineering Informatics**. 2008, Vol. 22, N. 2, pp. 271-280.

HOWELLS, J. Tacit knowledge, innovation and technology transfer. **Technology Analysis & Strategic Management**, 1996, Vol. 8, N. 2, pp. 91-105.

HUNTINGTON, S. **The third wave: Democratization in the late twentieth century**. Norman: University of Oklahoma Press, 1991.

IKENBERRY, G. J. The international spread of privatization policies: inducements, learning, and 'policy bandwagoning'. In: SULEIMAN, E. and WATERBURY, J. (Orgs.). **The political economy of public sector**. Boulder, Co.: Westview, 1990, pp. 88-110.

JAKOBY, W. **Imitation and politics: Redesigning modern Germany**. Ithaca: Cornell University Press, 2000.

JÖRGENS, H. Governance by Diffusion: Implementing Global Norms Through Cross-National Imitation and Learning. In: Lafferty, William M. (ed.) **Governance for Sustainable Development. The Challenge of Adapting Form to Function**. Cheltenham, Edward Elgar, 2004, pp. 246-283.

KERR, N. L. Motivations losses in small groups: a social dilemma analysis. **Personality and Social Psychology**. Vol. 45, 1983, pp. 819-828.

LOPES, T. R. Modelagem de Informação da Cidade (CIM) e suas potencialidades para gestão da manutenção urbana de Curitiba, **arq.Urb**, número 25, maio - agosto de 2019, pp. 123-140.





LUA, Y.; WUB, Z; CHANGA, R.; LIB; Y. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. **Automation in Construction**. Vol. 83, 2017, pp. 134-148.

MEREDITH, J.; SHAFER, Scott; MATEL, Samuel. (Eds) **Project Management: A Strategic Managerial Approach**. Wiley, Nova Iorque. 2017.

OLSON, M. The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups, Harvard University Press, 1971.

OSWALD, T.; BURATI, J. **Guidelines for implementing total quality management in the engineering and construction industry**. Bureau of Engineering Research, University of Texas at Austin, 1992.

PANUWATWANICH, K.; PEANSUPAP, V., "Factors affecting the current diffusion of BIM: a qualitative study of online professional network", Paper presented at the Creative Construction Conference 2013.

PAUWELS, P. Supporting decision-making in the building life-cycle using linked building data. Buildings, N° 3, pp. 549-579, 2014.

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**. New York: Free Press, 4th Edition, 1995.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **AmbienteConstruído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SALGADO, M.S.; MAGALHÃES, C. R.; SANTOS, E. R.; CANUTO, C. L. A GESTÃO DE PROJETOS E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS: estratégia BIM-BR e tendências pós-pandemia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

SOWELL, T. **Knowledge and decisions**. New York: basic Books, 1980.

STOJANOVSKI, TODOR. **City Information Modeling (CIM) and Urbanism: Blocks, Connections, Territories, People and Situations**. ANAIS de SimAUD 13- Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design, San Diego, 2013.

STONE, D. Transfer agents and global networks in the 'transnationalization' of policy. **Journal of European Public Policy**. Vol. 13, N. 3, 2004, pp. 545-566.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. (2014): Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs - **Automation in Construction** 38, pp.109-12.

YI, H.; BERRY, F.; CHEN, W. Management Innovation and Policy Diffusion through Leadership Transfer Networks: An Agent Network Diffusion Model. **Journal of Public Administration Research and Theory**, Vol. 28, N. 4, 2018, pp. 457-474.





ZIURIENE, R. MESLIUTE, R. MAKUTENIENE, D. Development of 3D city model applying Cadastral Information. **Geodesy and Cartography**, Vol XXXII, No 2. 2006.

Artigo recebido em 03/05/2021 e aceito em 31/05/2021



Analizando as seções planas a partir uma perspectiva da Geometria Projetiva: um caso de Homologia

Analyzing the flat sections from a Projective Geometry perspective: a case of Homology

Sandra de Souza Melo

Doutora em Pedagogia
Docente do Departamento de
Expressão Gráfica,
Universidade Federal de
Pernambuco, Recife, Brasil
sandra.melo@ufpe.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-5480-240X>

RESUMO

Este trabalho trata de uma análise de seções planas a partir de uma perspectiva das transformações geométricas, mais precisamente da Geometria Projetiva, como um caso de Homologia. As transformações geométricas são operações aplicadas a um determinado elemento - Objeto - a fim de produzir um outro elemento - Imagem. Por meio de aportes teóricos, apresentaremos a Homologia e seus elementos. Vamos analisar algumas seções planas, destacando a presença dos elementos da Homologia no traçado para a obtenção de cada uma delas. Empreendemos uma pesquisa bibliográfica do tema abordado neste artigo para depois averiguar a Projetividade presente nas seções planas. Tomamos como base os trabalhos desenvolvidos por Soares (1962), Costa e Costa (1994) e Melo (1993), que discutem e apresentam a teoria projetiva e/ou o seu relacionamento com a Geometria Descritiva e a Perspectiva Cônica. Em tal análise, destacaremos a presença dos elementos da homologia para a defesa de que estas seções podem ser tomadas como um caso de Homologia. Com base na exposição das ideias e das análises realizadas, comprovamos a existência dos elementos da Homologia nos traçados de seções planas, ainda que omitidos ou com outra nomeação, e que são essenciais para a realização das representações gráficas de modo geral.

Palavras-chave: Transformações geométricas, Geometria Projetiva, homologia, seções planas, Sistemas de Representação.

ABSTRACT

This work deals with an analysis of plane sections from a perspective of geometric transformations, more precisely Projective Geometry, as a case of Homology. Geometric transformations are operations applied to a certain element - Object - in order to produce another element - Image. Through theoretical contributions, we will present Homology and its elements. We will analyze some plane sections, highlighting the presence of the elements of Homology in the layout to obtain each one. We undertook a bibliographic search of the topic covered in this article, to later investigate the Projectivity present in the plane sections. We take as a basis the works developed by Soares (1962), Costa and Costa (1994) and Melo (1993), which discuss and present the projective theory and / or its relationship with Descriptive Geometry and Conical Perspective. In such an analysis, we will highlight the presence of the elements of homology for the defense that these sections can be taken as a case of Homology. Based on the exposition of the ideas and analyzes carried out, we verified the existence of the elements of Homology in the layout of flat sections, even if omitted or with another name, and which are essential for the realization of graphic representations in general.

Keywords: Geometric transformations, Projective Geometry, homology, plane section, Representation Systems.



1. INTRODUÇÃO

As transformações geométricas são operações - funções - aplicadas a um determinado elemento - denominado *objeto* - a fim de produzir um outro elemento - denominado *imagem*. Tais elementos podem guardar entre si relações que vão deste a total coincidência até a mais aparente dissemelhança.

Segundo Melo (2020), de acordo com os resultados que estas transformações apresentam, dizemos que elas fazem parte de um mesmo grupo de transformações. Nas palavras de Pinheiro (1974 apud MELO, 2020), as transformações do plano se apresentam como grupos, caracterizando cada um deles, “uma geometria”.

De fato, o matemático alemão Felix Klein (1849 – 1925) elaborou uma classificação das geometrias conforme os grupos de transformações estudados e proposto em seu famoso “Programa de Erlangen” (PINHEIRO, 1986; GUISSIN, 2000). Assim, partido do mais genérico para o mais específico temos uma geometria e seu grupo de transformações: 1. Topologia – Transformações Topológicas; 2. Geometria Projetiva – Transformações Projetivas; 3. Geometria Arguesiana ou Afim - Transformações Afins; 4. Geometria Métrica Euclidiana – Transformações por Isometrias e por Semelhanças.

Cada um dos grupos de transformações apresenta um invariante, que o caracteriza pelas propriedades da figura objeto que são mantidas na figura imagem obtida pela aplicação de uma transformação deste grupo. Essa transformação poderá alterar ou não características da forma original (objeto). É o que chamamos de invariante da transformação (SANCHEZ-MARMOL, PEREZ-BEATO, 1945; PINHEIRO, 1974; COSTA e COSTA, 1994; MELO, 2020).

Temos, então, como invariantes para as Isometrias, as medidas lineares e angulares; para as Semelhanças, as medidas angulares; para as Afinidades, a razão simples; para as Projetividades, a razão dupla; e finalmente, para as Transformações Topológicas, a ordem e a continuidade (MELO, 2020).

Debruçando-nos sobre as Transformações Projetivas e buscando os dados que remetem à sua origem, verificamos que matemáticos, pensadores e artistas contribuíram para o seu desenvolvimento, aportando ideias e conceitos que dão corpo ao que hoje discutimos, estudamos e conhecemos como seus axiomas, teoremas e princípios.

Começamos destacando a contribuição dos artistas do Renascimento, que por meio de práticas e instrumentos utilizados para resolver seus problemas de representação na pintura, contribuíram para o desenvolvimento da teoria da Geometria Projetiva (MELO, 2020).

Para representar os objetos, as paisagens e plasmá-los numa pintura, um problema conhecido pelos pintores que tentavam retratar a realidade, era



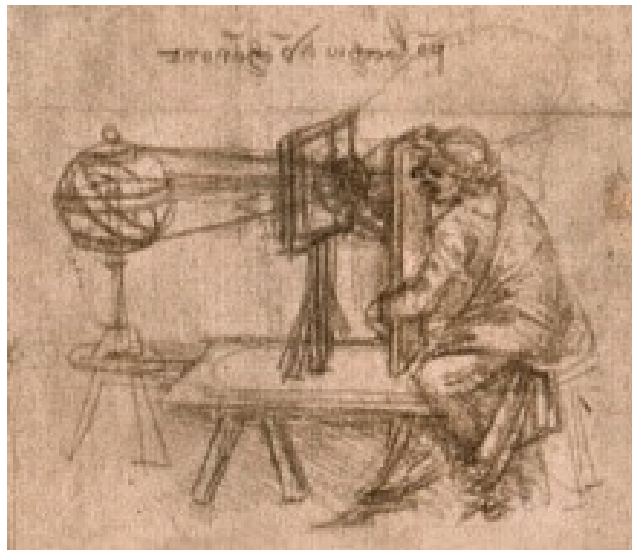


resolvido com um instrumento pouco conhecido hoje em dia, mas bastante famoso na história da técnica do desenho de observação: o perspectógrafo (MARIOTTI, 2019). Tal instrumento concretiza em si mesmo o modelo geométrico da visão, como representação no plano do mundo concreto.

Do ponto de vista de Mariotti (2019), os perspectógrafos, e sua evolução dão testemunho do desenvolvimento das estratégias para realizar a representação do mundo que nos cerca, culminando na teoria da perspectiva, e podendo ser considerados como elementos fundamentais para o desenvolvimento posterior da Geometria Projetiva.

Para a utilização de tais instrumentos, foram escritos os “Tratados de pintura” e estes descrevem o funcionamento de tais instrumentos, e das técnicas da perspectiva e dos primeiros esboços das novas teorias que deles surgiram, assumindo um grande papel na construção do processo de evolução das ideias matemáticas, devendo ser considerados como elementos de articulação em direção àquela sistematização teórica que dará origem à Geometria Projetiva (MELO, 2020).

Figura 1: Desenho de Da Vinci – Homem desenhando uma perspectiva utilizando o perspectógrafo.



Fonte:

<https://brunelleschi.imss.fi.it/menteleonardo/imdl.asp?c=13419&k=13362&rif=13437&xsl=1> (2006)

Poncelet (1788-1867), discípulo de Gaspar Monge e oficial do exército de Napoleão, estruturou a Geometria Projetiva, em seu “Traite des Propriétés Projectives des Figures” publicado em 1822, no qual ele fez o estudo sistematizado das propriedades de projetar e seccionar pelo método das projeções centrais verificando que estas propriedades subsistiam em todas as figuras que se obtém através daquelas. De fato, as operações fundamentais do método de Poncelet são as projeções e as seções (SANCHEZ-MARMOL, PEREZ-BEATO, 1945; COSTA e COSTA, 1994; MELO, 2020). Destacamos ainda que a

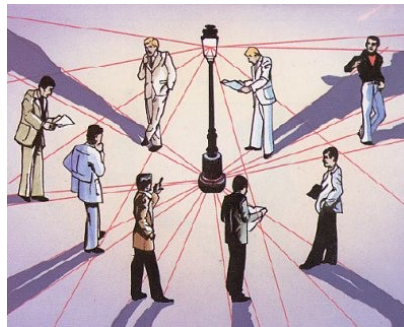


Geometria Projetiva, teoria em que Desargues¹ e Pascal² tinham dado os primeiros passos, no século XVII, segundo Guisin (2000), estava praticamente abandonada desde a época destes teóricos da matemática.

Assim, todas as vezes que realizamos representações por meio de projeções, estamos projetando e cortando para obter imagens oriundas de objetos. As projeções são realizadas por meio de um centro de projeções que pode ser próprio (distância finita) ou impróprio (distância infinita).

