



REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

ISSN 2595 – 0797 | v. 3, n.2 – DEZEMBRO, 2019

REVISTA GEOMETRIA GRÁFICA

Universidade Federal de Pernambuco

Reitor Alfredo Macedo Gomes

Vice-Reitor Moacyr Cunha de Araújo Filho

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

Centro de Artes e Comunicação

Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica – LabGRAF

Editor Executivo

Vinicius Albuquerque Fulgêncio, UFPE, Brasil

Comitê Editorial

Vinicius Albuquerque Fulgêncio, UFPE, Brasil

Mariana B. Ribeiro de Gusmão, UFPE, Brasil

Comitê Científico

Adriane Borda, UFPel, Brasil

Airton Cattani, UFRGS, Brasil

Ana Rita Sulz, UEFS, Brasil

Anderson Góes, UFPR, Brasil

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

Rafaela Campos Cavalcanti, UPE, Brasil

Salvatore Barba, UNISA, Itália

Tássia dos Anjos Tenório de Melo, UFPB, Brasil

Verner Monteiro, UFRN, Brasil

Wilson Florio, Universidade Mackenzie, Brasil

Comitê Avaliador (ad hoc) – v.3, n.2, 2019

Airton Cattani, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Andiara Lopes, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Caroline Gonçalves, Universidade Federal de Alagoas, Brasil

Christianne Falcão, Universidade Católica de Pernambuco, Brasil

Charles Leite, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Cristiana Griz, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Fábio Teixeira, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Félix Alves da Silva Júnior, Universidade de Brasília, Brasil

Maria Ângela Dias, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Mariana Gusmão, 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. – v. 3, n. 2 (dez. 2019). –
Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2019.
v.: il.

Anual.

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.

604.2 CDD (22. ed.)

EDITORIAL

A quinta edição da Revista Geometria Gráfica (volume 3, número 2, de dezembro de 2019) apresenta uma série de trabalhos que envolvem a geometria gráfica em suas mais variadas aplicações, mostrando a sua regularidade e o fortalecimento da área. A cada edição recebemos trabalhos de novas regiões e instituições, agregando ainda mais na variedade de pesquisas, o que é importante para a difusão do conhecimento. A cada edição estamos preocupados com as temáticas e relevâncias dos trabalhos, o que gera volumes com quantitativos diversos.

Iniciamos com o volume com três trabalhos que tratam do ensino da Geometria Gráfica para Arquitetura e Urbanismo. Em *“Entre tecnologias sociais e de representação: aprendizagem colaborativa sobre a geometria implícita na ação projetual”* o enfoque está no repertório geométrico que pode servir como ferramenta ao processo de projeto; enquanto que *“Criando maquetes de papel a partir de modelos numéricos tridimensionais: considerações acerca da modelagem, planificação, corte a lâmina e montagem dos objetos”* há uma preocupação em construir o conhecimento e sistematizar orientações para otimizar o processo de transformação do modelo digital no modelo físico e, por fim, em *“Arquitetura de dentro para fora: oficina de dimensionamento de projeto com gabaritos positivos.”* Apresenta as possibilidades didáticas dos modelos físicos e maquetes no pensamento projetual.

Na segunda seção, por assim dizer, apresentamos o artigo *“Recursos gráficos utilizados nos mapas no século XIX: desenhos e mapas da Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco”* que estuda e analisa os recursos gráficos dos mapas utilizados pelos engenheiros da Comissão e estrutura um panorama de como e quais os recursos gráficos eram utilizados no final do século XIX.

A terceira, e última seção, o artigo *“Tecnologias de Visualização Espacial e Aplicabilidade no Ensino do Desenho Técnico: possibilidades de otimização do aprendizado nos cursos de design do produto”* trata dos processos de seleção e avaliação da aplicabilidade destas novas tecnologias para a visualização espacial e ferramentas instrucionais para o desenho técnico. .

Esperamos que a leitura seja proveitosa para todos!

Recife, dezembro de 2019.

Vinicius Albuquerque Fulgêncio – Editor Executivo

SUMÁRIO

Entre tecnologias sociais e de representação: aprendizagem colaborativa sobre a geometria implícita na ação projetual	5
Cristiane dos Santos Nunes, Stefani Curth Goulart, Adriane Borda Almeida da Silva	
Criando maquetes de papel a partir de modelos numéricos tridimensionais: considerações acerca da modelagem, planificação, corte a lâmina e montagem dos objetos	25
Maria Luiza Camargo Santana, Rafaela Yong Yu Tan, Érica de Sousa Checcucci	
Arquitetura de dentro para fora: oficina de dimensionamento de projeto com gabaritos positivos.	43
Igor Villares de Carvalho, Walkyria Tsutsumi Ferreira Coutinho	
Jogos geométricos no processo projetual: as residências de Mendes da Rocha	61
Tássia Borges de Vasconcelos, Adriane Borda Almeida da Silva	
Recursos gráficos utilizados nos mapas no século XIX: desenhos e mapas da Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco	83
Ivoneide de França Costa, Anderson Conceição Macedo da Silva	
Tecnologias de Visualização Espacial e Aplicabilidade no Ensino do Desenho Técnico: possibilidades de otimização do aprendizado nos cursos de design do produto	102
Bárbara Arantes de Paula, Carlos Alberto Silva de Miranda	



Entre tecnologias sociais e de representação: aprendizagem colaborativa sobre a geometria implícita na ação projetual

Among representation and social technologies: collaborative learning on implicit geometry in designing

Cristiane dos Santos Nunes

Mestre em Arquitetura e
Urbanismo
Colaboradora do Grupo GEGRADI,
Universidade Federal de Pelotas,
Pelotas, Brasil
cristiane.nunes@outlook.com

Stefani Curth Goulart

Acadêmica de Arquitetura e
Urbanismo
Curso de Arquitetura e Urbanismo,
Universidade Federal de Pelotas,
Pelotas, Brasil
stefanigoulart@outlook.com

Adriane Borda Almeida da Silva

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

RESUMO:

Este estudo partiu da dificuldade de construir, junto ao contexto formativo de arquitetura, um repertório geométrico e de técnicas de representação, suficiente para o uso de métodos que exigem a tomada de consciência sobre o controle preciso da forma. Trata-se de compreender a tentativa de tradução de momentos da ação projetual em procedimentos parametrizados e/ou algoritmizados para a sua qualificação por meio da fabricação digital. A questão traz à tona problemas de base formativa em geometria de difícil resolução no âmbito do ensino superior. Por meio de uma ação extensionista, e no âmbito de atividades curriculares de primeiro semestre de curso, estabeleceu-se um processo de projeto participativo, no qual estudantes de arquitetura projetaram objetos para estudantes de ensino fundamental, tratando-se de envolver elementos capazes de promover a construção de tal repertório. O estudo resultou na aceleração e no compartilhamento do aprendizado, constatando a urgência de intensificar a atribuição de sentido ao uso do conhecimento da geometria e da tecnologia desde o primeiro momento de formação, para ambos os contextos.

Palavras-chave: representação gráfica e digital; geometria; projeto de arquitetura; extensão; tecnologias sociais.

ABSTRACT:

This study started from the problematic of constructing, alongside with the architecture educative context, a repertoire in geometry and techniques of representation, sufficient for the use of methods that require the awareness on the precise forms control. This is to understand the attempt to translate moments of designing into parameterized and/or algorithmized procedures for their qualification through digital manufacturing. The topic raises questions of formative basis about geometries that are difficult to approach in higher education. Through an extension action, and in the scope of curricular activities in the first semester of the course, a participative design process was established, in which undergraduates in architecture designed objects for elementary school students, trying to involve elements capable of promoting the construction of such repertoire. The study resulted in the acceleration and sharing of learning, realizing the urgency of intensifying the attribution of meaning to the use of knowledge of technology and geometry from the first moment of the graduation, for both contexts.

Keywords: graphic and digital representation; geometry; architectural design; extension; social Technologies.



1. INTRODUÇÃO

Ao ingressar em um Curso de Arquitetura, os estudantes apresentam diferentes níveis de conhecimento geométrico, resultantes de suas distintas trajetórias formativas. As duas primeiras autoras deste estudo, enquanto docentes de disciplinas de geometria e representação, de primeiro semestre de Curso, estão presenciando a intensificação, nestes últimos anos, desta diversidade. Identifica-se um espectro, em uma mesma turma, de estudantes oriundos: de cursos técnicos, com um conhecimento avançado em tecnologias digitais de representação; de cursos superiores, trazendo um grau de maturidade importante para todo o contexto de aprendizagem; de escolas públicas ou privadas, em sua maior parte, com demonstrações de que tenha havido pouco ou nada de investimento sistêmico para o desenvolvimento da inteligência espacial em suas experiências formativas. Também se tem a percepção de que a maior parte, mesmo dos que trazem uma experiência com o desenho técnico, utiliza-se do conhecimento da geometria de maneira protocolar, sem demonstrar destreza no uso deste conhecimento para a resolução de problemas, tanto cotidianos como profissionais. Frente a isto, a atenção deste trabalho esteve voltada para promover a atribuição de sentido a tal conhecimento para a resolução de problemas desde o primeiro momento formativo. Trata-se, assim, de investir no nivelamento dos estudantes em relação a um repertório mínimo em tecnologias de representação e em geometria plana e espacial.

Entende-se que, em um primeiro momento do Curso, é necessário motivar os estudantes para um processo colaborativo de aprendizado, para que se possa acelerar o resgate ou aquisição do repertório referido como condição necessária para a introdução à prática projetual de arquitetura. Elam (2018), destaca a importância do conhecimento geométrico para que se possa pôr em prática as intenções formais de um projeto. A linguagem de expressão do arquiteto é por meio da forma, sendo a geometria sua estrutura. Quanto mais amplo for o conhecimento em geometria maior liberdade terá para compor sua linguagem. Para Ching (2013), “se nossa compreensão de uma linguagem de projeto é limitada, a gama de soluções possíveis a um problema também será limitada” (CHING, 2013, p. 9).

No contexto em que se desenvolveu este estudo, as disciplinas de geometria e representação, até uma reforma curricular ocorrida em 2017, estavam isoladas sem uma integração efetiva com o projeto. Mesmo que as estratégias didáticas estivessem dirigidas para contemplar problemas significativos de geometria e representação na arquitetura, o fato de não haver uma aplicação imediata em um problema próprio de cada estudante (impulsionado por um tema da disciplina de Projeto), fazia com que os exercícios fossem realizados, pela maioria, de maneira protocolar. A experiência tem demonstrado que esta pouca apropriação de conceitos geométricos, advém também da descontinuidade neste investimento. No decorrer da trajetória dos estudantes, para além do primeiro ano, existem poucos momentos curriculares para o aprofundamento em geometria. Estes



momentos ficam a cargo das disciplinas de Projeto e, por tanto, dependentes dos conhecimentos específicos dos docentes e dos tempos didáticos, muitas vezes exíguos para abordar deficiências em conhecimentos prévios.