Podemos exemplificar as duas situações pela sombra projetada. Para o caso do centro próprio, teríamos um foco de luz finito como na figura 2. Cada elemento é projetado pela luz do poste (centro), por onde passam os raios projetantes e sua sombra projetada no chão é a seção. Todos esses elementos podem ser comparados ao processo projetivo onde realizamos projeções e seções a partir de um centro de projeções.

Figura 2 – Sombra projetada por um ponto de luz finito



Fonte: http://www.todacultura.com/talleres/taller_dibujo/imagenes/sombra_radial.jpg (2015)

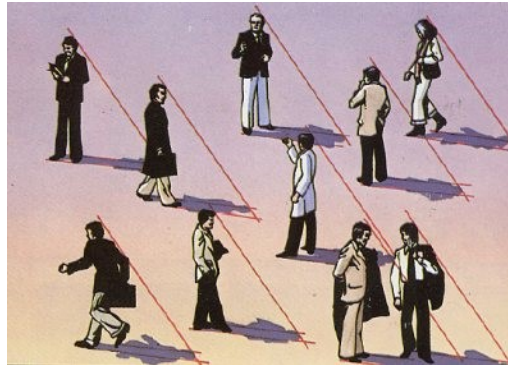
¹ Girard Desargues (1591–1661) nasceu em Lyon. Não se sabe nada de seus estudos até que aparece em Paris em 1626 nos círculos filosóficos e científicos próximos a René Descartes (1596–1650), com quem teve profunda amizade. Em 1628 se encontrava servindo como engenheiro militar em Rochela, e à volta da guerra trabalhou como arquiteto em Paris a serviço do Cardeal Richelieu. Fue fundamentalmente um engenheiro e um arquiteto, pelo que suas obras matemáticas estão sempre dirigidas a uma aplicação prática. Desargues investiga as seções cônicas e os pontos do infinito; a invariância da razão dupla e dos quaternos harmônicos; a teoria das retas polares; e o famoso **Teorema de Desargues**: “*Si proyectamos un triángulo del plano proyectivo de vértices A, B, C, desde un punto O, obtenemos otro triángulo de vértices A', B', C', y decimos que los dos triángulos son perspectivos desde O. Entonces, dos triángulos son perspectivos si y sólo si los lados correspondientes se cortan en tres puntos alineados*”.

² Blaise Pascal (1623-1662). Aos 11 anos seu pai o levava às sessões da “Academia Mersenne”, onde estabeleceu contato com Desargues. Éste o animou a usar seu *método de proyección y sección* e aos 16 anos publicou seu famoso trabalho *Essay pour les coniques* onde aparece o teorema que leva seu nome. **Teorema de Pascal**: “*Si se inscribe un hexágono en una cónica, los puntos de intersección de los pares de lados opuestos están alineados*”. Em geral, um hexágono não está inscrito em uma cônica, e o teorema de Pascal expressa a condição maravilhosamente simples para que ele esteja inscrito numa cônica. Por isso se chama *hexagrama místico de Pascal*.



Para o centro impróprio, podemos comparar com as sobras projetadas pelo sol. Estando o sol a uma distância imensa da terra, os raios solares são considerados paralelos entre si, ou seja, no infinito. Assim, a figura 3 nos mostra as projeções realizadas por um centro de projeções impróprio, cujos raios projetantes são paralelos entre si, e a sombra é a seção no plano do chão.

Figura 3 – Sombra projetada por um ponto no infinito



Fonte: http://www.todacultura.com/talleres/taller_dibujo/imagenes/sombra_paralela.jpg (2015)

Partindo da Geometria Projetiva, mais precisamente, da Homologia, vamos analisar algumas seções planas (no cone, no cilindro, na pirâmide e no prisma), destacando a presença dos elementos da Homologia no traçado para a obtenção de cada uma delas. Para tal procedimento, tomamos como base os trabalhos desenvolvidos por Soares (1962), Costa e Costa (1994) e Melo (1993) que discutem e apresentam a teoria projetiva e/ou o seu relacionamento com a Geometria Descritiva e a Perspectiva Cônica.

Como resultado, pudemos asseverar a existência dos elementos da Homologia presentes nos traçados de seções planas, ainda que omitidos ou com outra nomeação, e que são essenciais para a realização das representações gráficas de modo geral.

2. DESENVOLVIMENTO

Procuraremos destacar o foco de estudo da Geometria Projetiva e sua importância como base teórica para a Geometria Descritiva e para tal passaremos a apresentar autores que se dedicaram a escrita de artigos e/ou trabalhos monográficos que se debruçaram sobre tal tema. Também a carência de suporte projetivo nos conhecimentos proporcionados aos alunos, sem que a Projetiva figure em sua bibliografia e/ou práticas metodológicas.

O sistema de representação – Geometria Descritiva – idealizado por Gaspar Monge, tem como fundamento teórico a Geometria Projetiva, que respalda seu traçado e propriedades. Costa e Costa (1994), destacam que esta



Geometria Projetiva tem fundamental importância no Desenho Representativo e apresentam o produto de homologias na relação entre as vistas ortogonais.

Melo (1993) mostra um estudo das relações projetivas no sistema cônico verificando-as, para os planos das faces do paralelepípedo de referência, utilizando tais planos - por serem as peças em desenho industrial ou mecânico, as edificações em arquitetura, envolvidos pelos referidos sólidos - apresentando os elementos da homologia - Centro S , Eixo de Homologia e , retas limites f' e d - nas representações em perspectiva.

As projetividades acontecem nos sistemas de representação - perspectivas e vistas ortogonais - e conforme Bustamante (1994 apud MELO, 2020) estudam as propriedades das figuras independentemente de medida; analisam a posição e a relação entre duas ou mais figuras sem a preocupação de grandeza; e ainda, estudam os problemas de secância e de modo particular a tangência.

As duas operações fundamentais realizadas na Geometria Projetiva para estabelecer a relação entre figura objeto e imagem são a projeção - centro S , próprio ou impróprio - e a seção - imagem (SOARES, 1962; RODRIGUES, 1968; COSTA e COSTA, 1994; MELO, 2020).

Rodrigues (1968, p. 22) transcreve o texto de Poncelet sobre a finalidade do seu tratado sobre a Projetiva:

[...] engrandecer os recursos da simples Geometria, generalizando suas concepções e sua linguagem, ordinariamente muito restritas, aproximando-as da Geometria analítica e, sobretudo, oferecer meios próprios para demonstrar e fazer descobrir, facilmente, as propriedades de que gozam as figuras quando se as considera de uma maneira abstrata e independente de qualquer grandeza absoluta e determinada.

Por meio de seu estudo, casos antes declarados impossíveis de resolução pela Geometria Euclidiana, passam a apresentar solução dentro da Geometria Projetiva.

A criação da Geometria Projetiva permitiu o tratamento gráfico e analítico, matematicamente rigoroso e generalizado, das projeções de figuras sobre superfícies, ampliando a conceituação básica da Geometria Descritiva e tornando-se um valioso instrumento na construção de figuras projetadas. (ALMEIDA NETO, 1994, p. 56).

Nos anais do XI Seminário do Programa de Pós-graduação em Desenho, Cultura e Interatividade, de tema central Traços do Desenho (2015), se encontra relatado que além da Geometria Descritiva, outros conhecimentos são necessários para o desenho, por meio de uma citação de Battle, entretanto, neste estudo, não se considera o suporte Projetivo por trás de todas as representações gráficas:

A representação gráfica na arquitetura envolve uma série de conhecimentos distribuídos por diversas disciplinas, como a





geometria plana e espacial, o desenho geométrico, o desenho técnico, o desenho artístico, a descritiva, a perspectiva, etc. (BATTLE, 2011, p.2);

Fialho et al (1994, p. 157), defendem que

A geometria é, por excelência, a base das construções mentais. Mais importante que resolver problemas usando-se procedimentos memorizados que, tão logo quanto possível, serão esquecidos, é necessário que se privilegie o caráter formativo de todas as disciplinas associadas ao desenho.

Ao entendermos os fundamentos aportados pela Geometria Projetiva, nos apropriamos dos conceitos que respaldam as construções geométricas, sejam elas no bi (2D) ou tridimensional (3D).

No estudo realizado por Valcarce (2018), vemos uma análise da bibliografia relacionada nas ementas dos cursos de arquitetura mostrando o estudo da Geometria Descritiva e sua relação com outras áreas. Deste estudo se evidencia, que pouco da referida bibliografia, está relacionada com a Geometria Projetiva – que respalda toda e qualquer operação realizada na representação de formas – onde duas das instituições apresenta a obra de Rodrigues (1968) que trata, em parte, de questões de Homologia. Destacamos que Almeida Neto (1994) ressalta o trabalho de Rodrigues (1969), como uma obra ontológica sobre a Geometria Descritiva, que possui um capítulo inteiramente dedicado à Geometria Projetiva, cujos conceitos são posteriormente usados de forma precisa nos traçados das representações gráficas.

Cavalcanti, Melo e Souza (2018, p. 73) defendem que “a visualização espacial envolve a habilidade de imaginar e, mentalmente transformar informações espaciais (UTALL et al, 2013; SEABRA e SANTOS, 2007), sendo influenciada por treinamento”. As transformações espaciais que são manipuladas pelos alunos, são realizadas com base teórica nas transformações geométricas, das quais a Geometria Projetiva fundamenta a representação gráfica. Segundo Bustamante (1994, p. 42):

A Geometria Descritiva pode ser considerada como um caso particular da Geometria Projetiva porque está submetida aos conceitos por ela emitidos (G. Projetiva). As operações projetivas e suas propriedades se aplicam a Geometria Descritiva.

Ao nos depararmos com o ensino do Geometria Descritiva, hoje fora da escolarização básica e fundamental, e parcamente ensinada nas universidades, em cursos como arquitetura, design, artes e engenharias, nos apropriamos das palavras de Almeida Neto (1994, p. 59), ao dizer que o “*desenho empobrece, perdendo todo o esplendor conceitual que a Geometria Descritiva e a Geometria Projetiva lhe davam. Torna-se apenas uma técnica. E seus professores, meros instrutores de alunos a ser adestrados*”, quando não se conhece os aportes teóricos que respaldam todo o traçado, ou construção.





Bustamante (1994) ainda defende que o ensino da Geometria Descritiva se fundamente na Geometria Projetiva, porque esta apresenta ampla e geral fundamentação lógica de conceitos básicos que possibilitam tirar conclusões, fazer adaptações, simplificações de eficientes resultados.

A partir deste arcabouço teórico, que nos mostra a relação da Geometria Descritiva com a Geometria Projetiva, realizaremos o traçado das seções e ao mesmo tempo dos elementos da Homologia. Deste modo, primeiramente empreendemos uma pesquisa bibliográfica do tema abordado neste artigo para depois averiguar a Projetividade presente nas seções planas.

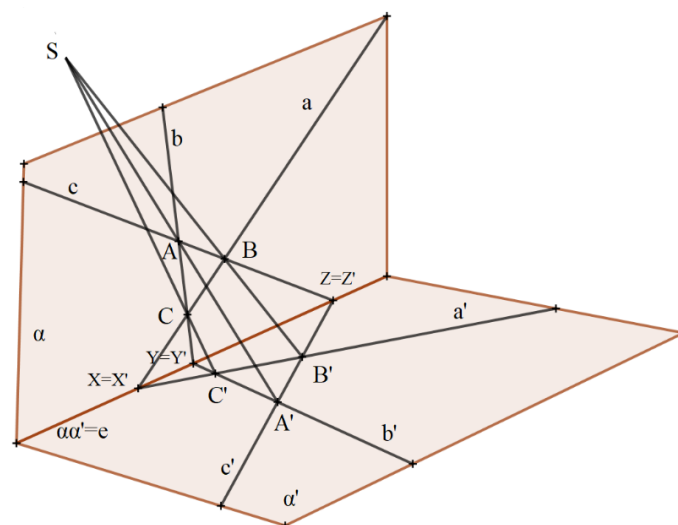
A obra de Costa e Costa (1994), procura apresentar a estrutura das transformações projetivas para permitir a compreensão da importância desta nos sistemas de representação usuais. No mesmo sentido, Soares (1962) busca exibir a teoria projetiva e sua relação com a Geometria Descritiva. Finalmente, Melo (1993), realiza uma monografia que apresenta cada um dos elementos projetivos presentes no traçado das perspectivas cônicas (ainda que omitidos ou renomeados).

Assim sendo, partindo da Geometria Projetiva, mais precisamente, da Homologia, vamos analisar algumas seções planas (no cone, no cilindro, na pirâmide e no prisma), destacando a presença dos elementos da Homologia na obtenção de cada uma delas, e com base nos autores mencionados.

2.1. Homologia

A Homologia é um caso de perspectividade entre os elementos do objeto e da imagem, onde um elemento duplo (reta dupla de pontos duplos ou eixo de homologia) permite a transformação de um para o outro por meio de um único centro de projetividade (S).

Figura 4 - Teorema de Desargues



Fonte: a autora (2021)



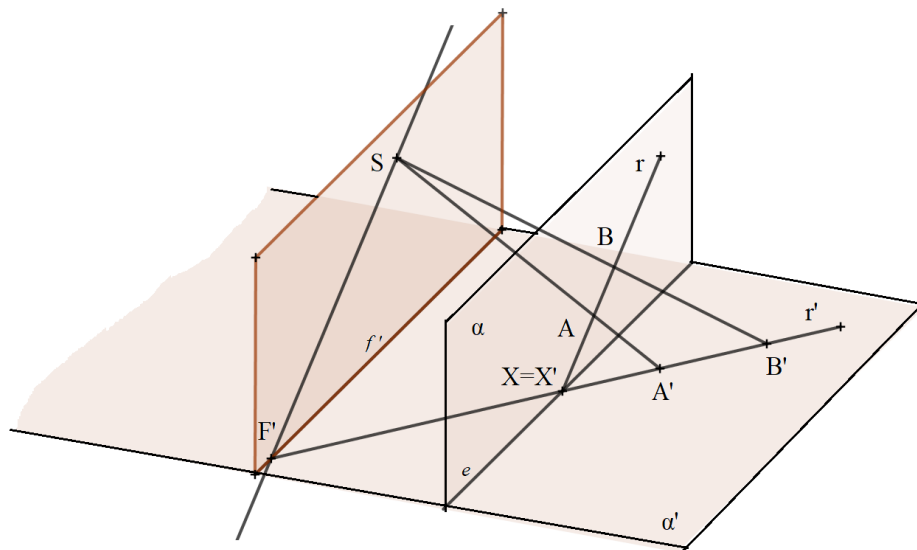
O teorema de Desargues enuncia que se projetamos um triângulo do plano projetivo objeto de vértices A, B, C , desde um ponto S , obtemos outro triângulo imagem de vértices A', B', C' , e dizemos que os dois triângulos são perspectivos desde o centro S . Então, dois triângulos são perspectivos *se e somente se* os lados correspondentes se cortam em três pontos alinhados (reta dupla de pontos duplos - eixo de homologia e).

A reta $\alpha\alpha'$ será o chamado eixo de Homologia (lugar dos pontos duplos onde imagem e objeto coincidem $X=X', Y=Y'$ e $Z=Z'$).

2.1.1. Retas limites - Eixos de Fuga e Eixo de Desvanecimento

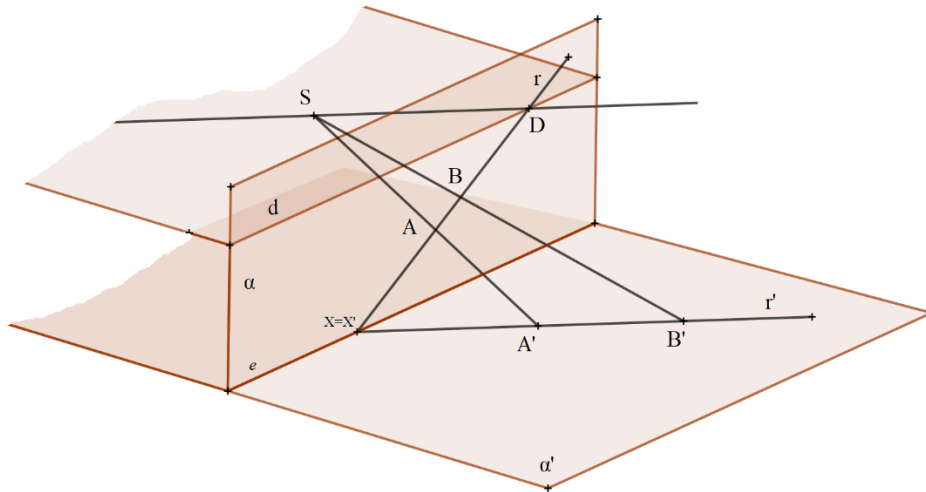
Se tomamos pelo centro de homologia S um plano paralelo ao plano objeto cortaremos o plano imagem na reta limite que será f' (eixo de fuga) que corresponderá à imagem de todos os pontos do objeto que estarão no infinito (SOARES, 1962; MELO, 2017), como se pode verificar na figura 5 a seguir.

Figura 5 – Eixo de fuga (f')



Fonte: a autora (2021)

Igualmente, se traçamos pelo centro S um plano paralelo ao plano imagem, cortaremos o plano objeto na reta d (eixo de desvanecimento) que corresponderá aos pontos do objeto que estarão no infinito (SOARES, 1962; MELO, 2017), tal como podemos verificar na figura 6.

Figura 6 – Eixo de Desvanecimento (d)

Fonte: a autora (2021)

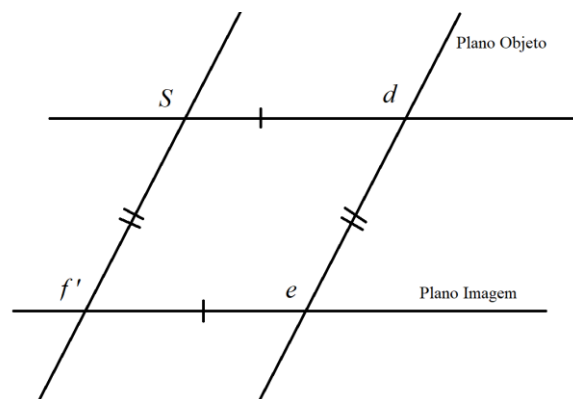
O centro de homologia S e os eixos e , f' e d mantêm uma relação de distância de tal forma que:

$$S \Leftrightarrow d = e \Leftrightarrow f'$$

$$S \Leftrightarrow f' = e \Leftrightarrow d$$

Como tais eixos são gerados por um sistema de planos paralelos dois a dois, a distância de uma delas ao eixo e , é a mesma que a distância da outra ao centro de projetividade, e vice-versa. Por este motivo, também as retas limites serão paralelas ao eixo e . Ambas propriedades se manterão quando o sistema seja estabelecido em planos sobrepostos e representado num único plano euclidiano (SOARES, 1962; ABAJO e BENGIOA, 2006; MELO, 2020). Também os três eixos da homologia são paralelos entre si: $d \parallel e \parallel f'$. A seguir vemos a figura 7 que mostra o esquema da situação vista de perfil:

Figura 7 – Esquema de paralelismo e distância entre os elementos de uma Homologia qualquer



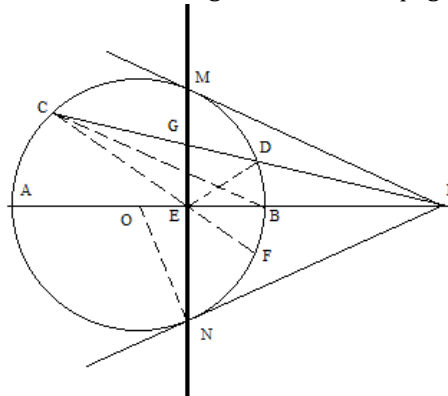
Fonte: a autora (2021)



2.1.2. A Reta Polar e seu Polo

Segundo FIC (1968, p. 453), no teorema sobre a propriedade Polo e Polar, “[...] por um ponto P, dado no plano de um círculo, tira-se uma secante qualquer PDC; o lugar do ponto G, conjugado harmônico do ponto P em relação às extremidades da corda CD, é uma reta perpendicular ao diâmetro que passa pelo ponto P.”. Podemos observar a construção na figura 8, a seguir:

Figura 8 – Polo Polar baseada na figura 519 de FIC, página 453 (1968).



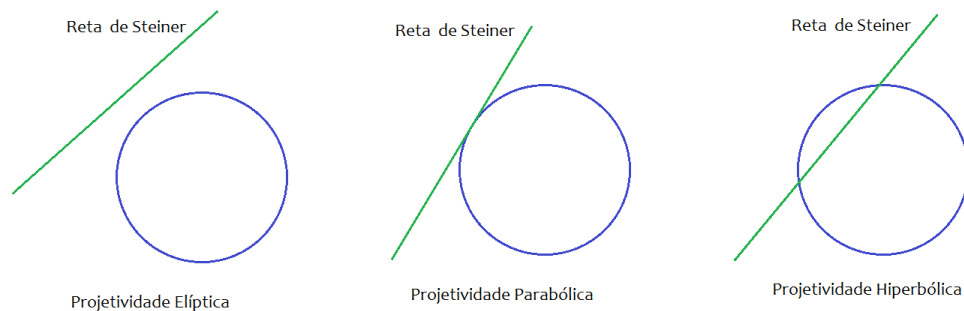
Fonte: a autora (2021)

A polar de um ponto dado é o lugar geométrico do conjunto harmônico deste ponto – é a reta polar de um ponto

Quando a Polar corta a circunferência, o seu Polo estará fora da curva; quando a Polar tangenciar a curva o Polo estará no mesmo ponto de tangência; finalmente, para a Polar fora da curva, o Polo estará no interior da curva.

Na projetividade entre retas sobrepostas em Involução (COSTA e COSTA, 1994), vemos que a Reta de Steiner será a Reta Polar da circunferência utilizada para encontrar os homólogos objeto e imagem, e que o seu Polo estará dentro ou fora da circunferência conforme a posição da mesma em relação àquela circunferência. A posição da Reta de Steiner, então, determinará o tipo de projetividade entre as retas: reta passando fora da circunferência – projetividade elíptica; reta tangenciando a circunferência – parabólica; reta secante a circunferência – hiperbólica. Nestes casos a projetividade apresentará 0 (zero) ponto duplo, 1 (um) ponto duplo e 2 (dois) pontos duplos.

Figura 9 – Tipo de Projetividade





Fonte: a autora (2021)

Nas transformações homológicas das curvas cônicas, vemos que o eixo de desvanecimento, será a Reta Polar da transformação da curva objeto com respeito a sua transformada – imagem. O Polo com respeito àquela Polar, será o novo centro da curva imagem – transformada do objeto (COSTA e COSTA, 1994; MELO, 2020).

3. ANÁLISE DAS SEÇÕES PLANAS

Analisaremos a seguir as seções planas realizadas em superfícies curvas – cones e cilindros – e em superfícies poliédricas – pirâmides e prismas – de modo que possamos verificar a presença dos elementos projetivos da Homologia em cada um dos casos, e estabelecermos assim um paralelo entre a Homologia e as seções planas. Finalmente, destacamos que todas as seções realizadas e analisadas aqui, podem ser estendidas para seções de maneira geral.

Costa e Costa (1994), já destacam que as projeções dos objetos sobre os planos, e as operações realizadas neste sistema – tal como o rebatimento –, estabelecem-se por meio de uma perspectividade, uma vez que cada par de pontos homólogos se localiza em linhas de chamada paralelas entre si – centro S impróprio –, característica descoberta por Monge, e tratando-se de um caso de afinidade homológica.

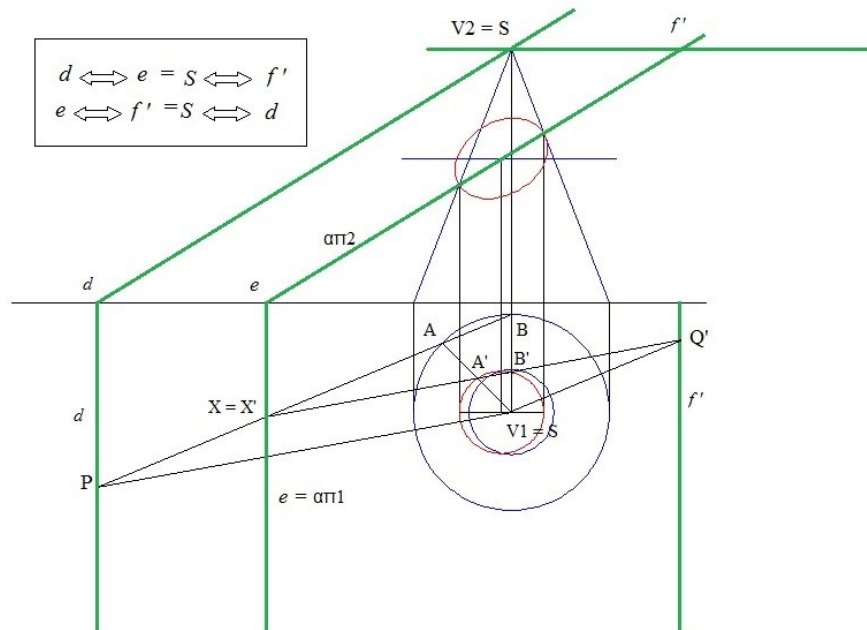
Também Soares (1962), direciona seu trabalho para uma aplicação prática da Geometria Projetiva à Descritiva e procura estudar a correspondência homológica entre duas figuras no espaço, projetadas a partir de um centro fixo, destacando que este é o caso típico da seção plana de um sólido.