Percebe-se também, junto ao contexto de arquitetura em questão, mesmo sem um estudo sistematizado, mas por meio da experiência em participação em bancas de trabalhos de conclusão de curso, um significativo avanço em diferentes áreas como por exemplo, em história e teoria da arquitetura, tecnologias e sistemas construtivos, conforto ambiental, decorrentes do retorno de investimento da formação docente em programas de pós-graduação stricto sensu. Talvez, por todas estas áreas estarem distribuídas ao longo do Curso, em momentos em que os estudantes apresentam maior maturidade para a reflexão, e adquirido um repertório mais amplo para efetivar a conexão e síntese entre as diferentes disciplinas, os reflexos sejam diferentes em relação ao que se tem percebido quanto ao controle da organização formal. Percebe-se, em geral, a inconsciência de um estudante, de estágios avançados de curso, em relação às estratégias que adota para a expressão e organização formal de seus projetos. Coleccionam-se depoimentos de estudantes que não compreendem as avaliações tanto negativas ou positivas atribuídas as suas resoluções formais de projeto. A terminologia empregada nas próprias avaliações é de caráter subjetivo, como por exemplo, falta de unidade, de ritmo, de pregnância. Termos advindos de teorias tidas como fundamentais e introdutórias, como a Gestalt, mas que não foram compreendidas em sua complexidade pelos estudantes. O que é óbvio para um arquiteto experiente muitas vezes é invisível para os estudantes. Os tradicionais exercícios compositivos, abarcando as transformações geométricas e projetivas, de fácil reprodução e associação aos termos subjetivos, muitas vezes não são apropriados ao ponto de se estabelecerem como repertório procedimental em momentos de organização formal.

Neste sentido, Burry e Burry (2010) destacam a importância de realizar uma abordagem conjunta entre arquitetura e a geometria. Segundo os autores, quando estudantes e profissionais da área de arquitetura se apropriam dos padrões fornecidos pela geometria, os seus projetos podem ser desenvolvidos a partir de processos lógicos e intencionais. Nesta direção, Elam (2018), contribui com seu discurso didático, explicitando alguns dos elementos objetivos da geometria que podem auxiliar na compreensão de um olhar crítico quanto à organização formal de um projeto:

“Muitas vezes, como profissional do design e como educadora, vi excelentes ideias conceituais acabarem prejudicadas durante o processo de realização, em grande parte devido a uma falta de entendimento, por parte do designer, dos princípios visuais da composição geométrica. Tais princípios incluem uma compreensão dos sistemas clássicos de proporções, como a seção áurea e os retângulos de raiz, assim como os conceitos de razão e proporção e as relações entre as formas e os traçados reguladores.” (ELAM, 2018, p. 5)

Entende-se a necessidade, desde um primeiro momento, de um estudante de arquitetura adquirir a postura de formular e refletir sobre



questões do tipo: “eu gosto disto?”; “o que me faz gostar?”; “quais são as estratégias de organização formal que estão implícitas nisto que eu gosto?”. Este exercício tem sido promovido constantemente, junto aos estudantes de primeiro semestre, na expectativa de construir uma postura investigativa, tratando de tomar consciência das organizações formais próprias de arquitetura.

Wong (2014), aponta para esta direção, abordando a diferença entre o uso da intuição e da lógica em um processo criativo. Considera que, no primeiro caso, traços e formas surgem de maneira espontânea e vão sendo exploradas sem qualquer intenção, e, neste processo, geram resultados que podem ou não ser satisfatórios, mas não se sabe explicar a razão. Para o caso da lógica, o autor considera que a criação tem um objetivo e segue um raciocínio sistemático, o que não impede a sensibilidade e julgamento individual de beleza. Este pensamento é corroborado por Leborg (2015), que enfatiza que quando se possui uma linguagem para descrever de maneira gráfica uma ideia, o raciocínio projetual torna-se diferente.

Com o propósito de promover um ambiente formativo para o Projeto, passou-se então a investir em reformulações curriculares que efetivaram reestruturações na área de representação. Especificamente, no período em que foi desenvolvido este trabalho, no semestre letivo de 2016/2, havia duas disciplinas oferecidas paralelamente, ambas nomeadas como Geometria Gráfica e Digital: GGD1 e GGD2. A GGD1 abordava conteúdos específicos de geometria plana, e a GGD2, conteúdos de geometria espacial, tratando das superfícies polidricas. O semestre referido precedeu à implementação da reforma curricular de 2017. Com esta reforma, vigente atualmente, os conteúdos da disciplina de GGD1 (geometria plana) foram, teoricamente, integrados à disciplina de Projeto 1, também de primeiro semestre. Desta maneira, ficou vigente apenas uma das GGDs no primeiro semestre, abrangendo somente os conteúdos de superfícies polidricas, mantendo-se como disciplina independente das atividades de Projeto propriamente ditas. Outra novidade trazida por esta reforma foi a curricularização da extensão universitária, a qual propôs, para o conjunto de disciplinas do Curso, a inclusão de atividades de extensão.

No momento de desenvolvimento da experiência a ser aqui relatada, e frente aos propósitos da reforma em relação a tal curricularização, buscou-se estruturar uma ação extensionista no âmbito das atividades das disciplinas de GGD 1 e 2, antecipando-a para compreender as potencialidades dos conteúdos tratados para tal tipo de ação. Por tratar-se de primeiro semestre de curso, exigia, paralelamente, um processo formativo para a compreensão do significado da extensão universitária, além de, naturalmente, abordar um repertório de arquitetura ainda introdutório (o atual currículo passou a incluir uma disciplina específica de extensão universitária já no primeiro semestre de formação).

O desafio da experiência foi caracterizado por meio da ação denominada “Meu primeiro projeto, meu primeiro cliente”. Esta ação buscou



estabelecer um processo de projeto participativo, no qual estudantes de arquitetura projetaram objetos para estudantes de uma escola pública de ensino fundamental. O objetivo da ação foi fazer com que os estudantes desenvolvessem seu primeiro projeto, na escala de um objeto, contemplando os objetivos específicos das próprias disciplinas ao enfatizar a explicitação do uso da geometria junto à ação projetual, por meio do processo de aprendizagem de tecnologias de representação. Tendo em vista o estágio inicial de formação dos estudantes, mais do que o propósito de desenvolvimento de um projeto totalmente autoral, a ideia foi partir da análise de referenciais. Desta maneira, motivando os estudantes a tentar compreender as estratégias de organização formal empregadas pelos projetistas e, logo, caracterizar um exercício de redesenho, direcionado a atender a demanda de cada caso de projeto em particular. Dessa maneira, o tipo de ação teve o propósito de promover a aquisição de um repertório arquitetônico, geométrico e de tecnologias de representação, para ambos os contextos envolvidos.

Ramos (2016), dirigindo-se à estratégia didática de redesenho de projeto de arquitetura, considera que esta é uma técnica que permite que se aprenda fazendo, e ampara-se na pedagogia utilizada nas artes para a transmissão de conhecimento ao longo da história. Para o autor:

“[...] redesenhar pode ser em si uma metodologia de pesquisa que, além de fornecer dados sobre a obra, nos instrua sobre o processo de projeto que a originou usando da própria prática de projeto para investigar a estrutura compositiva da obra.” (RAMOS, 2016, p. 5)

Neste estudo, esta estratégia foi aplicada analogamente para o estudo de imagens referenciais de temas propostos pelos estudantes de ensino fundamental. Os objetos projetados foram chaveiros e suas respectivas embalagens, por meio do redesenho das figuras de referência. Os objetos foram projetados para serem executados por técnicas de fabricação digital, por corte a laser, envolvendo assim uma técnica de traçado de linhas no espaço bidimensional. Dessa maneira, promovendo o resgate e/ou a aquisição de conhecimentos de geometria plana (conteúdos da disciplina de GGD1), e de geometria espacial e projetiva, especialmente para o projeto e execução das embalagens, idealizadas por superfícies polédricas, envolvendo assim os procedimentos de planificação (conteúdos da disciplina de GGD2).

O redesenho e a fabricação digital foram então adotados como principais abordagens para o desenvolvimento dos conteúdos de geometria e de representação, na busca de motivações significativas, de aplicação direta à prática projetual. Para Pottmann et al. (2007), além da utilização de problematizações concretas, de arquitetura, para o processo de ensino/aprendizagem da geometria é importante a utilização de tecnologias digitais de representação para a potencialização deste processo. O emprego abusivo dos verbos manipular, operar, transformar, abstrair, junto ao uso dos meios digitais de representação justifica esta importância para o conhecimento em arquitetura. Para Piaget “conhecer é modificar, transformar o objeto, e compreender o resultado dessa transformação” (PIAGET, 1970, p.



1).

Por outra parte, a inclusão do tema “extensão universitária” traz a oportunidade, desde os momentos formativos iniciais, de compreensão da lógica da construção de conhecimento por meio das relações entre sociedade e universidade. Enfatizar esta perspectiva junto à educação gráfica passou então a fazer parte da agenda das disciplinas. Buscou-se delimitar uma estratégia didática significativa para a formação tanto de projetistas quanto de clientes, pensando-se no cenário real ou imaginário (também do futuro dos estudantes de ensino fundamental). O propósito ficou configurado para que todos vivenciassem um processo de projeto, na concepção de um método colaborativo, e que avançassem na construção de critérios para avaliar um projeto, especialmente, sob o ponto de vista das estratégias de organização formal.

Uma ação de extensão, na prática da liberdade defendida por Freire (2013), deve ter como objetivo comunicar uma determinada informação de maneira que gere o empoderamento do seu grupo alvo. Após a ação, este grupo deve ser capaz de ser crítico sobre o assunto. Para isso, cada um dos seus integrantes deve participar ativamente da construção do conhecimento, e, a partir disso, poder se auto conhecer e entender sua posição em relação ao aprendido.

Nesta direção, identifica-se o conceito de Tecnologia Social (TS), definido por Dagnino (2014), como sendo a tecnologia capaz de promover a inclusão social e o estabelecimento de processos participativos de transformação social. O objetivo de uma TS é o empoderamento ou a aquisição de critério individual e de consciência coletiva, necessários para uma transformação social. Kapp e Cardoso (2013), ao revisarem e aplicarem este conceito no contexto da prática arquitetônica e urbanística, consideram que o principal indicativo para que uma tecnologia seja caracterizada como social é o seu poder de promover a “autonomia coletiva”.

Buscou-se, com esta introdução, anunciar as questões que envolveram a experiência a ser relatada e problematizada neste artigo, cuja intenção é de compartilhar e contribuir para o registro de estratégias didáticas que tenham o mesmo tipo de propósito de despertar no estudante a percepção da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão. Tem-se o redesenho como postura de investigação e a extensão como veículo promotor da significação do aprendizado. Desde já se anuncia, também, vislumbrar no uso das tecnologias de fabricação digital, ainda neste momento de certa inovação tecnológica, um meio de promover a alfabetização/inclusão digital em contextos de vulnerabilidade social.

Faz-se importante, desde já, salientar que a experiência facilitou a implementação de ações extensionistas como estratégia didática as quais, atualmente, estão integradas ao currículo atual, muito embora, hoje estejam formalizadas no âmbito de uma única disciplina (GGD1). Como comentado anteriormente, esta disciplina passou a abordar, em sua grande parte, os conteúdos de geometria espacial, especificamente, a representação de



superfícies poliédricas (absorve os conteúdos tradicionais de Geometria Descritiva). Mesmo com um tempo de disciplina reduzido, de quatro para três horas semanais, estabeleceu-se o caráter associativo entre ensino e extensão, explorando-se os conteúdos de geometria e tecnologias de representação, incluindo a fabricação digital.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Deve-se destacar que, logicamente, os procedimentos adotados para o desenvolvimento da experiência estiveram integrados aos das próprias disciplinas, GGD1 e 2 do currículo de 2016/02, permeando os discursos e diálogos didáticos preparatórios em sala de aula junto à abordagem de cada conteúdo para a introdução da ação extensionista.