3.1 Caso 1 - Seção plana no cone

Na explicação nº 376, página 280, FIC (1960), justifica o traçado da seção realizada por um plano oblíquo ao eixo do cone reto, demonstrando que a elipse estabelecida em tal seção apresenta seu centro fora do eixo daquela superfície cônica. Na mesma explicação, é destacado que na projeção em π_1 , o vértice do cone, será um dos focos da curva-seção, no caso, uma elipse. Segundo a posição do plano de seção em relação ao eixo do cone, a curva encontrada poderá ser ainda uma parábola, uma hipérbole ou uma circunferência. Tal como na transformação de curva realizada na Geometria Projetiva, a curva imagem manterá a natureza da curva objeto, ou seja, será uma curva de 2º grau.

Como veremos na discussão desta seção como um caso de homologia, a transformação de uma circunferência em uma elipse ocasiona que o centro da nova curva – figura imagem – será o Polo da Reta Polar e não o centro da figura objeto – circunferência, sendo a Reta Polar, o eixo de desvanecimento d .



Figura 10 – Seção por um plano α num cone reto

Fonte: a autora (2021)

O Plano de seção α – oblíquo ao eixo do cone reto – seccionará o mesmo. A seção cônica realizada – que nesse caso corresponde a uma elipse –, será a transformação da circunferência da base do cone – plano objeto – pelo centro de homologia $S = V$ (vértice), tal como vemos na figura 10.

O traço do plano α em π_1 – plano que contém a base do cone – corresponde ao eixo de homologia e ($\alpha \pi_1$). Traçando pelo centro S um plano paralelo ao plano da seção e interceptando o mesmo com o plano π_1 , encontraremos o eixo de desvanecimento d , lugar próprio de todos os pontos impróprios da imagem. O eixo de fuga f' – lugar de todos os pontos próprios que correspondem aos pontos impróprios do objeto –, será conseguido ao traçarmos pelo centro S um plano paralelo ao plano objeto (π_1) com a interseção com o plano imagem α . Na figura 7, apresentada na seção anterior, podemos verificar as relações de posição e distância entre o centro S , os eixos e , f' e d . Nesta situação, temos um caso geral de Homologia.

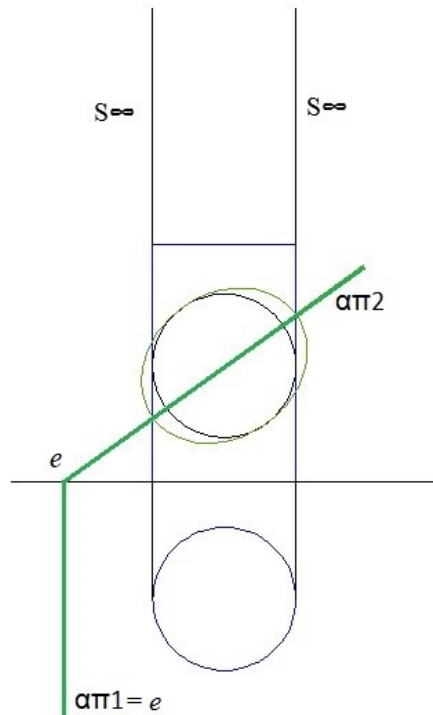
3.2 Caso 2 - seção plana no cilindro

Na seção de um cilindro por um plano oblíquo ao eixo do mesmo – a elipse resultante será a imagem da base do cilindro assentada sobre o plano π_1 . O centro de homologia (S) estará no infinito na direção das geratrizes do cilindro. Como o centro S está no infinito, os eixos de fuga f' e de desvanecimento d serão impróprios. O traço $\alpha \pi_1$ corresponderá ao eixo de homologia e , a reta dupla de pontos duplos comum ao plano objeto e ao plano imagem, nas palavras de Soares (1962), todos os pontos são homólogos de si



mesmos. Mais precisamente, teríamos um caso de Afinidade Homológica (RODRIGUES, 1968; COSTA e COSTA, 1994).

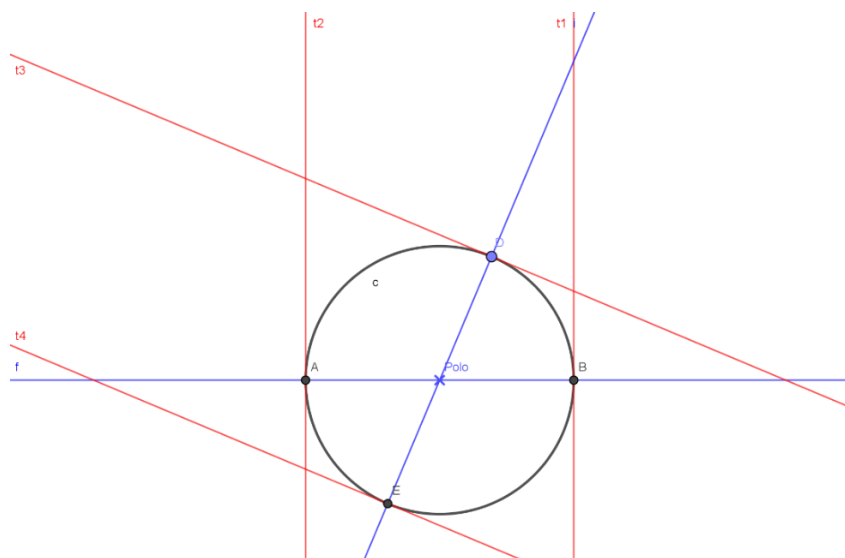
Figura 11 – seção por um plano α no cilindro reto



Fonte: a autora (2021)

Sendo um caso, onde o centro S é impróprio e os eixos ou retas limites também são impróprios, o centro da curva imagem – elipse – coincidirá com o centro da curva objeto – circunferência da base do cilindro. O Polo é o próprio centro C da curva e a Polar estará no infinito. Senão, vejamos: ao traçarmos pelo centro $C = \text{Polo}$, as secantes AB e DE , e ao traçarmos por suas extremidades as tangentes $t1$, $t2$ e $t3$, $t4$, respectivamente, as retas serão paralelas entre si e encontrarão a Polar no infinito, conforme a figura 12.

Figura 12 – Polo Polar, com Polo = Centro da circunferência



Fonte: a autora (2021)

Segundo o teorema apresentado em FIC (1968, p. 474), “a seção dum cilindro de revolução por um plano que corta todas as geratrizes é uma elipse, que tem por eixo menor, o diâmetro do cilindro”. Tal condição pode ser verificada na V.G. da elipse rebatida sobre a vista em π_2 (figura 11), na qual ainda podemos verificar a coincidência dos centros das duas curvas.

3.3 Caso 3 - Seção plana na pirâmide

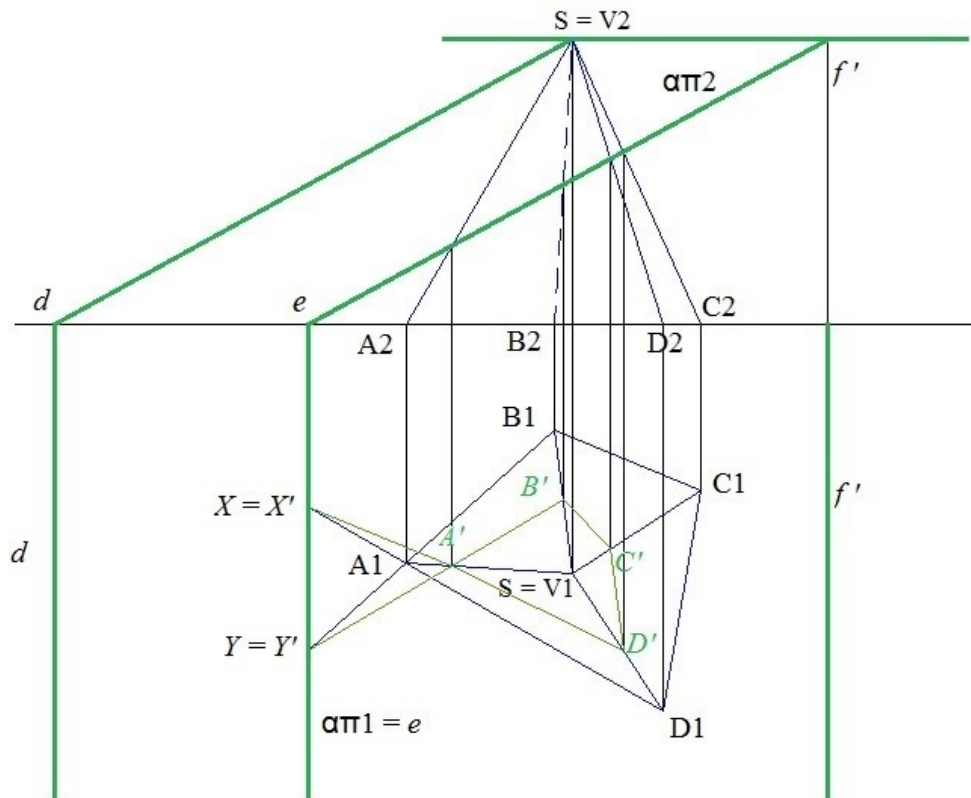
Analogamente, as seções realizadas nas pirâmides assumem as mesmas relações homológicas das seções realizadas nos cones, tal como veremos na discussão seguinte.

No exercício 3.5.3, Costa e Costa (1994), mostram a presença dos elementos da homologia na seção realizada numa pirâmide de base triangular.

Na figura 13, podemos observar que o vértice da pirâmide cortada será o Centro de Homologia (S), a base da pirâmide ($ABCD$), assentada no Plano π_1 será o objeto e a seção realizada ($A'B'C'D'$) será a imagem. O traço do plano da seção $\alpha\pi_1$, será o eixo de homologia e .



Figura 13 – seção por um plano α numa pirâmide reta

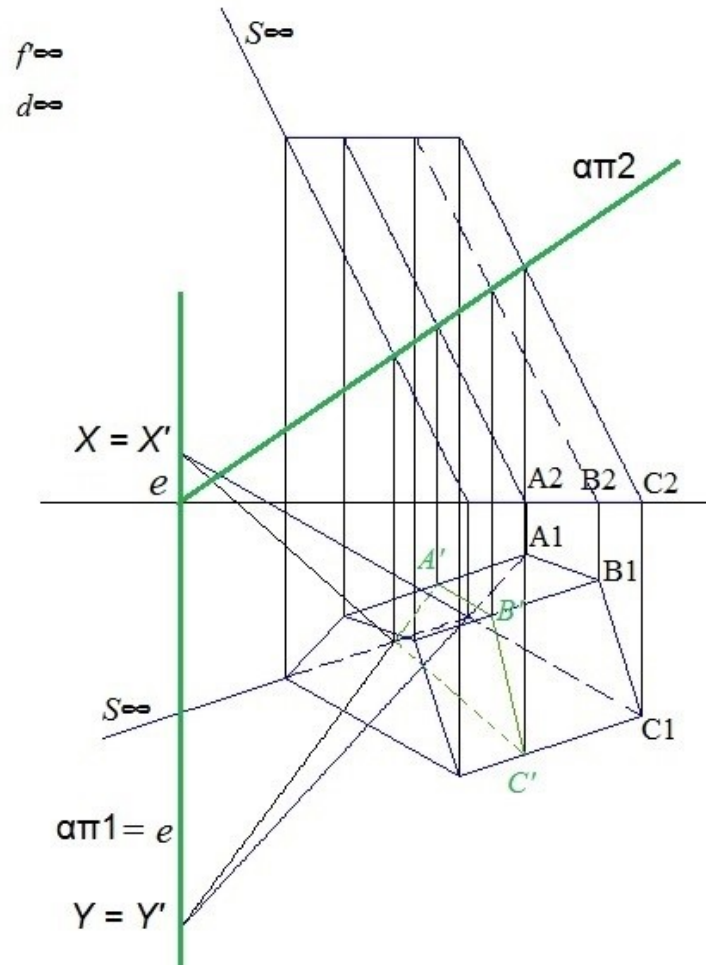


Fonte: a autora (2021)

Ao traçarmos pelo centro S um plano paralelo ao plano da seção α , encontramos em $\pi1$, o eixo de desvanecimento d . O eixo de fuga f' , será o traço do plano paralelo à base $ABCD$, traçado pelo centro S , que corta o plano imagem α – plano da seção. Tal como no cone, temos um caso geral de Homologia.