O método aqui apresentado, de maneira sistemática, faz referência então aos procedimentos junto à ação propriamente dita, estruturados a partir das reflexões provocadas pelos conceitos de tecnologia social e redesenho, já explicitados, integrados, então, aos objetivos específicos das disciplinas em questão.

Para caracterizar a ação, tratou-se de promover, de início, o estabelecimento de uma situação “profissional de arquitetura”. Pela experiência prévia dos docentes envolvidos, em atividades de extensão, já havia um ambiente facilitador para a receptividade da ação junto a escolas públicas de ensino fundamental e médio.

Foram delimitadas, fundamentalmente, as seguintes etapas: (1) visita dos “arquitetos” à escola para conversa com os “clientes”; (2) investigação, seleção, análise formal e redesenho de imagens referenciais; (3) desenvolvimento e problematização da representação e fabricação digital; (4) registro do processo de projeto e fabricação; (5) entrega e avaliação dos projetos executados e da ação propriamente dita pelos “clientes”.

2.1. Visita dos “arquitetos” à escola para conversa com “clientes”

Neste primeiro momento, houve um encontro entre os estudantes de arquitetura e os estudantes da Escola Municipal de Ensino Fundamental Ferreira Vianna, selecionada por fazer parte do entorno imediato do Campus Porto da Universidade Federal de Pelotas, e por haver um processo prévio e formalizado entre estas instituições no âmbito da Pró-reitora de Extensão e Cultura da UFPel. Foram indicadas pela administração da Escola duas turmas para participar da ação, uma de sexta e outra de sétima série. Para isto, a direção, juntamente com os professores envolvidos da própria Escola avaliaram a pertinência dos conteúdos a serem tratados frente aos conhecimentos prévios dos estudantes, considerando também o grau de maturidade e interesses comuns de aprendizagem.

Nesta ocasião, primeiramente, buscou-se situar os estudantes da Escola no contexto da ação declarando-se a importância de suas contribuições



para a formação dos futuros arquitetos. Salientou-se que estariam desempenhando o papel de clientes para os estudantes de arquitetura. Explicou-se o tipo de projeto que estes estudantes iriam desenvolver, tratando-se do redesenho de uma figura e configuração de um chaveiro a ser executados por tecnologias de fabricação digital, explicando-se desde já, as possibilidades e limites do tipo de chaveiro em função dos conhecimentos, materiais e técnicas envolvidas. O encontro, desde a conversa introdutória, pelo corpo docente das disciplinas, juntamente com as professoras da Escola, até o momento do diálogo “arquiteto”/“cliente”, compreendeu um período de, aproximadamente, duas horas em um único dia. Este encontro foi realizado junto aos períodos de aula curricular da Escola e coincidindo com o horário de uma das turmas das disciplinas envolvidas (GGD1). Apresentou-se a dinâmica da ação, sendo destacado que os chaveiros seriam produzidos especialmente para cada um deles. E que, por esta razão, era de fundamental importância a explicitação dos gostos e interesses de cada um, sugerindo temas e imagens de referência para a delimitação do contexto e “programa de necessidades” que os “arquitetos” iriam trabalhar.

Enfatizou-se a importância da geometria para o projeto de arquitetura, como conhecimento essencial para a expressão e organização formal, exemplificando-se com alguns tipos de estratégias formais empregadas em objetos do entorno imediato dos estudantes. Anunciou-se a maneira como o chaveiro seria produzido, envolvendo as tecnologias de representação e de fabricação digital, explicando que, em princípio, todos envolvidos estavam tendo o primeiro contato com tais tecnologias. E que, logicamente, por toda a circunstância, pelos “arquitetos” estarem no primeiro momento de sua formação, a qualidade dos projetos estaria correndo todos os riscos possíveis, sendo eles, estudantes da Escola, parte importante para este aprendizado, pois deveriam fazer as críticas necessárias para contribuir a esta formação.

Quanto aos métodos de representação e produção, explicou-se que seriam utilizados desde os croquis a mão até os meios gráficos digitais com precisão e a fabricação artesanal e digital. Antecipou-se que, neste caso, seria restrito ao corte a laser. Foi anunciado também o planejamento de uma visita ao laboratório de fabricação digital da faculdade, o qual conta com a impressão 3D, e que eles teriam a possibilidade de assistir/compreender o funcionamento de ambas as máquinas.

Após este discurso/diálogo introdutório, os estudantes de arquitetura/escola foram aleatoriamente montando as duplas arquitetos/clientes. As conversas duraram aproximadamente meia hora, definindo então, no mínimo, a temática dos chaveiros. As fotografias da Figura 1 referem-se ao registro deste primeiro momento de interação entre os estudantes dos dois contextos.



Figura 1: Registro fotográfico do momento da entrevista para a delimitação do programa de necessidades de projeto.



Fonte: Autoras (2018).

No total foram entrevistados trinta e dois estudantes da Escola. Devendo-se comentar que, no dia da entrevista, este número era maior do que o número de estudantes de arquitetura. Entretanto, a questão foi naturalmente resolvida pelos próprios estudantes de arquitetura, que foram sensíveis e vários se dispuseram a desenvolver mais de um projeto no momento exato da visita, não provocando nenhum constrangimento. Muito embora a ação tenha envolvido um total de 46 estudantes de arquitetura (matriculados entre as duas disciplinas, sendo que na disciplina de GGD1 havia três turmas e na de GGD2, duas turmas). Ocorreu que a maior parte dos estudantes de uma das turmas da disciplina de GGD1 não pode comparecer por conflito de horários, além de algumas faltas por motivos cotidianos. A solução foi buscar uma alternativa, tendo sido possível contar com um grupo de funcionários da própria faculdade que se dispôs a fazer papel de cliente da mesma maneira proposta aos estudantes da escola. Os estudantes de arquitetura, neste caso, fizeram as entrevistas de maneira independente, sem a presença do corpo docente, contando, obviamente, com orientação para tal. Observa-se também que o fato de envolver duas disciplinas diferentes havia casos de estudantes que cursavam uma única destas disciplinas, entretanto os poucos estudantes nesta situação não se opuseram a desenvolver o trabalho abarcando conteúdos além da que estavam matriculados.

2.2. Investigação, seleção, análise formal e redesenho de imagens referenciais

Definido o tema de cada projeto (chaveiro), em sala de aula, os estudantes de arquitetura partiram para a investigação de imagens referenciais. Utilizaram-se, principalmente, de imagens digitais acessadas pela *internet*. A seleção foi discutida com o corpo docente das disciplinas de GGD1 e 2, entretanto, não houve oportunidade para um novo encontro com os estudantes da escola para intensificar a colaboração neste processo. Deve-se destacar que a causa desta falta de oportunidade decorreu da interrupção do



cronograma da experiência devido a um momento de paralisação do período letivo, por consequência de uma greve geral das universidades públicas. Com isto, os estudantes da Escola já estavam em período de férias quando os projetos estavam em fase de discussão. Toda esta circunstância dificultou a precisão do cálculo de tempo dedicado para a ação, o qual esteve totalmente integrado com o desenvolvimento da disciplina GGD1 e parcialmente em GGD2.

A etapa de redesenho, realizada exclusivamente no âmbito da disciplina GGD1, foi acompanhada de uma postura analítica e formativa tanto em geometria como em tecnologias de representação. Inclusive, muitos estudantes utilizaram-se do período da paralisação mencionado para investir no reconhecimento e apropriação das tecnologias digitais de representação.

A investigação compreendeu o esforço dos estudantes em lançar hipóteses sobre as estratégias de expressão e organização formal utilizadas nos elementos analisados. Para isto foram orientados a utilizarem como parâmetros de análise os conceitos estudados na disciplina de GGD1: tipos e propriedades de figuras planas, concordâncias, simetrias, proporções, recursões e malhas ordenadoras.

Foram, assim, motivados a lançar hipóteses gráficas sobre as imagens, tanto por meio de croqui (físico) como de maneira digital. A atividade digital compreendeu a introdução ao uso do software AutoCAD, ferramenta conhecida por alguns estudantes, advindos de formação técnica, conveniente tanto para oportunizar a colaboração no aprendizado entre os estudantes como por ser adequada para a exportação dos arquivos finais na extensão .dxf, necessária para a posterior fabricação digital dos chaveiros e embalagens.

Através da Figura 2 exemplifica-se o processo de redesenho realizado por uma estudante. Este foi um dos casos em que a cliente, que estava grávida no momento da entrevista, era do grupo de funcionários da FAURB/UFPeL. Para responder ao tema de interesse foi adotada, como referência, a imagem de uma chupeta.

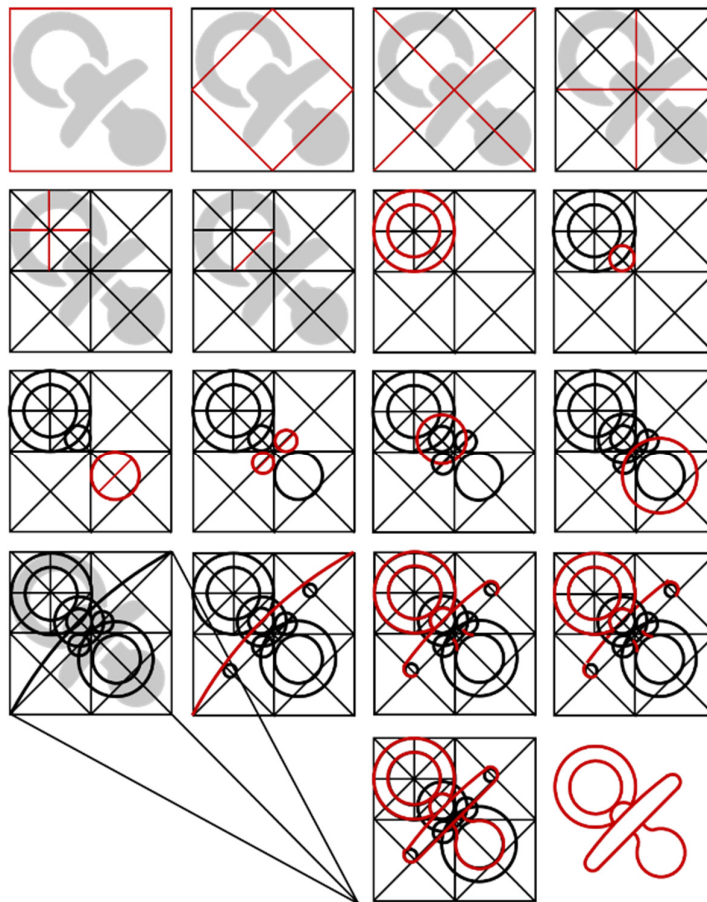
Paralelamente ao processo de redesenho, o corpo docente instrumentalizava com informações sobre a técnica de produção por fabricação digital, por corte a laser, disponível para os estudantes, atentando para a questão do quanto um modo específico de produção interfere sobre as decisões de projeto, seja impondo restrições ou oferecendo possibilidades.

Neste caso da Figura 2, a solução formal foi de representar a figura isoladamente, sem uma base de apoio, como ocorre na imagem de referência: cinza em contraste com o branco. Há, também, nesta solução, apenas uma aproximação das linhas originais de contorno. A estratégia de desenho considerou distâncias mínimas para garantir uma resistência e durabilidade de um objeto a ser manuseado livremente como um chaveiro. A solução adotada pela estudante foi de representar efetivamente o contorno aparente da vista ortogonal da chupeta, para aguçar a experiência, não somente visual, mas também tátil.



Observa-se, na sequência dos traçados já sistematizados (passo a passo para uma aproximação à algoritmização), a tentativa de encontrar padrões que facilitassem a identificação de lugares geométricos para um redesenho. A proporção quadrada, do polígono envolvente da imagem referencial, acabou sendo adotada para estabelecer uma lógica ordenadora do traçado, por subdivisões, utilizando-se de pontos médios, diagonais, circunferências, arcos de circunferências e concordâncias.

Figura 2: Processo de redesenho e análise geométrica da estudante Roseana Iven.



Fonte: Autoras (2018).

Dado o estágio inicial de formação, e para cumprir os objetivos das disciplinas de geometria e tecnologias de representação, adotou-se uma postura docente flexível quanto aos padrões estéticos e até mesmo de usabilidade, alertando os estudantes para esta opção. Entretanto, manteve-se uma postura pragmática em relação à explicitação dos conhecimentos adquiridos junto ao processo.

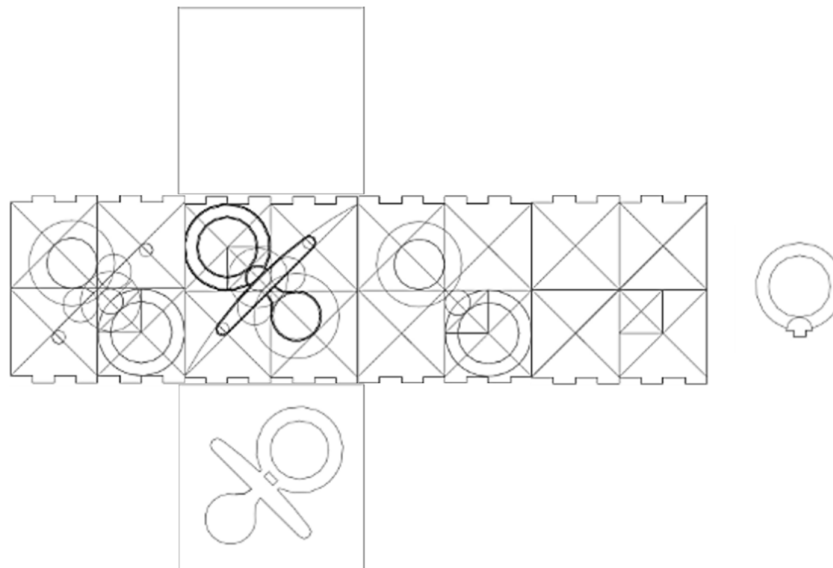
Além do chaveiro em si, para conectar o exercício aos conteúdos de GGD2, de representação de superfícies poliédricas, os estudantes



desenvolveram o projeto das embalagens. Tratando-se de abarcar a representação digital tridimensional, ampliou-se o repertório instrumental para facilitar o projeto das volumetrias. Optou-se pelo incentivo à utilização do software SketchUp, estabelecido naquele momento, no contexto da FAUrb/UFPel, como ferramenta de uso frequente nos ateliers de projeto para a realização de modelagens. Desta maneira, os estudantes passaram a ser orientados a transitar entre as duas ferramentas AutoCAD/SketchUp, promovendo-se a expressão paralela por meio de croquis a mão. Adotou-se também a postura de restringir o tipo de superfície para a embalagem, abarcando apenas as superfícies poliédricas, tendo em vista que as superfícies propriamente curvas são estudadas em disciplina de segundo semestre de curso. Os conteúdos de classificação deste tipo de superfície, de operações projetivas e de métodos descritivos, como seção, alçamento, rebatimento e planificação deram suporte à atividade.

A Figura 3 apresenta a solução adotada para a embalagem do projeto da figura 2. Esta solução, de caráter didático, optou por explicitar a informação sobre o processo de organização da forma do chaveiro. O formato de um cubo foi adotado para esta embalagem, reforçando a proporção quadrada. Nas faces do cubo foram representadas as etapas do processo de redesenho. Observa-se a adição de elementos para resolver questões ergonômicas, não tratadas, especificamente, no âmbito da disciplina.

Figura 3: Projeto da embalagem para o objeto da Figura 2: planificação, e acessórios para configurar a tampa (alça e base para o encaixe).



Fonte: Autoras (2018).

2.3. Desenvolvimento e problematização da representação e fabricação digital



A proposta de materialização dos projetos envolveu exercícios prévios de representação por técnicas artesanais de representação e de experimentos com três tipos de materiais: papel, madeira e/ou acrílico. Conforme comentado anteriormente, as soluções adotadas para a forma dos chaveiros e embalagens estiveram condicionadas às restrições e possibilidades da tecnologia de fabricação digital por corte a laser disponível, a qual refere-se a uma máquina com área útil para o corte de 500mm x 800mm. Apoiando-se em Celani e Pupo (2008, p. 32), os estudantes compreendem que o corte a laser é classificado como um método subtrativo, no que se refere à maneira com que os objetos são produzidos e de duas dimensões quanto ao número de eixos que se movimenta. Este modo de produção foi sendo problematizado frente aos propósitos projetuais de cada caso. A apropriação desta tecnologia envolveu o entendimento da associação entre velocidade e potência do raio laser adequado para o corte ou marcação do material. Envolveu o aprendizado da representação associada ao modo de leitura dos arquivos pela máquina, tanto em relação à diferenciação de cores das linhas enquanto código para diferenciar a potência, como da lógica do movimento do laser para cada linha (vetor) representada. Foi necessário enfatizar esta questão, pois para otimizar o material frente à paginação para o corte, muitas vezes, os lados das figuras eram justapostos, por exemplo, para marcação de dobras (no caso de embalagens de papel), duplicando a linha no mesmo lugar, fazendo com que o laser passasse duas vezes e acabasse realizando um corte não desejado.

Outra questão que foi enfatizada refere-se à lógica do movimento do laser sobre linhas curvas. O uso desta tecnologia faz atribuir maior importância à necessidade de compreender as regras de concordância entre reta e arco de circunferência e entre dois arcos de circunferência. O movimento mecânico é suave e contínuo quando existe concordância. E, logicamente, qualquer descontinuidade é acusada na materialidade, percebendo-se facilmente pelo tato e visualmente. Esta percepção física facilitou o controle de qualidade do processo pelo próprio estudante.

Algumas soluções projetuais, especialmente envolvendo a marcação ou corte para a caracterização de texto no chaveiro ou embalagem, delimitaram problemas específicos que motivaram avançar nas estratégias de resolução que ainda não haviam sido experimentadas e sistematizadas no âmbito do laboratório. Desta maneira, para além do ensino e extensão, a atividade exigiu a colaboração para a pesquisa.

Para o projeto da volumetria das embalagens, as soluções transitaram em técnicas de planificação para montagem por dobradura em papel, sistemas de encaixe do tipo borda/aresta em todo o perímetro, de acordo com a classificação apresentada em Barros (2011), e utilizando-se de cola apropriada, seja para papel, madeira ou acrílico. Estas práticas foram induzidas, não tendo havido tempo hábil para problematizar e diversificar as soluções no âmbito da ação.

Em geral, para os chaveiros, propriamente ditos, as soluções de corte



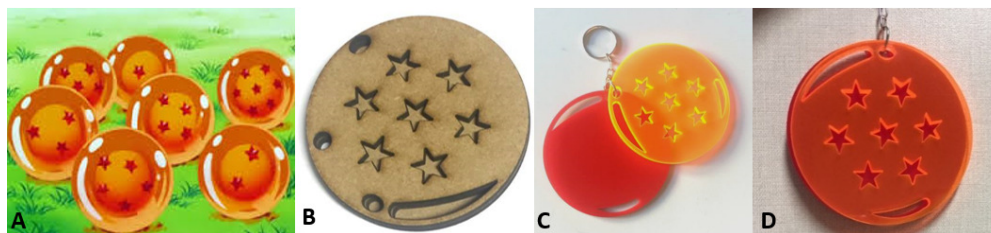
transitaram entre estratégias de subtração (elementos vazados), de sobreposição de camadas de material, e composições destes dois tipos.

Deve-se destacar que os materiais (papel e madeira) foram todos oriundos de sobras das atividades do laboratório de fabricação digital, enquanto o acrílico, de doações de sobras de uma empresa colaboradora. Desta maneira, além da restrição quanto ao tipo, espessura e cor do material disponível, os estudantes tiveram que planejar e otimizar a paginação dos arquivos frente à área e forma do material a ser utilizado.

Pensando-se na durabilidade dos chaveiros, foi estipulado que os mesmos deveriam ser produzidos em acrílico. Entretanto, todos os estudantes fabricaram seus chaveiros, primeiramente, em MDF, material de custo inferior ao acrílico, para testar se o projeto estava correto ou se precisariam ser feitas alterações.

Em alguns casos, os estudantes queriam que seus chaveiros possuissem várias cores, utilizando-se de soluções com técnicas mistas: subtração e sobreposição, projetando assim várias camadas com partes vazadas, de forma a mostrar as camadas inferiores. A Figura 4 demonstra, a partir de imagens de um dos projetos, esse processo de produção de chaveiro com mais de uma camada. A partir da sua imagem referencial (A), a estudante decidiu trabalhar com duas cores, escolhendo vermelho para o fundo e amarelo translúcido para a camada superior. No teste em MDF (B) a estudante verificou que as formas idealizadas para a representação do que seriam reflexos ficaram confusas e muito próximas à extremidade, tornando o chaveiro frágil (C). O projeto foi alterado e a estudante optou por utilizar uma das formas dos reflexos como orifício para a argola da corrente do chaveiro.

Figura 4: Ilustração do projeto da estudante Luciana Freitas, na sequência: imagem referencial, teste em MDF, em acrílico e chaveiro reformulado.



Fonte: Autoras (2018).

Promoveu-se a visita dos estudantes da Escola Ferreira Vianna à FAUrb/UFPel, onde puderam conhecer o laboratório de fabricação digital e acompanhar o processo de fabricação de um chaveiro produzido com o emblema da Escola. Cada estudante ganhou um exemplar do chaveiro ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Chaveiro relativo ao emblema da Escola, produzido pelo estudante Marcelo Lopes e registro fotográfico do momento de visita dos estudantes da Escola ao laboratório de Fabricação Digital/FAUrb/UFPel.

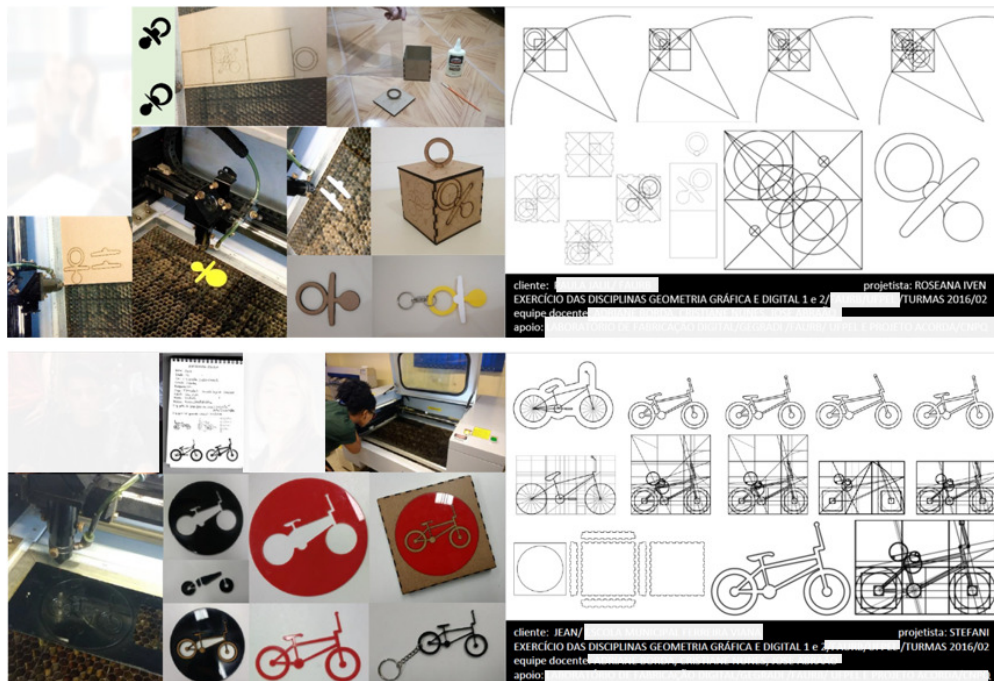


Fonte: Autoras (2018).