3.4 Caso 4 - Seção plana no prisma

Ao seccionarmos um prisma por um plano que corta todas as suas arestas obtemos um polígono de número de lados igual ao número de lados da base do prisma seccionado. A seção será a imagem da base do prisma assentado em $\pi1$. O centro de homologia S será impróprio na direção das arestas do prisma seccionado. Tal como no caso do cilindro, sendo S impróprio, os eixos de fuga f' e de desvanecimento d , serão também impróprios. O eixo de homologia e , por sua vez, será o traço $\alpha\pi1$ no plano objeto.

Figura 14 – seção pelo plano α no prisma de base quadrangular

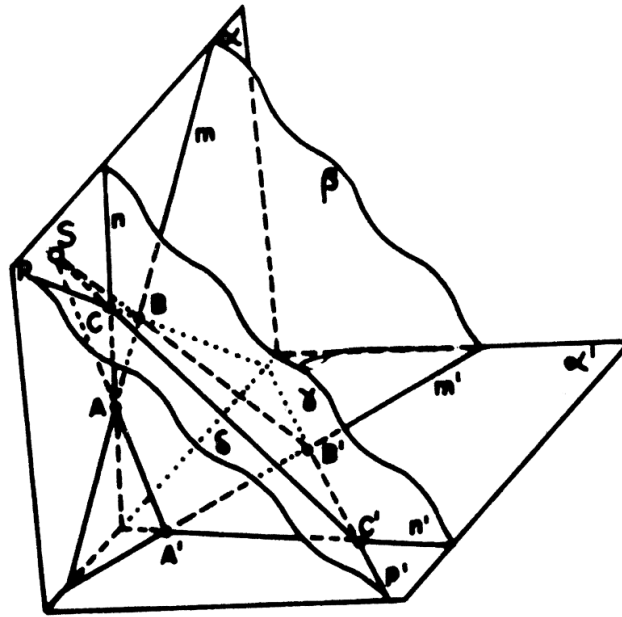
Fonte: a autora (2021)

Novamente, teríamos um caso de Afinidade Homológica (RODRIGUES, 1968; COSTA e COSTA, 1994).

Para finalizarmos a nossa, análise, apoiamos a nossa defesa na discussão e apresentação do Teorema de Desargues realizada por Costa e Costa (1994), tal como se pode observar na figura 15. No referido texto os autores destacam os planos α , β e γ , formados por retas homólogas –objeto e imagem – cujas interseções, são as projetantes $AA'S$, $BB'S$ e $CC'S$, de tal forma que a figura gerada nada mais é que uma pirâmide de base em α' , de vértice S , cortada pelo plano α . Descrição semelhante, apresenta Soares (1962) ao apresentar o mesmo teorema e retas limites dos planos imagem e objeto, respectivamente d e f). Do mesmo modo, ao enunciar a definição da pintura pelo uso do perspectógrafo, Alberti (1547), se refere a ela [pintura], como sendo a seção de uma pirâmide cuja base é o objeto real a ser retratado, e cujo centro é o olho do pintor.



Figura 15 – Homologia – Teorema de Desargues



Fonte: Costa e Costa, p. 148 (1994)

Deste modo, pintura e teorema de Desargues, descrevem a mesma figura geométrica – no sentido teórico e idealizado – que materializamos ao realizar as seções por meio da linguagem gráfica, ou seja, o desenho.

4. CONCLUSÕES

Todas as projeções realizadas dos elementos geométricos (sólidos ou entes primitivos) são operações projetivas homológicas, onde podemos ter o centro S próprio, para o caso das projeções cônicas; ou o centro S impróprio, para o caso das projeções cilíndricas.

Outrossim, as próprias seções planas realizadas nas superfícies curvas ou poliédricas, são casos de transformações projetivas com respeito as bases das mesmas. Elas podem ser consideradas a transformação da base por um centro S próprio (vértice), nos casos dos cones e pirâmides; ou um caso de S impróprio (direção das arestas ou geratrizes), nos casos de cilindros e primas. Respectivamente, teremos um caso geral de Homologia ou um caso de Afinidade Homológica.

Todos os elementos da homologia se encontram presentes e determinados para cada uma das situações, sejam eles próprios ou impróprios, mantendo ainda suas relações de paralelismo ($e // f // d$) e distância ($d \longleftrightarrow e = f \longleftrightarrow S$; $d \longleftrightarrow S = e \longleftrightarrow f$).

Ainda ressaltamos, que o cone pode ser considerado como uma pirâmide com um número infinito de lados, onde a base se aproxima da



circunferência; e o cilindro, como um prisma de um número infinito de lados, cuja base também se aproxima da circunferência. Além disso, o cilindro pode ser considerado como um cone, cujo vértice está no infinito; e o prisma, como uma pirâmide cujo vértice também está no infinito.

Apoiando-nos ainda no pensamento de Diderot em *L'interpretazione della natura* (1753 apud CONSIGLIO, 2014), de que na matemática, examinando todas as propriedades de uma curva – no caso, as cônicas –, não encontramos nada além da mesma propriedade apresentada em diferentes aspectos, ou seja, a elipse é equivalente à circunferência, podemos tomar a seção que se apresenta como tal curva como uma transformação da circunferência. Isso reforça nossa análise das seções planas como casos de homologias.

Assim sendo, estas figuras e suas seções podem ser consideradas desde a ótica das Transformações Projetivas, especificamente, dentro de casos da Homologia, onde podemos encontrar os seus elementos, quais sejam o eixo de homologia e , as retas limites d e f , e o centro de homologia S , tal como apresentamos nos casos estudados neste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAJO, F J R; BENGUA, V A. "Transformaciones Geométricas", **Dibujo Técnico II: 2º Bachillerato**. Barcelona: Editorial Donostiarra, 2006, p.37-58. ISBN: 978-84-7063-299- 0.
- ALBERTI, L B. **La Pittura**. Veneza: 1547. Tradução de Lodovico Domenichi. Disponível em: <http://dlib.bibl.hertiz.it/perspectiva/doc09.I.html>. Acesso em 10 de maio de 2019.
- ALMEIDA-NETO, J de T P. A. "Geometria Projetiva e seu Papel na Geometria Descritiva", in **Anais do 11º Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**. Recife: Gráfica da ETFPE, p. 54-61, v. 1, 1994.
- BUSTAMANTE, L S. "Geometria Projetiva e seu Papel na Geometria Descritiva", in **Anais do 11º Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**. Recife: Gráfica da ETFPE, p. 41-53, v. 1, 1994.
- CAVALCANTI, A C; V R MELO; F A M, SOUZA. "Habilidades Profissionais Colaborativas para Engenheiros por meio da Geometria Descritiva", **REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA**, Recife, v.3, n.1: P70-P82, 2019.
- CONSIGLIO, F. "Il concetto di Natura nella filosofia di Denis Diderot", **Alia: revista de estudios transversales**, Nº. 3, 2014, p. 7-22. ISSN-e 2014-203X. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4747940>. Acesso em: 29 de maio de 2020.





COSTA, M D. "Geometria Projetiva e seu Papel na Geometria Descritiva", in **Anais do 11º Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**.

Recife: Gráfica da ETFPE, p. 62-73, v.1, 1994.

COSTA, M. D.; COSTA, A. **Geometria Gráfica Tridimensional**. Vol. 03. Recife: Editora Universitária, 1994.

FIALHO, F A P; ULBRICHT, V; SANTOS, N. "O emprego da Geometria Projetiva na axonometria", in **Anais do 11º Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**. Recife: Gráfica da ETFPE, p. 154-160, v. 1, 1994.

F.I.C. **Elementos de Geometria Descritiva**. 16a Edição. Rio de Janeiro: F. Briguiet & Cia, 1960. Tradução e adaptação Eugenio B. Raja Gabaglia.

GUISIN, L. Transformaciones geométricas, **Revista de Educación Matemática**, v. 15, n. 3, 11, 2000.

MARIOTTI, M. A. **A geometria em sala de aula: reflexões sobre ensino e aprendizagem**. Recife: Editora UFPE, 2019. Tradutora: Sandra de Souza Melo. 232 p.

MELO, S de S. "Un análisis estético-homológico de un artista surrealista contemporáneo", in **Revista Geometría Gráfica**, v. 1, n. 1 (2017). P. 61-80.

_____. **As Relações Projetivas no Sistema Cônico**. Recife: 1993. Monografia de conclusão de curso de especialização.

_____. **As transformações geométricas: isometrias, semelhanças, afinidades, projetividades**. Recife: autora, 2020. Apostila de Geometria Projetiva.

NETO, A; PIZA, J de T. "Geometria Projetiva e seu Papel na Geometria Descritiva" In **Anais do 11º Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**. Recife: Gráfica da ETFPE, 1994.

NETO, F Q. **Tradução Comentada da Obra "Novos Elementos das Seções Cônicas" (Philippe de La Hire - 1679) e sua Relevância para o Ensino de Matemática**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, Mestrado em Ensino de Matemática da UFRJ – Instituto de Matemática, Rio de Janeiro, 2008. 319 p.

PINHEIRO, V A. **Geometrografia 2**. Rio de Janeiro: Aula Editora, 1986.

RODRIGUES, A J. **Geometria Descritiva - Projetividades Curvas e Superfícies**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1968.

SANCHEZ-MARMOL, L; PEREZ-BEATO, M. **Geometría Métrica, Projectiva y Sistemas de Representación**. 2ª edição. Volume I. Madri: SAETA, 1945.

SOARES, M L. **Fundamentos da Geometria Projetiva aplicados à Descritiva**. Maceió: Escola de Engenharia da Universidade de Alagoas, 1962.





VALCARCE, P R A. "O Ensino da Geometria nas Faculdades Federais de Arquitetura e Urbanismo do estado do Rio de Janeiro". **Revista Geometria Gráfica**, v. 2, n. 2 (2018).

Artigo recebido em 18/04/2021 e aceito em 21/05/2021



A Realidade Virtual e o Processo de Avaliação do Projeto na Arquitetura

Virtual Reality and the Project Evaluation Process in Architecture

Christianne Soares Falcão

Doutora em Design pela
Universidade Federal de
Pernambuco
christiannefalcão.arq@gmail.com
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-8227-0412>

Breno Carvalho

Doutor em Design
Docente na graduação em Jogos
Digitais e no Mestrado em
Indústrias Criativas
Universidade Católica de
Pernambuco
Breno.carvalho@unicap.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-4449-4036>

Brenda de Paula Calife

Graduanda em Arquitetura e
Urbanismo
Universidade Católica de
Pernambuco
brendakane13@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2582-9662>

Erick Bruno Bastos Barros

Graduação em Jogos Digitais
Universidade Católica de
Pernambuco
erickbrunobb@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3458-641X>

RESUMO:

A avaliação em arquitetura é uma etapa do processo de design para o desenvolvimento de um artefato a partir de protótipos, que são construídos com base em técnicas de prototipagem. A partir de um protótipo, o interlocutor materializa seu conceito para ser melhor compreendido, explorado, comunicado e avaliado por outro interlocutor. Este protótipo pode ser físico ou virtual. Com base neste fator, este estudo propõe o desenvolvimento de um ambiente tridimensional para visualização de um artefato arquitetônico utilizando as tecnologias de prototipagem virtual e realidade virtual. A metodologia utilizada baseia-se em uma pesquisa qualitativa, seguindo as etapas: revisão da literatura, estudo sobre os dispositivos utilizados na simulação em realidade virtual, construção do cenário virtual e montagem da interação no software Unity e teste piloto. Como resultado, um protótipo virtual foi construído, permitindo a coleta de dados sobre a experiência do usuário e as demandas no cenário escolhido.

Palavras-chave: Protótipo virtual; simulação em ambiente virtual; software Unity.

ABSTRACT:

The evaluation in architecture is a step in the design process for developing an artifact using prototypes, which are built, based on prototyping techniques. From a prototype, the interlocutor materializes his/her concept to be better understood, explored, communicated and evaluated by another interlocutor. This prototype can be physical or virtual. Based on this factor, this study proposes a development of a three-dimensional environment for visualization of an architectural artifact using technologies like virtual prototyping and virtual reality. The methodology used is based on a qualitative research, following the steps: literature review, study on the devices used in the simulation in Virtual Reality, construction of virtual scenario and assembly of the interaction in Unity software and a pilot test. As a result, a virtual prototype was built, allowing data collecting about the user experience and demands in the chosen scenario.

Keywords: Virtual Prototype; Virtual Environment Simulation; Unity software.



1. INTRODUÇÃO

A avaliação do projeto de arquitetura corresponde a uma etapa do processo de projeto para desenvolvimento de uma edificação a partir do uso de protótipos, que são construídos com base nas técnicas de prototipagem. O protótipo permite ao arquiteto materializar o projeto que está sendo desenvolvido para ser melhor compreendido, explorado e avaliado pelo cliente. Para tal, a prototipagem virtual, como ferramenta de apresentação de projetos, vem apresentando um alto nível de realismo nas representações visuais a partir do desenvolvimento de *softwares*, permitindo a interação com modelos complexos de objetos e ambientes que são processados de forma realística e em tempo real a partir da tecnologia da realidade virtual.