2.4. Registro do processo de projeto e fabricação

Para o registro do processo projetual e de fabricação do chaveiro e da embalagem, propôs-se a elaboração de um cartão com frente e verso, em formato A5. Neste, os estudantes deveriam inserir fotografias que ilustrassem o processo de redesenho das imagens referenciais para o projeto dos chaveiros, do projeto das embalagens e do processo de fabricação digital. Este cartão foi utilizado como instrumento de avaliação para as disciplinas de GGD e foram entregues aos estudantes da Escola junto com os chaveiros, para que cada um pudesse visualizar o registro do processo projetual realizado por seus respectivos “arquitetos”. A Figura 6 traz dois exemplos de cartões produzidos na disciplina.

Figura 6: Frente e verso de cartões produzidos nas disciplinas de GGD para o registro do processo de projeto e fabricação digital do chaveiro e embalagem, realizados pelas estudantes Roseana Iven (chupeta) e Stefani Goulart (bicicleta).



Fonte: Autoras (2018).

2.5. Entrega e avaliação dos projetos executados e da ação propriamente dita pelos “clientes”

Devido ao descompasso dos períodos letivos dos dois contextos, em função da paralisação, referida anteriormente, os chaveiros foram finalizados e entregues aos estudantes da Escola no ano de 2017. Em decorrência, alguns destes “clientes” não estavam presentes no momento, entretanto contou-se com a colaboração da própria Escola para localizá-los e fazer chegar toda a produção. Com tudo, foi possível realizar dois encontros com o grupo remanescente, estabelecendo-se um diálogo e aplicando um instrumento de avaliação. Foram aplicados vinte e três questionários dentre os trinta e dois estudantes da escola que participaram da ação. Em função disto não foram realizadas análises estatísticas, apenas tabelas de frequências com as respostas para indicar temas para reflexão, de maneira qualitativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento de projetos de chaveiros e suas respectivas embalagens permitiu explorar os conteúdos específicos das disciplinas envolvidas: GGD1 (geometria plana) e GGD 2 (geometria espacial). O enfrentamento de um problema concreto de materialização de um projeto, em disciplinas de primeiro semestre de arquitetura, acelerou a compreensão da necessidade de construção de um repertório conceitual e formal para o projeto. Promoveu o estabelecimento de uma postura analítica, geométrica, de



figuras bidimensionais utilizadas como referenciais para os projetos, tendo como base o conhecimento de métodos compositivos geométricos como: propriedades das figuras planas, proporção, recursão, simetria, ritmo, harmonia, concordância, processos generativos, entre outros. Assim como, de figuras tridimensionais, por meio do estudo de figuras poliédricas e de suas representações, especialmente, por procedimentos de planificação para o uso das tecnologias de corte a laser.

Durante todo o processo, foi explicitada a importância dos conhecimentos de geometria para a formação em arquitetura, contribuindo para a valorização de tais conteúdos desde o ensino fundamental. Muitos dos estudantes ingressantes na arquitetura chegam sem um repertório geométrico, podendo até mesmo corresponder os conteúdos que estão sendo tratados no ensino fundamental com aqueles que necessitam ser resgatados para avançar nas disciplinas de geometria no ensino superior. A ação permitiu abrir um espaço de recepção, por parte da escola, para outras ações, tendo em vista a avaliação positiva, de integração de interesses formativos.

Conseguiu-se promover o reconhecimento de tecnologias de fabricação digital por corte a laser para a resolução de problemas de arquitetura e do cotidiano, tanto frente ao contexto dos estudantes de arquitetura como do ensino fundamental. Isso foi possível a partir da visita dos estudantes da Escola ao laboratório de fabricação digital, onde puderam assistir à produção dos chaveiros e ao funcionamento das máquinas de corte a laser e de impressão 3D.

Também pôde-se evidenciar a associação entre os conhecimentos de geometria e a prática projetual de arquitetura. Conseguiu-se desconstruir, já nesta primeira atividade de projeto a ser executado (chaveiro), de que a atividade criativa é desprovida da construção de um repertório prévio. Todos os projetos partiram de um exercício exaustivo de análises de referenciais e de redesenhos, observando ainda a lógica da representação para o uso das tecnologias de fabricação digital por corte a laser. O processo de redesenho foi graficamente registrado em seu passo a passo, permitindo que os estudantes de ensino fundamental compreendessem todo o investimento neste estudo geométrico. Cada chaveiro foi acompanhado de um cartão com o histórico do projeto, com a demonstração, por imagens, da evolução do processo de projeto e execução, incluindo o processo de execução da embalagem.

Quanto ao retorno dado pelos estudantes da Escola, quando questionados sobre as suas percepções quanto à participação na construção do tema dos seus chaveiros, 87% responderam que participaram ou participaram muito, conforme registrado na Tabela 1. Questionados diretamente sobre se haviam gostado do resultado dos seus chaveiros, 91% declararam que sim. E buscando entender especificamente as percepções dos estudantes quanto aos quesitos tema/motivo, material/cor/textura, uso da tecnologia e o fato de ter sido projetado por um(a) “arquiteto(a)”, em todos a maioria respondeu ter gostado ou gostado muito. Considera-se, assim, que as entrevistas realizadas pelos “arquitetos” foram satisfatórias, conseguindo



estes atender às expectativas dos seus clientes.

Tabela 1 - Tabela de frequência das respostas sobre a participação na construção do tema do chaveiro.

O quanto você acha que participou da construção do tema para a produção do seu chaveiro?

Participei muito	Participei	Não sei	Participei pouco	Não participei
7	13	2	-	1

Total de respondentes: 23 estudantes

Fonte: Autoras (2018).

Tabela 2 - Tabela de frequência com as respostas sobre a percepção do tema/motivo, material/cor/textura, uso da tecnologia e realização do projeto por “arquiteto(a)”.

O que você achou sobre as seguintes características do seu chaveiro?

	Gostei muito	Gostei	Nem gostei nem não gostei	Gostei pouco	Não gostei	Não responderam
Tema/motivo	16	7	-	-	-	-
Material/cor/textura	11	8	1	1	-	2
Uso da tecnologia	14	6	1	-	-	2
Ter sido projetado/desenhado por um(a) “arquiteto(a)”	16	4	1	-	-	2

Total de respondentes: 23 estudantes

Fonte: Autoras (2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ação aqui descrita fez parte do projeto ACORDA, financiado pelo CNPq, que tinha o propósito de alavancar a cultura do uso de tecnologias de representação gráfica e digital intra e extra universidade.

Considera-se que foi possível provocar a reflexão sobre o conceito de tecnologia social na ação extensionista em ambos os contextos envolvidos. Na medida do possível, o processo foi acompanhado de provocações teóricas, utilizando-se o conceito de tecnologia social, especialmente compreendendo a possibilidade de que os momentos de interação entre os estudantes potencializassem ambos os contextos. Uma das estratégias foi de explicitar a lógica de um projeto de arquitetura e o significado dos conhecimentos básicos de geometria, para motivá-los ao estudo da matemática como perspectiva de aquisição de habilidades para um futuro profissional. Outra estratégia foi a de



compartilhar o aprendizado com as tecnologias avançadas de representação, inovadoras para os dois contextos também, entendendo-se como uma oportunidade para a alfabetização digital. De alguma maneira, com isto, entende-se que ação promoveu um empoderamento dos estudantes, por meio da aquisição de conhecimentos de arquitetura, geometria e tecnologias digitais de representação.

Acredita-se que esta ação permitiu demonstrar a pertinência das disciplinas de geometria e representação de primeiro semestre de arquitetura incluir atividades de extensão como atividade curricular. Esta ação contribuiu para justificar a formalização das horas de extensão na carga horária da disciplina de Geometria Gráfica e Digital 1.

Além disto, considera-se que a interação com a Escola oportunizou a identificação de outros temas de interesse para novas ações de Extensão, na mesma área do conhecimento tratado: geometria e representação. Um dos temas que já está sendo investido é a produção de jogos, por meio de fabricação digital, para o ensino/aprendizagem de geometria.

5. REFERÊNCIAS

- BARROS, Alexandre. **Fabricação digital: sistematização metodológica para o desenvolvimento de artefatos com ênfase em sustentabilidade ambiental**. Orientador: Régio Pierre da Silva. 2011. Dissertação (Mestrado em Design) – UFRGS, Porto Alegre, 2011.
- BURRY, Jane; BURRY, Mark. **The New Mathematics of Architecture**. New York: Thames & Hudson, 2010.
- CELANI, Maria Gabriela; PUPO, Regiane. Prototipagem Rápida e Fabricação Digital para Arquitetura e Construção: Definições e Estado da Arte no Brasil. In: **Cadernos de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo**. Campinas, 2008. Disponível em: <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/cpgau/article/view/6018>. Acesso em: jan. 2019.
- CHING, Francis. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- DAGNINO, Renato. A Tecnologia Social e Seus Desafios. In: **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. Campina Grande: EDUEPB, 2014. pp. 19-34.
- ELAM, Kimberly. **Geometria do Design: estudos sobre proporção e composição**. São Paulo: Gustavo Gili, 2018.
- FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.
- KAPP, Silke; CARDOSO, Adauto. Marco teórico da Rede Finep de Moradia e



Tecnologia Social – Rede Morar T.S. In: **Risco - Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**. São Carlos, 2013. n. 17. pp. 94-120. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/risco/article/view/83050/86094>. Acesso em: jan. 2019.

LEBORG, Christian. **Gramática visual**. São Paulo: Gustavo Gili, 2015.

PIAGET, Jean. **Epistemologia Genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1970.

POTTMANN, Helmut; ASPERL, Andreas; HOFER, Michael; KILIAN, Axel. **Architectural Geometry**. Exton: Bentley Institute Press, 2007.

RAMOS, Fernando. Conceitos gerais para compreender o redesenho como prática de pesquisa histórica em arquitetura. In: IV ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 2016, Porto Alegre. **O redesenho como prática de pesquisa histórica em arquitetura**. Disponível em: <https://enanparq2016.files.wordpress.com/2016/09/s27-00-ramos-f.pdf>. Acesso em: jan. 2019.

WONG, Wucius. **Princípios de forma e desenho**. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

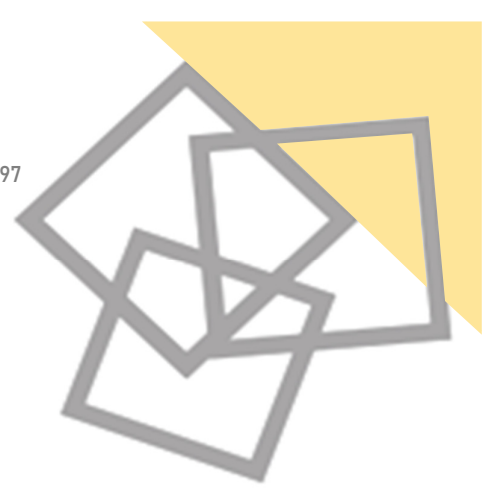
AGRADECIMENTOS

À direção e às professoras da Escola Municipal de Ensino Fundamental Ferreira Vianna, que permitiram a realização desta atividade, bem como aos estudantes das turmas de sexta e sétima série do ano de 2017 pela participação.

Aos estudantes de arquitetura, pela parceria e motivação que demonstraram para enfrentar o desafio de participar de uma ação de extensão em um primeiro momento formativo.

À empresa Marlon Acrílico, pela doação de material para subsidiar a ação.

À FAPERGS pelo financiamento de uma bolsa de iniciação tecnológica, oportunizando a continuidade do trabalho junto ao laboratório de fabricação digital que abrigou o desenvolvimento da ação.



Criando maquetes de papel a partir de modelos numéricos tridimensionais: considerações acerca da modelagem, planificação, corte a lâmina e montagem dos objetos

Creating paper mockups from three-dimensional numerical models: considerations about modeling, planning, blade cutting and assembling objects

Maria Luiza Camargo Santana

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo,
Faculdade de Arquitetura -
Universidade Federal da Bahia,
Salvador, Bahia, Brasil
ml.csantan07@gmail.com

Rafaela Yong Yu Tan

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo,
Faculdade de Arquitetura -
Universidade Federal da Bahia,
Salvador, Bahia, Brasil
rafaelayong@gmail.com

Érica de Sousa Checcucci

Doutora em Difusão do Conhecimento,
Professor Adjunto,
Faculdade de Arquitetura -
Universidade Federal da Bahia,
Salvador, Bahia, Brasil
erica.checcucci@ufba.br

RESUMO

Este artigo é o resultado parcial de uma pesquisa que estuda a modelagem e fabricação digital de formas arquitetônicas complexas. Apresenta e discute experimentos que investigaram métodos e técnicas de criação de maquetes de papel utilizando como base modelos numéricos que foram planejados, cortados à lâmina e colados. O principal objetivo foi construir conhecimento e sistematizar orientações para otimizar o processo de transformação do modelo digital no modelo físico de modo a garantir bom acabamento e precisão adequada, de acordo com a escala escolhida. Esta pesquisa é qualitativa, caracterizada pela realização de estudos exploratório-descritivos combinados, com crescente aumento da complexidade das formas construídas. Os objetos foram modelados no software SketchUp, planejados, editados e organizados para corte utilizando o Inkscape e enviados para a cortadora de papel através do programa Silhouette Studio. Dentre os principais resultados da pesquisa, destaca-se a sistematização de um conjunto de orientações para a otimização do trabalho de fabricação de maquetes em papel. Para isto, a pesquisa possibilitou a produção de um quadro comparativo onde cada experimento pôde servir como parâmetro avaliativo dos métodos de fabricação digital utilizados.

Palavras-chave: modelo numérico; maquete; fabricação digital; corte à lâmina.

ABSTRACT

This paper is a partial result of a research that studies the modeling and digital fabrication of complex architectural forms. It presents and discusses experiments that investigated paper mockup creation methods and techniques based on numerical models that were planned, blade cut and glued. The main objective was to build knowledge and systematize guidelines to optimize the transformation process of the digital model into the physical model to ensure good finish and adequate accuracy, according to the scale chosen. This research is qualitative, characterized by the accomplishment of combined exploratory-descriptive studies, with increasing complexity of the constructed forms. The objects were modeled in SketchUp software, planned, edited and organized for cutting using Inkscape and sent to the paper cutter through the Silhouette Studio program. Among the main results of the research, it stands out the synthesis of guidelines for the optimization of papermaking work. Furthermore, the research enabled the production of a comparative table where each experiment could serve as an evaluation parameter of the digital fabrication methods used.

Keywords: numerical model; mockup; digital fabrication; blade cutting.

1. INTRODUÇÃO

Pode-se conceituar um modelo como uma descrição, abstração ou representação formal de um objeto, sistema ou fenômeno, seja ele real ou imaginário. Em Arquitetura os modelos são criados com diversos propósitos. Modela-se para fins de compreensão, visualização, aprendizado, experimentação, registro, avaliação, controle, com objetivos educacionais, turísticos, de documentação (de objetos históricos ou recentes), etc.

Echenique (1975 apud SERRA, 1995) classifica os modelos de acordo com 3 critérios: sua finalidade, seu método construtivo e como ele trata o tempo (estático ou dinâmico). Em relação ao método de construção os modelos podem ser separados em físicos, quando possuem materialidade própria ou conceituais (ECHENIQUE, 1975 apud SERRA, 1995). Dentro destes últimos estão os modelos verbais (discurso lógico formado por palavras, como uma dissertação ou tese) e os matemáticos, criados através de símbolos e expressões, podendo ser analíticos, numéricos ou estocásticos.

O modelo numérico computacional é um sistema matemático implementado num computador que objetiva funcionar como “... uma réplica computacional da estrutura, do comportamento e/ou das propriedades de um fenômeno real ou imaginário” (MACHADO, 2001, p. 177 apud LIMA, 2003, p. 54).

As características do objeto a serem descritas no modelo dependem, em última instância, da sua finalidade. Com a crescente evolução da Computação Gráfica, cada vez mais são utilizados os modelos numéricos computacionais pelas diversas vantagens que possuem para representar objetos, dentre elas as possibilidades de criação de formas complexas, de edição e alteração das suas geometrias e da simulação de propriedades dos elementos representados.

Os modelos numéricos computacionais podem também ser utilizados para fabricar modelos físicos utilizando diferentes técnicas e materiais. Pupo (2008) identifica que os métodos de produção automatizada baseados em modelos numéricos podem construir diferentes modelos físicos, de acordo com sua finalidade: maquetes, quando criados em escala reduzida; protótipos, quando fabricados em escala natural (1:1) mas ainda sem todas as características do objeto final ou o próprio elemento a ser utilizado no edifício.

O uso de modelos numéricos para produção de maquetes, protótipos ou do objeto final a ser utilizado na construção demanda técnicas e processos de trabalhos bem específicos e diferentes entre si. Os objetos finais deverão contemplar todas as características solicitadas, de acordo com sua finalidade, enquanto que as maquetes e protótipos podem representar apenas algumas delas (como suas formas ou cores mas dispensar outras, como por exemplo, seu peso ou material).

Celani e Pupo (2008) também classificaram os métodos de fabricação digital segundo o número de eixos das máquinas utilizadas e de acordo com a forma de fabricação, sendo esta última categoria dividida nos métodos subtrativos (quando há desbaste ou retirada de material), formativos (quando há conformação do objeto) ou aditivos (quando os objetos são produzidos pela adição de material).

Este trabalho enfoca a construção modelos físicos de objetos arquitetônicos em escala reduzida (maquetes) a serem fabricados a partir de modelos numéricos computacionais, utilizando o método subtrativo de fabricação digital em uma cortadora a lâmina.

Nos experimentos realizados, foi utilizada a cortadora Silhouette Cameo e o papel Color Plus Sahara 180 g/m². Ainda, foram utilizados os seguintes programas: (1) SketchUp, associado ao plug-in Unwrap and Flatten Faces, para a criação e planificação dos modelos 3D; (2) Pepakura Designer, também para a planificação das formas modeladas; (3) Inkscape, para a edição do desenho e sua organização na folha de corte; e, (4) Silhouette Studio para enviar o desenho para a cortadora à lâmina. Os objetos foram montados com cola de silicone.

O objetivo do trabalho foi construir conhecimentos e sistematizar orientações para otimizar o trabalho de fabricação das maquetes, identificando algumas dificuldades que surgem no processo de modelagem, planificação, corte e montagem dos objetos e sugerindo formas para superá-las de modo a obter objetos com bom acabamento e qualidade.

Esta é uma pesquisa qualitativa e exploratória que visa “... desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, [...] ou modificar e clarificar conceitos” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 188). Para atingir seus objetivos foram realizados experimentos exploratórios-descritivos de modelagem e fabricação de pequenas maquetes de teste, com crescente complexidade de sua geometria.

Como afirma Gil (1989, p. 73) a definição do experimento consiste em determinar qual o objeto de estudo, selecionar variáveis capazes de influenciá-lo, definir formas de controle e observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Foram realizados 3 experimentos nos quais foram sendo variadas: a complexidade da forma, o modo como a geometria foi planificada e o método de criação de abas para colagem.

Este artigo está estruturado da seguinte maneira: (1) a introdução tratou brevemente sobre a fabricação digital, objetivos, materiais e métodos utilizados; a seção (2) descreve e discute os experimentos realizados e a seção (3) encerra o trabalho com as algumas orientações para criação de maquetes de papel utilizando modelos numéricos.

2. EXPERIMENTOS REALIZADOS

Para os estudos acerca da fabricação digital de objetos em papel foram realizados 3 experimentos: (1) Igreja de São Pedro dos Clérigos, (2) Reitoria da Universidade Federal da Bahia e (3) Cúpula Geodésica. Escolheu-se trabalhar com o aumento gradual da complexidade das formas escolhidas, bem como com a modificação dos métodos de planificação e criação de abas de colagem para fins investigativos, objetivando identificar os prós e contras de cada estratégia aplicada. Também escolheu-se utilizar programas gratuitos ou que possuam licença estudantil de forma a propor soluções de uso com mais baixo custo.

O Quadro 1 resume o número de faces de cada objeto após planificado (definido como um dos parâmetros para classificar a complexidade da forma), os softwares utilizados e o objetivo inicial do experimento. Todos eles demandaram a mesma especificação de materiais: (a) hardware e software para modelagem; (b) Silhouette Cameo (cortadora) e Studio (programa); (c) cola líquida de silicone; (d) papel Sahara; (e) base de corte para Silhouette (30 x 60 cm); e, (f) pinça de sobancelha para auxiliar na montagem dos objetos.



Quadro 1: Resumo dos experimentos realizados.

	<i>Igreja de São Pedro dos Clérigos</i>	<i>Reitoria da Universidade Federal da Bahia</i>	<i>Cúpula Geodésica</i>
Complexidade da forma (número de faces + abas)	45 faces	164 faces, em 7 volumes separados	180 faces
Softwares utilizados	Sketchup – Inkscape – Silhouette Studio	Sketchup + plugin Unwrap Flatten Surfaces – Inkscape – Silhouette Studio	Sketchup – Pepakura Designer – Inkscape – Silhouette Studio
Objetivo inicial do experimento	Dar início aos estudos da fabricação digital de objetos em papel	Testar a automatização da planificação	Testar a planificação e criação automatizada de abas

Fonte: as autoras.

Cada experimento foi dividido em 5 processos principais: (1) modelagem 3D; (2) planificação; (3) edição de imagem; (4) corte e; (5) colagem. Eles são descritos nas seções a seguir.

2.1. Igreja de São Pedro dos Clérigos

A Igreja católica romana de São Pedro dos Clérigos foi construída na segunda metade do século XVIII e possui características em estilo rococó e neoclássico. Localizada no Terreiro de Jesus, parte do Centro Histórico de Salvador, Bahia, foi tombada pelo IPHAN em 1941. Ela foi escolhida para a realização do primeiro experimento devido à baixa complexidade do modelo 3D, composto por apenas 19 faces quando montado, e 45 quando planificado (o acréscimo de faces considera as abas criadas para a colagem). Outro critério considerado foi a existência dos ornamentos da fachada principal, implicando na busca por soluções criativas para sua representação.