Conforme Alcoforado (2007), é através de um protótipo que o interlocutor materializa o seu conceito para ser melhor compreendido, explorado, comunicado e avaliado por um outro interlocutor. Este protótipo podendo ser físico ou virtual, é desenvolvido com o objetivo de compreender, explorar, avaliar e comunicar um ou mais atributos do produto que está sendo desenvolvido.

Durante o processo de projeto, o artefato arquitetônico é planejado a partir de uma ação criativa, no qual o arquiteto individualmente ou em grupo, primeiramente pensa o projeto, passando para o estágio em que os desenhos chegam aos contratantes, apresentando a forma como este deve ser construído. No entanto, muitas das técnicas utilizadas neste processo não são compreendidas por todas as partes (projetistas e clientes), como por exemplo a apresentação em duas dimensões do projeto. As recentes inovações baseadas nas tecnologias da prototipagem virtual e realidade virtual podem tornar este diálogo mais acessível, apontando um campo do conhecimento promissor para pesquisas.

Na avaliação da interação usuário x artefato arquitetônico, as atividades desencadeadas estão correlacionadas com uma complexa combinação de estímulos sensoriais que chegam através de diferentes canais, a visão, a audição e o tato. Para que os resultados destas avaliações sejam validados, é preciso que os protótipos utilizados possam replicar o comportamento e a aparência do conceito do artefato, e esta capacidade está estritamente ligada com o desempenho das tecnologias de simulação, tanto de *hardware* como de *software* (FERRISE; BORDEGONI; GRAZIOSI, 2013). O desenvolvimento das tecnologias em ambientes virtuais, especificamente da realidade virtual, tem levado ao desenvolvimento de interfaces mais intuitivas para o design, possibilitando a execução das atividades de testes com usuários a partir da interação com protótipos virtuais (SHEN; ONG; NEE, 2010). Com o desenvolvimento de ambientes multimodais e multissensoriais, é possível ao usuário interagir com o modelo digital de forma similar como interage com um modelo físico (FERRISE; BORDEGONI; CUGINI, 2013).

Conforme Sherman e Craig (2003), o ambiente virtual corresponde a uma instância de um mundo virtual apresentado num meio interativo tal como





a realidade virtual. Estes ambientes têm como característica serem interativos, multissensoriais e sintetizados por computador, que quando manipulados pelos participantes, permitem uma simulação (BARFIELD; NASH, 2006).

Neste contexto, a visualização imersiva de objetos em três dimensões em tempo real proporcionada pela tecnologia da realidade virtual pode ser utilizada para a observação do artefato em desenvolvimento a partir de uma simulação, constituindo um elemento transformador nesse processo de forma mais participativa, ao promover testes mais eficazes e abrangentes, possibilitando aos usuários reais a interação com dispositivos através de todos os sentidos e não apenas a visão.

Com base neste fator, o artigo propõe o desenvolvimento de um ambiente tridimensional para visualização de um artefato arquitetônico em Realidade Virtual. Após vários testes com a equipe de alunos e professores dos curso de Arquitetura e Urbanismo e Jogos Digitais, o protótipo virtual foi sendo aprimorado para uma melhor experiência do usuário na navegabilidade, seguido de um teste piloto em ambiente não imersivo para avaliação da qualidade gráfica e interação com o ambiente virtual. Como desdobramento deste estudo, pretende-se investigar possibilidades de aplicação da tecnologia da prototipagem virtual e realidade virtual no processo de avaliação do projeto.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo se fundamenta em uma pesquisa qualitativa, cuja construção do cenário escolhido, permitirá a coleta de dados sobre a experiência do usuário e avaliação de projetos a partir da simulação em ambientes virtuais. A pesquisa qualitativa é indicada para estudos explicativos em um conjunto contemporâneo de acontecimentos, sobre os quais o investigador tem pouco ou nenhum controle (YIN, 2009).

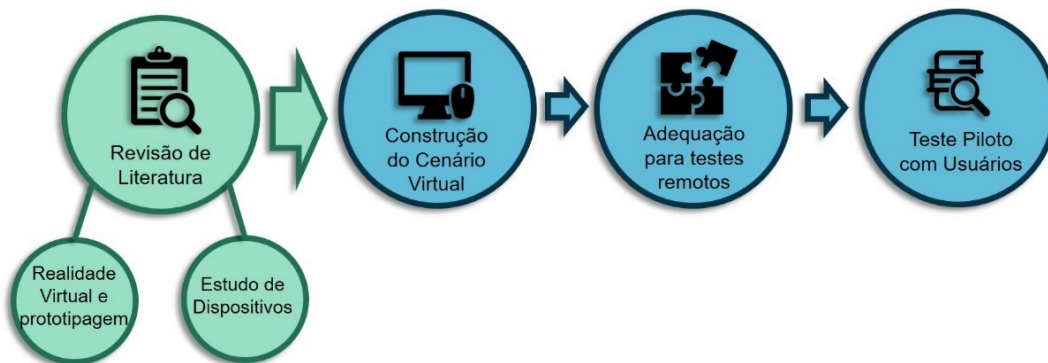
Considerando os objetivos apontados, a pesquisa exploratória foi aplicada em um teste piloto para avaliar a qualidade gráfica e funcionalidade do protótipo. Conforme Gil (1996), este tipo de pesquisa foca na familiarização com o problema, construindo os conhecimentos necessários para melhor compreendê-lo. A construção do protótipo e testes foram baseados na revisão de literatura, ou seja, a partir de estudos baseados em materiais já publicados (MARCONI; LAKATOS, 2010). Neste contexto, foi realizado um levantamento bibliográfico para a construção do cenário virtual e elaboração de um questionário pós-teste, buscando dados que fundamentem uma proposição para o problema, sendo categorizada como pesquisa aplicada.

No que se refere às ações, as atividades realizadas foram: (a) Revisão de literatura; (b) Construção do cenário virtual; (c) Adequação do cenário para os testes e (d) Teste piloto com usuários (Figura 1).





Figura 1: Procedimentos metodológicos da pesquisa.



Fonte: Autores.

Como primeira etapa, a revisão bibliográfica foi realizada a fim de construir um repertório de definições e argumentos para o desenvolvimento da pesquisa. Na etapa referente à construção do cenário virtual para análise da interação do usuário com o ambiente virtual, foi escolhido um projeto de uma residência unifamiliar para o desenvolvimento do protótipo virtual.

Com o protótipo virtual concluído, dois passos foram seguidos para a preparação dos testes, conforme sugerido por Barnum (2011):

- Walkthrough: leitura dos desenvolvedores do protótipo das tarefas a serem realizadas e todos os recursos de *software* e *hardware*. Com base nos resultados desta etapa, a qualidade gráfica foi melhorada e o protótipo foi adequado para ser avaliado de forma remota.
- Teste Piloto: consiste em um ensaio geral com um usuário real para refinar o procedimento experimental e esclarecer as definições de vários fatores que serão avaliados. Para avaliar o aplicativo e a interação do usuário com o protótipo virtual, assim como a qualidade gráfica, um teste piloto em realidade virtual não imersiva foi realizado.

3. SIMULAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual (RV) corresponde a uma simulação em tempo real a partir de uma interface de alta qualidade entre o usuário e o computador, proporcionando uma interação através de múltiplos canais sensoriais, tais como a visão, audição, tato, olfato e paladar (BURDEA; COIFFET, 2003). Kirner e Siscoutto (2007, p.9) definem a RV *"como uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário navegar e interagir, em tempo real, com um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais."*

A navegação no ambiente virtual possibilita a interação com objetos tridimensionais, sendo esta a habilidade de movimentar-se e explorar as diversidades de uma cena em três dimensões, como bem compara Gutiérrez et al. (2008), a semelhança de se caminhar em uma floresta. A interação

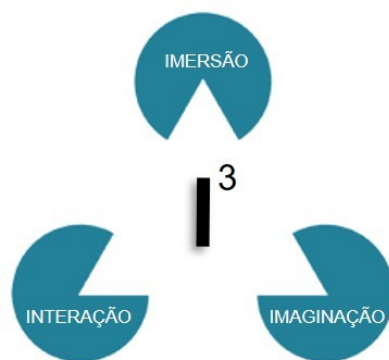


corresponde a possibilidade de escolha e manipulação de objetos no cenário virtual, ou seja, pegar e examinar uma flor da floresta.

Com base nestes fatores, é possível classificar a RV tanto interativa como imersiva, e a interface com o usuário é determinada pela capacidade do sistema de computador detectar e reagir às suas ações. *“Quanto mais realista e natural for a interação, maior será o engajamento do usuário e a eficiência da simulação”* (VASCONCELOS, 2015, P. 148).

Burdea e Coiffet (2003) acrescentam mais uma característica da RV, a imaginação, como sendo a capacidade mental do usuário em perceber as coisas existentes. Desta forma, os três vértices (I^3), Interação, Imersão e Imaginação, são essenciais para um bom desempenho da simulação em ambiente virtual (Figura 02).

Figura 2: Os três I's da RV.



Na figura é possível visualizar o triângulo branco, porém este não existe. A sua imagem é construída a partir dos três círculos recortados e a nossa mente o percebe a partir destas partes perdidas, existindo apenas na imaginação, assim também é a realidade virtual

Fonte: Adaptado de Burdea e Coiffet (2003)

A imersão corresponde a um fator fundamental, permitindo ao usuário sentir-se parte do mundo simulado, ao invés do mundo simulado ser uma característica do mundo real. Conforme Gutierrez et al. (2008), o grau de imersão pode ser caracterizado de acordo com as configurações de interface com o usuário, sendo estas:

- Imersiva.** A partir do uso de um dispositivo HMD (head-mounted display) ou óculos RV.
- Semi-imersiva.** A partir da projeção tridimensional em grandes telas.
- Não imersiva.** A partir da projeção tridimensional na tela do computador.

A medida para determinar o grau de imersão é dada pela capacidade do usuário em interagir e comunicar-se com o cenário virtual de forma similar como interage no mundo real. Para tal, vários dispositivos podem ser utilizados para navegação em ambiente virtual, como os controles de movimentos, que permitem o reconhecimento dos gestos naturais das mãos em tempo real, como também um óculos RV.



3.1. A RV aplicada ao processo de projeto na Arquitetura

O processo de projeto de artefatos arquitetônicos pode ser considerado como uma atividade em equipe, no qual a comunicação e colaboração entre os integrantes envolvidos é fundamental. Por outro lado, é importante incluir o usuário para uma melhor compreensão da eficiência do projeto. Com base em Tideman et al. (2008), podemos apontar os seguintes fatores para uma melhor comunicação entre o arquiteto e o cliente:

- Uma comunicação direta e explícita entre o arquiteto e o cliente precisa ser estabelecida, devendo minimizar a possibilidade de má interpretação de ambos os lados.
- O cliente precisa estar apto para uma compreensão realística sobre a proposta de projeto, sendo capaz de avaliar com segurança o funcionamento e a experiência do design sob diversas circunstâncias.
- O cliente deve ser capaz de avaliar as consequências das decisões de projeto de forma consciente, que devem ser apresentadas de forma compreensível, independentemente da formação do participante.

Com o objetivo de atender a tais requisitos, podemos apontar a aplicação da Realidade Virtual nas fases de desenvolvimento do projeto, apresentando características de interação tridimensional intuitiva, possibilitando ao projetista a exploração de sua criatividade no desenvolvimento e conceitos a partir da imersão em ambiente virtual. Exemplos podem ser encontrados nos estudos de Oliveira et al. (2017) e Neto et al. (2016).

Desta forma, simular um ambiente virtual realista a ponto de permitir o desenvolvimento de testes com artefatos arquitetônicos como se fossem reais, consiste um grande benefício ao arquiteto. A RV, neste contexto, permite uma simulação do protótipo virtual para que seja visualizado em tamanho real e manipulado diretamente pelos usuários, permitindo *feedback* e um melhor desenvolvimento da criatividade. Exemplos podem ser encontrados nos estudos de Ozacar et al. (2017) e Juan et al. (2018).

4. DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO VIRTUAL

Para a construção do protótipo virtual foi utilizado um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar desenvolvido por um dos professores pesquisadores, tendo em vista que o objetivo da pesquisa foi analisar a qualidade gráfica da representação tridimensional do projeto a partir do ponto de vista do usuário e não a estética ou funcionalidade do mesmo. Como primeira etapa de construção do protótipo, foi utilizado o *software* Sketchup, possibilitando importar para o computador os elementos arquitetônicos da edificação respeitando as suas dimensões reais. Para tal, foram seguidas três etapas: **concepção, importação e modelagem** (Figura 3).