Para a etapa de modelagem foi escolhido o SketchUp. Este software opera num ambiente em 3 dimensões e tem rápida curva de aprendizagem. É bem documentado e com muito material disponível na internet. A possibilidade de visualização tridimensional do objeto em diferentes ângulos facilita a compreensão da forma modelada e sua análise para criação de estratégias de planificação.

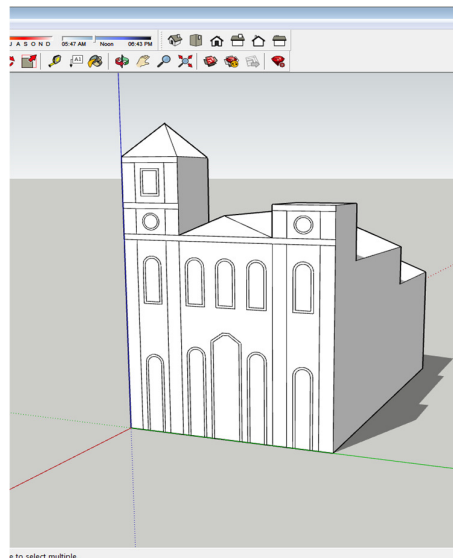
O modelo foi construído de forma simplificada com as dimensões aproximadas, obtidas a partir de análises de fotos disponíveis na internet. Nessa fase foram escolhidos os detalhes a serem destacados, considerando a precisão da cortadora, a finalidade da maquete e a escala 1:300, escolhida para a representação pelo tamanho da cortadora. Desta forma, modelou-se apenas alguns detalhes da fachada principal como aberturas e marcações verticais, simplificando bastante o modelo. As Figuras 1 e 2 mostram a Igreja e seu modelo numérico respectivamente.

Figura 1: Igreja de São Pedro dos Clérigos

Figura 2: Modelo Numérico



Fonte: as autoras.

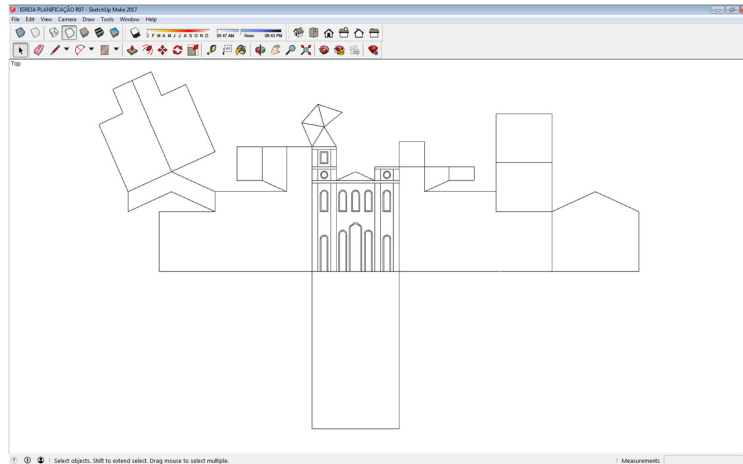


Fonte: as autoras.

Após a criação do modelo, a planificação e criação de abas foram realizadas de maneira não automatizada, utilizando os comandos de desenho disponíveis no SketchUp. Foi necessário analisar como desdobrar as faces e planificar a forma: escolheu-se a fachada principal como face mais relevante, colocando-a sobre o plano XY. A partir desta face no plano as outras iam sendo selecionadas, rotacionadas e colocadas no mesmo plano, de forma a planificar todo o elemento. Após esta etapa as abas de colagem eram construídas com o comando de desenho de linhas do programa (lápis).

A planificação é realizada a partir da definição de um plano base para direcionar as rotações de todas as faces do objeto e é determinante para os processos futuros, visto que uma planificação equivocada pode, por exemplo, sobrepor faces e impedir o processo de corte ou dificultar muito a manipulação do objeto, prejudicando a etapa de colagem. Nesta etapa, percebeu-se que apesar de um objeto poder ser planificado de diferentes maneiras, existem algumas melhores para montá-lo de volta, seja porque facilitam o entendimento do objeto a ser recriado ou porque tornam a manipulação do produto final mais fácil. A planificação iniciando pela fachada principal facilitou o processo de montagem. A Figura 3 mostra a Igreja planificada, ainda sem as abas para colagem.

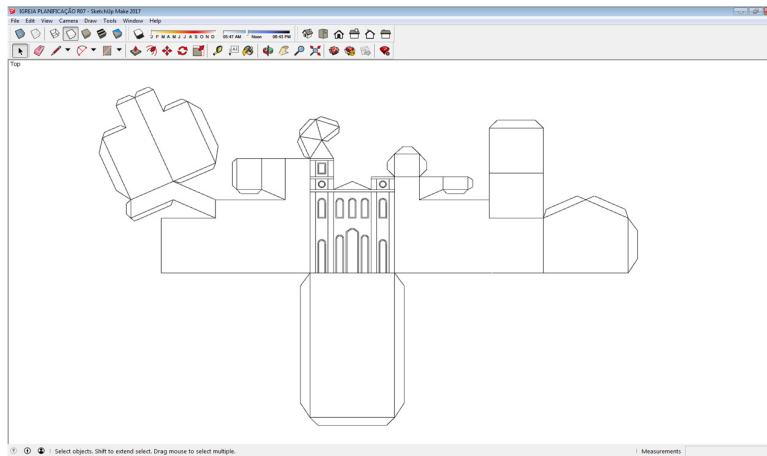
Figura 3: Igreja planificada



Fonte: as autoras.

Também é na etapa de planificação que se define o posicionamento e o tamanho das abas de colagem, que não devem ser muito pequenas de modo prejudicar a fixação das faces e o acabamento, nem muito grandes para não marcarem em demasia a face a ser colada, além de evitar a perda desnecessária de material (Figura 4).

Figura 4: Objeto planificado e com abas de colagem



Fonte: as autoras.

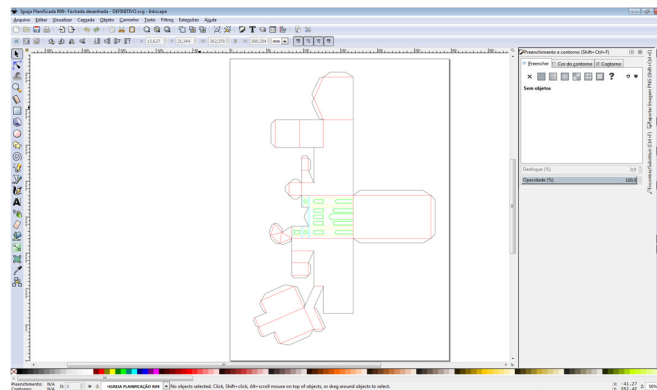
Com a forma devidamente planificada e após a criação de abas para colagem, o arquivo do SketchUp foi salvo no formato *.pdf* com a função *Use High Accuracy HLR* ativada: esta opção exporta as linhas como vetores ao invés de *pixels*, o que permite a edição do documento, importante para alterar a cor, espessura e tipo de linha no Inkscape. Este programa foi utilizado para diagramar a folha a ser cortada e definir camadas com cores diferentes para cada objetivo a ser realizado pela cortadora Silhouette: (1) cortar, (2) marcar e, (3) desenhar (usando uma caneta própria da cortadora).

O corte (1) deve ser realizado na parte do desenho a ser destacada da folha do papel utilizada. Já a marcação (2) é o local por onde a lâmina passa de forma mais suave sem o objetivo de cortar completamente o papel, mas apenas demarcar o local para ser dobrado e é



identificado no Silhouette Studio como “Pontuação”. E por fim, o desenho (3) é realizado por uma caneta ao invés de lâmina e esse processo é identificado pelo Silhouette Studio como “Rascunho”. Neste experimento foi escolhida a cor preta para corte, vermelha para marcação (ou dobra) e verde para desenho (Figura 5).

Figura 5: Prancha preparada para corte no Inkscape.

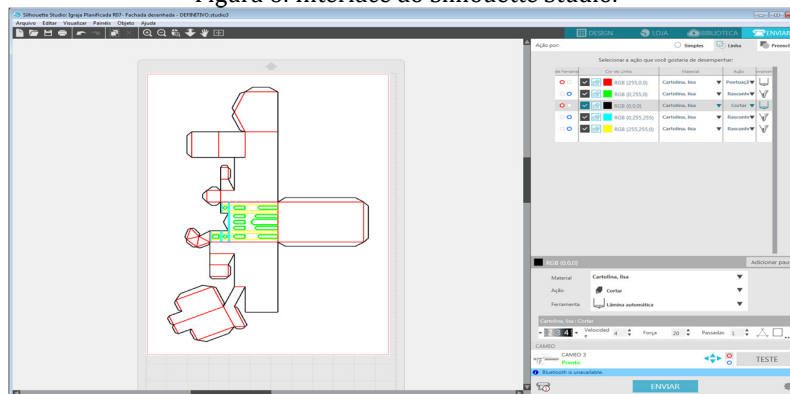


Fonte: as autoras.

Definidos estes parâmetros, a folha foi salva no formato *.dxf* e importada no software da cortadora à lâmina - Silhouette Studio – para ser configurada a profundidade do corte, velocidade, força e número de passadas de cada uma das 3 camadas definidas anteriormente. É importante observar que a exportação em *.dxf* deve ser realizada na mesma unidade de medida do Silhouette Studio. Caso contrário, o software da cortadora vai automaticamente redimensionar o documento para que este caiba no papel de corte, o que pode comprometer a precisão do objeto final.

Como existem diversos tipos de papéis e materiais que a Silhouette pode cortar, cada um com sua espessura, textura e gramatura, é necessário ajustar pelo menos os seguintes parâmetros: a altura da lâmina, velocidade e força de corte no Silhouette Studio (Figura 6).

Figura 6: Interface do Silhouette Studio.



Fonte: as autoras.

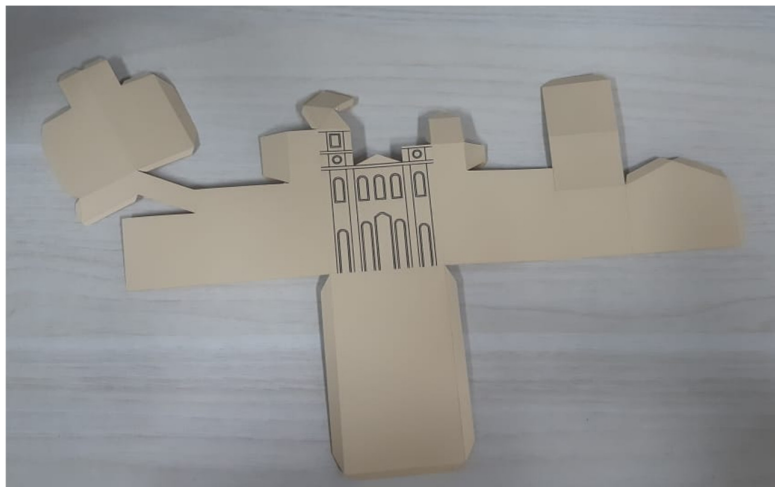
Após a configuração destes parâmetros, é preciso fixar o papel na base de corte da Silhouette (processo realizado com cola spray), enviar o comando para a máquina e aguardar o processo para a retirada do material. Ao final é preciso ter cuidado ao retirar o papel da base



de corte, pois se ele tiver com grande aderência, um descolamento brusco pode danificar o trabalho.