Concepção: corresponde a representação do projeto criado por um arquiteto ou equipe, a partir de desenhos bidimensionais no *software* AutoCad.





Com a **importação** do arquivo do AutoCad, as informações do projeto foram transferidas para o Sketchup, a fim de construir um modelo tridimensional o mais fiel possível ao projeto. Por último foi feita a **modelagem** do protótipo virtual, criando-se a réplica do terreno onde o projeto foi construído, seguindo as seguintes ações:

- a. A planta baixa foi locada no terreno e sobre esta foi dado início à montagem da estrutura tridimensional do edifício (vigas, paredes, coberta, etc).
- b. Com base nos cortes transversais e longitudinais, foram inseridos o mezanino, as aberturas das portas e janelas e a escada helicoidal.
- c. Ao finalizar o volume tridimensional, foram aplicadas texturas, tais como, vegetação e revestimento em pedra e madeira.

Figura 3: Vista da fachada principal do modelo construído no Sketchup.



Fonte: Autores.

Ao final do processo de modelagem no Sketchup, o arquivo foi exportado para o *software* da Autodesk Maya para o mapeamento UV, sendo necessário modificar a geometria do objeto para ser compatível com a engine – motor gráfico - em que a interação será produzida. Este procedimento é importante para que o modelo 3D tenha uma certa fluidez e garantir o processamento eficaz do aplicativo. As ações nesta etapa corresponderam a **Importação, retopologia e mapeamento UV** (Figura 4).

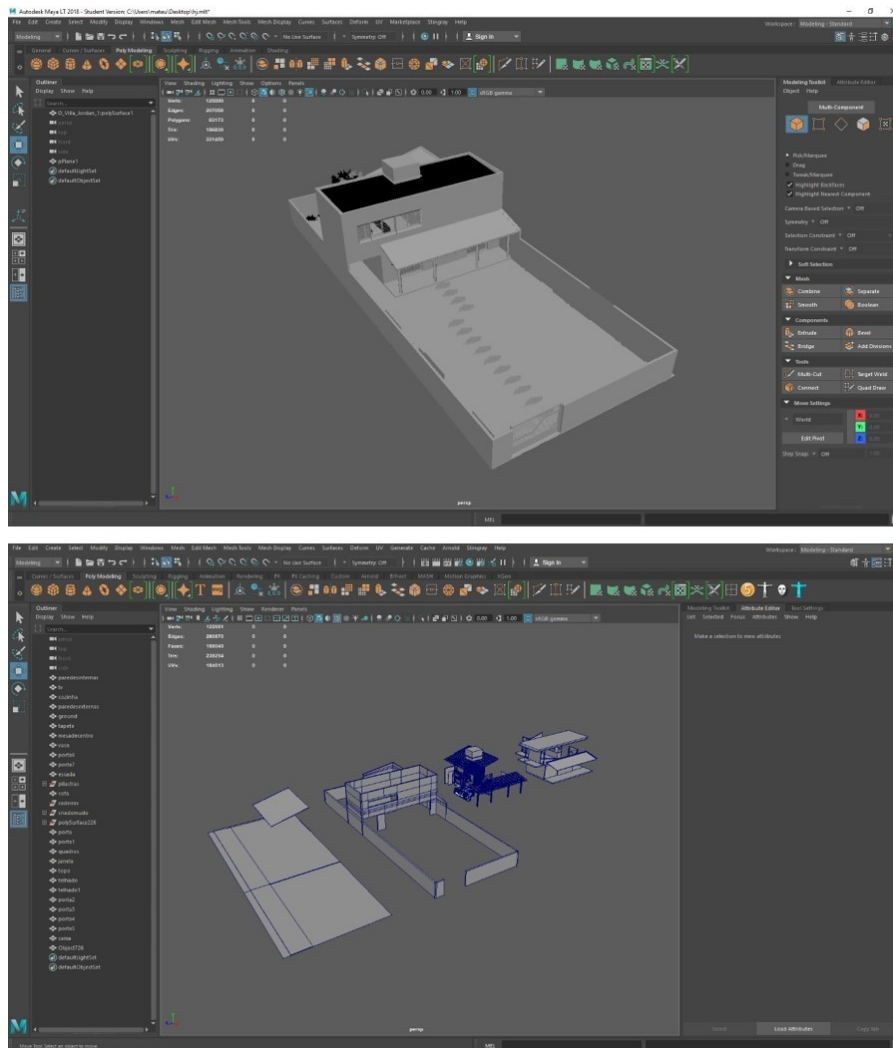
- d. A **importação** foi feita por intermédio de um arquivo com o formato OBJ ou FBX, exportado pelo Sketchup. Desta forma o modelo é desagrupado, promovendo a separação de todos os elementos em instâncias diferentes.
- e. A **retopologia** é a etapa na qual a geometria do objeto é refeita. Um modelo 3D consiste em vértices, arestas e faces que usam a representação poligonal, incluindo triângulos e quadrados, para definir uma forma tridimensional. O número desses elementos é diretamente



ligado à complexidade do processamento que o aparelho vai realizar quando o aplicativo for executado.

- f. **Mapeamento UV** é o processo de projetar uma imagem 2D em um objeto 3D por meio de mapeamento de textura. Um mapa UV pode ser gerado automaticamente pelo *software*, criado manualmente pelo artista, ou a combinação de ambos.

Figura 4: Modelagem do protótipo no software Maya.



Fonte: Autores.

Mais adiante, o protótipo foi texturizado no Substance Painter, proporcionando uma volumetria mais realista e leve, seguindo as seguintes três etapas:

- g. A **importação** do modelo trabalhado no Maya foi feita por meio de um arquivo FBX.
h. A **escolha das texturas** tomou como base as referências do projeto para aplicação no protótipo.
i. As texturas foram **exportadas** para o Unity 3D em formato de imagem.



Dando continuidade à prototipagem, no *software* Unity, foram realizadas as seguintes etapas para a finalização do ambiente em realidade virtual - **configuração, importação, programação e acabamento**:

- j. Foi realizada a **Configuração** a partir do *download* do Android SDK na plataforma para compatibilização do Unity com aparelhos Android e posterior uso na visualização imersiva através do dispositivo Cardboard;
- k. Em relação aos *softwares* anteriormente utilizados, Maya e Substance Painter, foi feita a **importação** do cenário aprimorado em fbx.
- l. A **programação** se fez necessária para o manuseio/interação do usuário com o protótipo virtual, configurando: (1) A câmara, adicionando a função Character Controller, que permite o personagem se movimentar facilmente pelo protótipo. (2) Adiciona-se colliders, que impedem que o usuário atravessasse paredes, objetos ou caia do mapa. (3) Implementação de objetos interativos através de triggers, que permitem o acionamento de uma ação a partir da interação/movimento do usuário, no ambiente. Sendo este locado na porta da fachada principal, na porta da fachada posterior e na escada no interior da edificação.
- m. Por fim, foi feito o **acabamento** com a substituição das texturas que vieram corrompidas.

A partir da finalização da prototipagem no Unity desenvolveu-se um cenário imersivo e interativo do projeto da residência em estudo (Figura 5).





Figura 5: Vista do protótipo virtual finalizado no Unity.



Fonte: Autores.

Com o protótipo virtual concluído, foram realizados testes com a equipe composta por um professor e dois alunos de iniciação científica do curso de Arquitetura e Urbanismo e um professor e um aluno de iniciação científica do curso de Jogos Digitais. Foi apontado a necessidade de correções e melhorias no cenário virtual, passando para a etapa de aperfeiçoamento através das seguintes ações:

Modelagem: A partir da importação e exportação do modelo entre softwares, elementos foram perdidos e dimensões alteradas, sendo necessário ajustes para adequar ao projeto. O *software* Unity foi utilizado para reposicionar o portão de entrada, ajustar a moldura das janelas na fachada posterior e repaginar a vegetação do espaço de jardim para que o protótipo ficasse mais realista. O *software* Autodesk Maya foi utilizado para a modelagem de telhas cerâmicas em 3D para replicação no telhado, o redimensionamento das janelas e brise da fachada frontal. Além disso, foram identificadas imperfeições nos polígonos de portas e janelas, apresentando faces invisíveis e que foram corrigidas a partir da modelagem 3D.



Qualidade gráfica: Ajustes na textura para se adequar aos materiais especificados no projeto, tais como, madeiramento do telhado, piso em pedra do agenciamento e gramado. Foi também acrescentado um “skybox”, que corresponde a um domo ao redor do protótipo que simula o céu, com o propósito de tornar a experiência mais agradável (Figura 6).

Locação dos elementos de interação: Com o objetivo de tornar a experiência do usuário mais dinâmica, foram inserido painéis com as seguintes especificações: área construída; materiais de revestimento e zoneamento, conforme apresenta a Figura 7.

Figura 6: Melhorias na qualidade gráfica do protótipo virtual.

Protótipo antes das alterações



Protótipo depois das alterações



Modelagem: Paisagismo refeito; detalhamento das esquadrias e telhado.

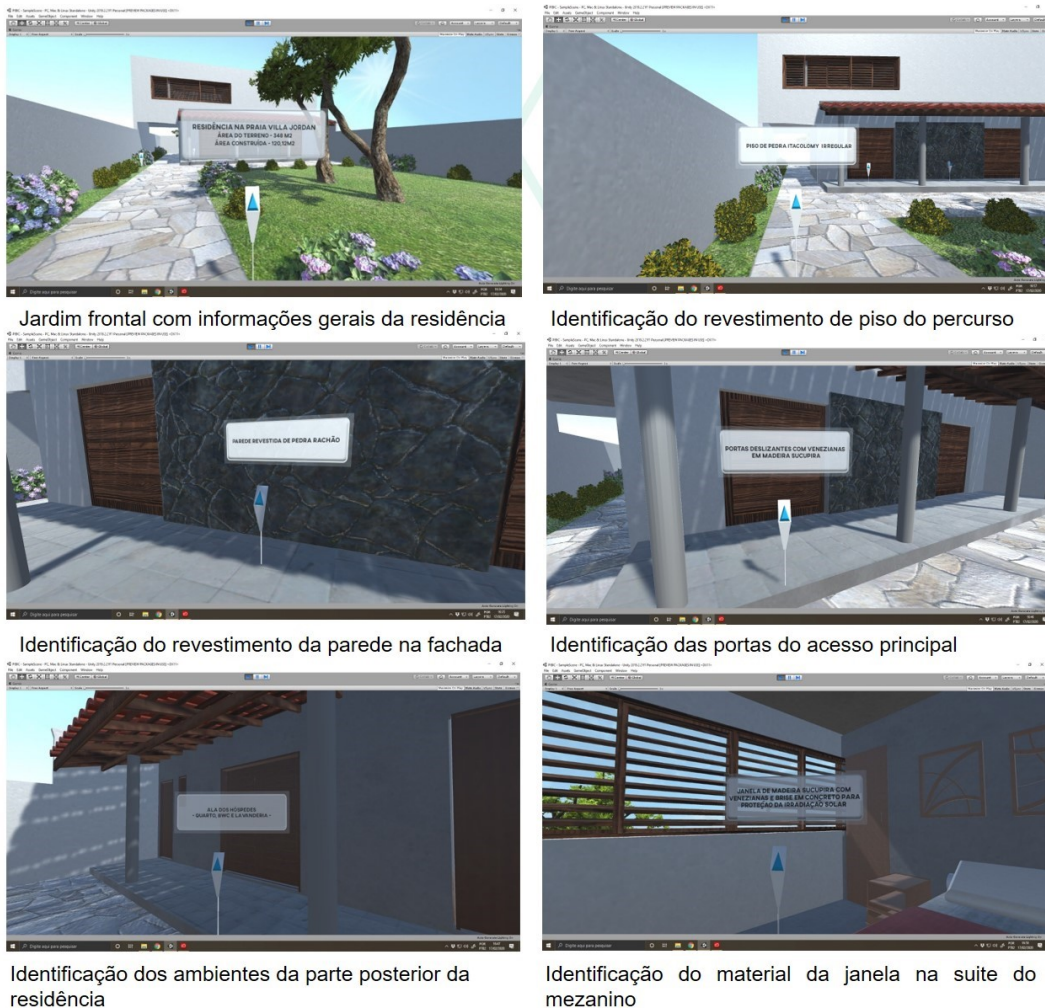
Qualidade gráfica: Desenho da textura dos percursos e grama.



Fonte: Autores.



Figura 7: Locação dos painéis com informações do projeto no protótipo virtual.



Fonte: Autores.

5. TESTE PILOTO

O estudo de campo teve como objetivo avaliar a interação do usuário com o protótipo virtual a partir de um estudo piloto. Para tal foi desenvolvido um aplicativo que permitia ao usuário interagir com o protótipo em um ambiente virtual a partir da tela do seu próprio computador. No aplicativo foram programados comandos que possibilitavam a movimentação em tempo real nos ambientes externos e internos do edifício, assim como acesso aos painéis de interação com as especificações do projeto.

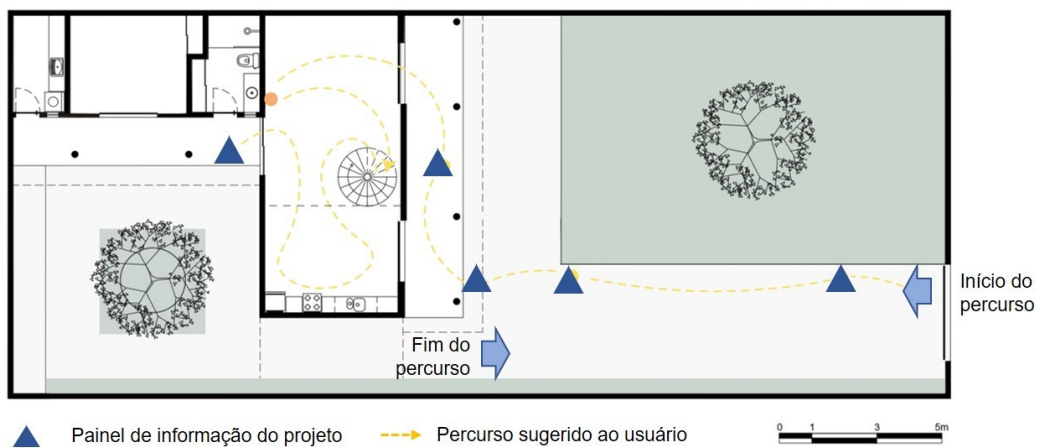
Os procedimentos para o teste foram primeiramente aprovados pelo Conselho de Ética da universidade e teve como primeira etapa o envio de um e-mail para cada usuário com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para análise e aceite-se. Ao receber a resposta positiva, foi agendada uma data e horário para a realização do teste remoto utilizando a ferramenta Google Meet.



No horário previamente estabelecido e com o usuário conectado, a tarefa a ser realizada no teste foi apresentada e no final o pesquisador perguntava se o usuário ainda tinha alguma dúvida. Foi também solicitada a permissão para que todo o teste fosse gravado para posterior análise dos resultados.

A tarefa sugerida ao participante consistia em seguir um percurso conforme apresentado no mapa da Figura 8. A navegação no protótipo virtual iniciava no portão e acessava o interior da edificação pela porta principal da fachada frontal, finalizando na parte posterior externa, permitindo a visualização dos elementos construtivos.

Figura 8: Planta Baixa do térreo com a indicação do percurso sugerido aos usuários.



Fonte: Autores.

Outra informação importante passada ao participante, era que o mesmo poderia cancelar sua participação em qualquer fase da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo. Em caso de desistência, o participante seria automaticamente substituído para que o número total previsto fosse atendido.

Ao final do teste, o participante era convidado a responder um questionário on-line utilizando a ferramenta Google Forms. Nenhuma das questões coletava informações pessoais que pudessem identificar o participante e causar-lhe algum prejuízo.

Os testes foram realizados com seis (6) estudantes de arquitetura e urbanismo, com idade acima de 18 anos. A escolha dos participantes foi baseada nos estudos de Nielsen (1993), cujo objetivo foi a avaliação do aplicativo a partir da visão de um usuário especialista para identificar possíveis inadequações quanto a navegabilidade e qualidade gráfica, assim como todo o processo de avaliação.

Como critério de exclusão, mulheres no período de gravidez não poderiam participar para evitar o enjôo, que é bastante comum no período de



gestação. Apesar do avanço tecnológico nas últimas décadas, o enjôo (*motion sickness*) durante a navegação em realidade virtual ainda corresponde a um efeito colateral bastante comum, sendo as mulheres comparativamente mais propensas a enjôos do que homens, conforme pesquisas apontadas por Chattha et al. (2020).

5.1. Resultados e discussão

A navegabilidade no aplicativo era realizada utilizando o teclado (W – mover para frente; S – mover para trás; A – mover para a esquerda e D – mover para a direita) e mouse (direcionar o olhar na tela). Após os testes, os dados foram analisados de acordo com a navegabilidade, a percepção e opinião dos especialistas.

O tempo médio para percorrer o caminho sugerido foi de 9 minutos e todos os participantes conseguiram instalar o aplicativo e realizar a tarefa sugerida com êxito. Porém foi identificada uma dificuldade na utilização do mouse. Dependendo da sensibilidade, o usuário tinha dificuldade em se locomover e mudava rapidamente o ângulo de visão. Um dos usuários preferiu utilizar o touchpad do notebook para uma melhor navegabilidade.

Um fator limitante para uma melhor qualidade gráfica do protótipo foi a capacidade da placa de vídeo do computador de alguns usuários, que dificultava a visualização dos elementos construtivos e texturas. Quando uma maior qualidade era selecionada, ocorria o travamento da tela e dificultava a locomoção no ambiente virtual.

A percepção dos participantes foi analisada a partir dos comentários realizados durante o teste. Um dos participantes citou a necessidade de prever um entorno ao lote da edificação para que o cliente tenha uma ideia sobre o contexto em que o projeto será inserido. A interação do usuário com o ambiente virtual permitiu ao mesmo compreender o efeito dos materiais de revestimento tanto a partir dos painéis informativos, como também por estar inserido no ambiente tridimensional. “*Eu achei muito massa*”, disse um dos participantes, “*principalmente essa parte de se aproximar e ver as especificações dos materiais. Acho que esse mecanismo associado ao toque, ter esse material físico em escritório, seria perfeito, o cliente iria entender o projeto*”.

A resposta dos participantes ao questionário, conforme apresenta o quadro 1, possibilitou avaliar a sua opinião quanto à qualidade gráfica, visibilidade e aplicabilidade do protótipo virtual como ferramenta de avaliação do projeto arquitetônico.





Quadro 1: Perguntas e respostas do questionário pós-teste.

Pergunta	Avaliação – escala Likert					Total respostas
	Muito ruim				Muito bom	
	1	2	3	4	5	
Qual a sua avaliação da qualidade gráfica dos elementos arquitetônicos da edificação?	0	0	1	2	3	6
O que você achou da visibilidade do protótipo virtual?	0	0	0	2	4	6
Você acredita que testes com protótipos virtuais consistem em uma ferramenta válida para que os usuários fiquem mais envolvidos com a atividade de avaliação?	0	0	0	2	4	6
Você acredita que o experimento com o protótipo virtual foi eficiente na avaliação dos elementos arquitetônicos da casa?	0	0	0	1	5	6

Fonte: Autores.

De acordo com as respostas, os participantes apontaram como positiva a visibilidade gráfica do protótipo virtual e enfatizaram a viabilidade dos testes com protótipos em realidade virtual como ferramenta que possibilita um melhor envolvimento do usuário com a atividade de avaliação. Por fim, a experiência dos participantes foi considerada positiva, sem apresentar nenhum desconforto durante o teste.

6. CONCLUSÃO

Conforme Oliveira et al. (2017), “*Na medida em que a tecnologia evoluiu, outros recursos começam a ser utilizados, sempre com a intenção de facilitar o entendimento de informações entre o arquiteto (especialista) e o cliente (não especialista)*”. Para tal, o profissional deve estar atualizado e interagir com as tecnologias emergentes, visto que exercem uma influência através de seus projetos no desenvolvimento social.

A metodologia utilizada nesta pesquisa para desenvolvimento do protótipo virtual do edifício, teve como finalidade construir um cenário gráfico para a interação do usuário com o ambiente virtual. A experiência com o estudo piloto permitiu aos pesquisadores aprofundarem o conhecimento do aplicativo, assim como identificar os problemas quanto a qualidade gráfica e dispositivos de navegação a partir dos comentários e sugestões dos avaliadores. Neste panorama, as dificuldades encontradas quanto a instalação do aplicativo em alta resolução, assim como o ajuste da sensibilidade do mouse, precisam ser consideradas nos próximos experimentos, principalmente pelo fato de muitos usuários possuírem computadores não compatíveis para um bom desempenho do aplicativo desenvolvido.

Uma questão comum no campo da avaliação da usabilidade de produtos e sistemas corresponde a quantidade necessária de participantes nos testes. Após análise dos estudos de diversos autores, Vasconcelos (2015, p. 93)



aponta como melhor estratégia durante os primeiros estágios de desenvolvimento do produto, a realização de pequenos testes qualitativos com quatro a oito participantes repetidas vezes em um ciclo iterativo.

Desta forma, um teste com pequeno grupo de participantes foi realizado, e como desdobramento deste estudo, testes similares serão conduzidos nas demais etapas para a investigação quanto a navegabilidade e compreensão do projeto por usuários especialistas e não especialistas, tanto em ambiente não imersivo como imersivo a partir dos óculos RV.

Por fim, a construção de um protótipo virtual do edifício arquitetônico e sua visualização no ambiente virtual e em tempo real, demonstra ser uma valiosa ferramenta para a avaliação do projeto a partir das diversas possibilidades de uma simulação, sendo um elemento transformador ao possibilitar que usuários possam interagir de forma mais participativa com o processo de desenvolvimento de projetos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOFORADO, Manoel Guedes. **Comunicação intermediada por protótipos**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Pernambuco. CAC. Design. 2007.

BARFIELD, W.; NASH, E. B. Virtual Environments. In: W. Karwowski (Ed.). **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2nd Edition. Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group. 2006.

BARNUM, Carol. **Usability testing essentials: ready, set ... test!**. Burlington: Elsevier. 2011.

BURDEA, G.; COIFFET, P. **Virtual Reality Technology**. 2ed. New Jersey: John Wiley & Sons. 2003.

CHATTHA, U. A.; JANJUA, U. I.; ANWAR, F.; MADNI, T. M.; CHEEMA, M. F.; JANJUA, S. I. Motion Sickness in Virtual Reality: An Empirical Evaluation. **IEEE Access**, vol. 8, pp. 130486-130499, 2020

FERRISE, F.; BORDEGONI, M & CUGINI, U. Interactive Virtual Prototypes for Testing the Interaction with new Products. **Computer-Aided Design & Applications** 10 (3): 515-525. 2013.

FERRISE, F.; BORDEGONI, M; GRAZIOSI, S. A method for Designing Users' Experience with Industrial Products based on a Multimodal Environment and Mixed Prototypes. **Computer-Aided Design & Applications** 10 (3): 461-474. 2013.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas. 1996.

GUTIERREZ, M.; VEXO, F.; THALMANN, D. **Stepping into Virtual Reality**. London: Springer-Verlag. 2008.





JUAN, Yi-Kai; CHEN, Hsing-Hung; CHI, Hao-Yun. Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales. **Applied Sciences**. 8. 952. 2018.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, A. Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada. In: C. Kirner; R. Siscoutto (Eds.). **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Porto Alegre: SBC. p. 2-21. 2007.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas. 2010.

NETO, A.; FERNANDES, D. C.; SAMPAIO, G. B.; VASCONCELOS, G. B. S.; ARRUDA, I. B. A Utilização dos Jogos Eletrônicos e Dispositivos de Realidade Virtual no Ensino e Prática Profissional da Arquitetura, Urbanismo e Design. **Persp. Online: Hum. & Sociais Aplicada**, Campos dos Goytacazes, 16(6), 15-22, 2016.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. Boston: Academic Press. 1993.

OLIVEIRA, G. M.; ANDALÓ, F.; VIEIRA, M. L. H. Realidade Virtual e o Projeto Arquitetônico: da Criação à Experiência do Usuário. **Revista Triades** 6 (2), 2017.

OZACAR, K.; ORTAKCI, Y.; KAHRAMAN, I.; DURGUT, R.; KARAS, I. R. A Low-cost and lightweight 3D interactive real estate-purposed indoor virtual reality application, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, IV-4/W4, 307-310, 2017.

SHEN, Y.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Augmented reality for collaborative product design and development. **Design Studies** 31(2010): 118-145. 2010.

SHERMAN, W.; CRAIG, A. **Understanding Virtual Reality: Interface, application and design**. Elsevier Science, USA. 2003.

TIDEMAN, M; van der VOORT, M.C & van HOUTEN, F. A New Product Design Method Based on Virtual Reality, Gaming and Scenarios. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing** 2 (4): 195-205. 2008.

VASCONCELOS, Christianne S. Falcão. **A usabilidade e as tecnologias emergentes no desenvolvimento de produtos de consumo: uma abordagem em ambientes virtuais e neurociência**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Design, 2015.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. Thousand Oaks, California, USA: SAGE publications, Inc. 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ e a Universidade Católica de Pernambuco, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/UNICAP, que patrocinaram a pesquisa apresentada neste artigo.

Artigo recebido em 28/12/2020 e aceito em 25/05/2021