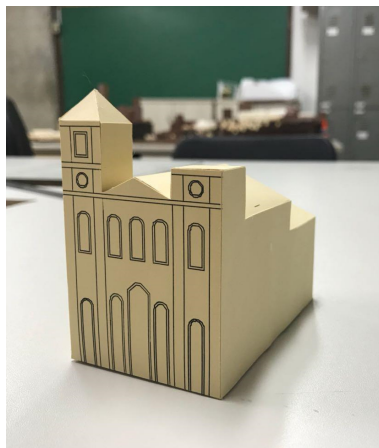
A etapa seguinte é a colagem. Foi escolhida a cola líquida de silicone tendo em vista que seu processo de secagem é mais rápido em comparação com a cola branca a base de PVA. Além disso, esta cola evita que o papel fique com aspecto úmido durante a colagem, fazendo com que o produto final tenha um aspecto mais limpo. Levando em consideração o acabamento do objeto, a utilização de uma pinça comum para auxiliar a manipular as abas de corte trouxe uma melhora significativa no manuseio do objeto e na colagem das abas. As Figuras 7 e 8 ilustram a igreja cortada e o objeto pronto respectivamente.

Figura 7: Igreja cortada.



Fonte: as autoras.

Figura 8: Igreja colada.



Fonte: as autoras.

Por fim, vale a pena ressaltar que o SketchUp é um programa que trabalha apenas com retas e cria curvas a partir de diversos segmentos delas. Neste caso, a precisão das formas



curvas foi prejudicada e seria necessário criar arcos e círculos com muito mais linhas para melhorar o desenho (Figura 9). Para solucionar este problema, no Inkscape as curvas poderiam ter sido refeitas.

Figura 9: Imprecisão no desenho de curvas.



Fonte: as autoras.

2.2. Reitoria da Universidade Federal da Bahia

O segundo objeto escolhido para ser fabricado digitalmente foi a Reitoria da Universidade Federal da Bahia, localizada no bairro do Canela na cidade de Salvador. É uma construção em estilo neoclássico do século XIX que também foi modelada de forma simplificada, mas de modo a manter o seu reconhecimento visual. As Figuras 10 e 11 apresentam respectivamente uma foto do edifício e seu modelo numérico.

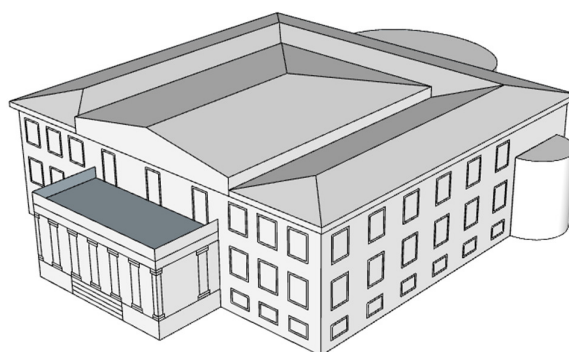
Seguindo o critério de aumento de complexidade ao longo da pesquisa, este edifício foi escolhido por possuir formas curvas nas suas varandas e elementos anexos e ter maior complexidade no telhado, com mais águas do que o do experimento 1. O foco deste experimento foi nestes elementos, por isto a escada que dá acesso à edificação foi projetada no prédio, ao invés de modelada em três dimensões.

Figura 10: Reitoria da UFBA.



Fonte: as autoras.

Figura 11: Reitoria da UFBA

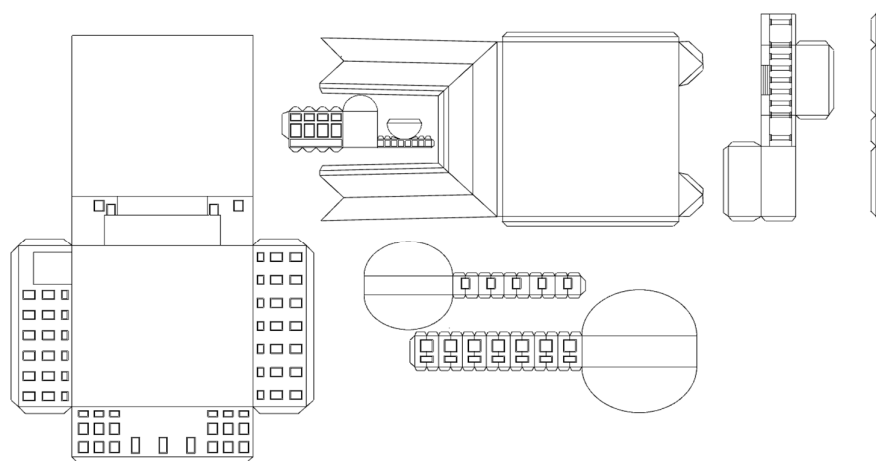


Fonte: As autoras.

As etapas de modelagem, edição de imagem e montagem do objeto após o corte foram feitas de forma similar ao experimento anterior, com mudanças relevantes na etapa de planificação do modelo 3D, que é detalhada a seguir.

No processo de planificação da Reitoria, ficou evidente que quando a complexidade do objeto aumenta, faz-se necessário dividir o modelo em partes para facilitar a etapa de montagem. Eventualmente, esta partição deve ser utilizada para que o desenho em escala caiba na folha de corte. Neste experimento, foi preciso escolher quais partes deveriam ser separadas para não comprometer o processo de colagem e garantir um melhor acabamento da peça. As Figuras 12 e 13 mostram o objeto planificado e depois montado.

Figura 12: Reitoria planificada.



Fonte: as autoras.

Figura 13: Reitoria montada.



Fonte: as autoras.

Uma das dificuldades encontradas neste experimento foi descobrir uma estratégia otimizada para planificar as curvas das varandas cilíndricas da edificação. O SketchUp não possui ferramentas para automatizar a planificação de curvas e sempre que fosse necessário planificar as varandas curvas, seria preciso aplicar o cálculo da circunferência $C=2\pi R$, onde R é a medida do raio. Para otimizar o tempo gasto na planificação, foi pesquisado quais ferramentas gratuitas poderiam facilitar esse processo, tendo-se descoberto o *plug-in* do SketchUp, Unwrap and Flatten Faces (UFF) e o Pepakura Design.

O UFF gera rapidamente planificações de forma randômica, mas que nem sempre são ideais para corte e colagem visto que é comum nesse processo a sobreposição de faces ou a criação de planificações que inviabilizam o processo de montagem. Ele é muito eficiente quando usado em objetos simples, mas demanda a criação de estratégias para planificar objetos complexos (como, por exemplo, dividi-los em partes menores).

Considerando esta característica do *plug-in*, a planificação se torna mais eficiente quando as faces são tratadas individualmente. As varandas da Reitoria foram representadas geometricamente por um semicilindro e assim, a face externa desse cilindro seria simples o suficiente para o UFF e sua planificação só foi possível quando o *plug-in* foi executado sobre cada varanda separadamente.

Ainda no perfil cilíndrico das varandas, visando uma maior precisão do formato final, foram testadas duas formas de corte e montagem. A primeira delas usou apenas uma face para representar a face externa e a segunda subdividiu essa face em outras, marcando-as. Avaliou-se que segmentar a face melhorou o acabamento da peça final pois facilitou o processo de colagem. As Figuras 14 e 15 ilustram como a marcação nas faces tornou a colagem mais fácil e com melhor acabamento.



Figura 14: Marcação nas faces dos elementos curvos,



Fonte: as autoras.

Figura 15: Parte cilíndrica montada.



Fonte: as autoras.

2.3. *Cúpula Geodésica*

Neste estudo, levando em consideração o aumento gradual de complexidade dos experimentos, escolheu-se construir uma cúpula geodésica objetivando aumentar o número de faces, e conseqüentemente o número de abas de colagem, o que dificulta a planificação e a colagem. O objetivo principal deste experimento foi testar uma nova ferramenta que gerasse as abas automaticamente (Pepakura Designer), garantindo agilidade ao processo de fabricação digital.

A cúpula geodésica consiste em uma forma cuja base de construção é a face de um icosaedro subdividido em diversas partes triangulares. Diante disto, quanto maior o número de faces, mais esférica será a cúpula. O modelo de domo geodésico foi obtido no 3D Warehouse, plataforma do SketchUp que permite acesso a modelos tridimensionais disponibilizados por usuários diversos. Dentre as os modelos disponíveis, foi escolhido um que possuía um número de faces que permitia a confecção das abas de colagem, mas não comprometeria a forma esférica.

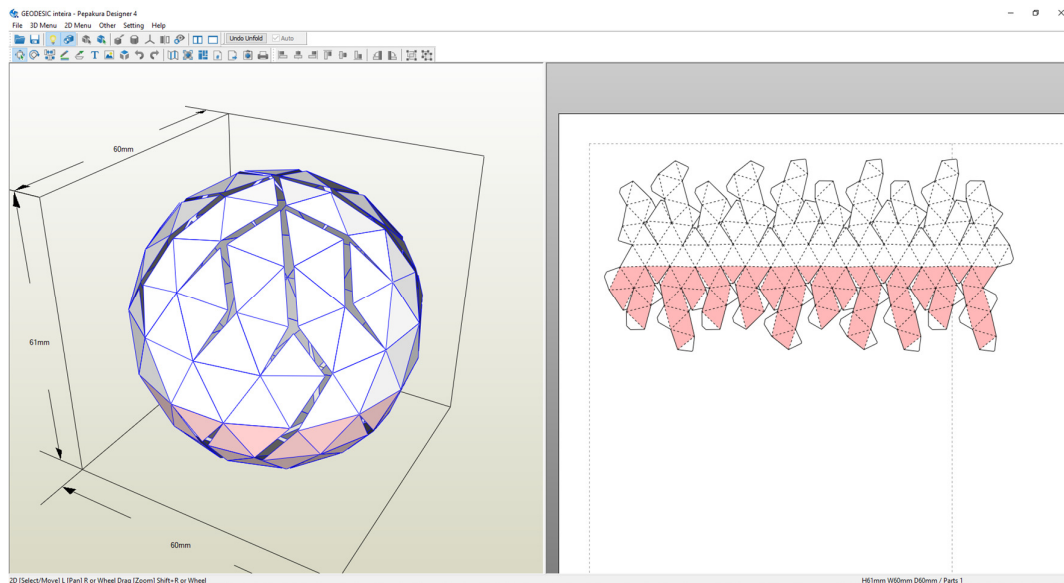


A partir da obtenção do modelo, escolheu-se planificar e produzir as abas de colagem no Pepakura Designer. O programa permite o desdobramento automático de modelos tridimensionais possibilitando a fabricação digital.

O modelo 3D foi exportado em formato *.obj* (*Object File Wavefront 3D*), extensão de arquivo que possibilita o armazenamento de objetos tridimensionais por meio de coordenadas. O preparo do modelo para a exportação foi basicamente agrupar o objeto no SketchUp. A importação no Pepakura Designer permite ajustar a escala de acordo com a unidade do objeto.

No Pepakura Designer, com a utilização da função *unfold* houve a planificação da geodésica com suas respectivas abas de colagem – geradas com tamanhos diferentes devido à aproximação de faces resultantes do desdobramento (Figura 16).

Figura 16: Abas de colagem criadas com *unfold* (algumas sobrepondo faces).

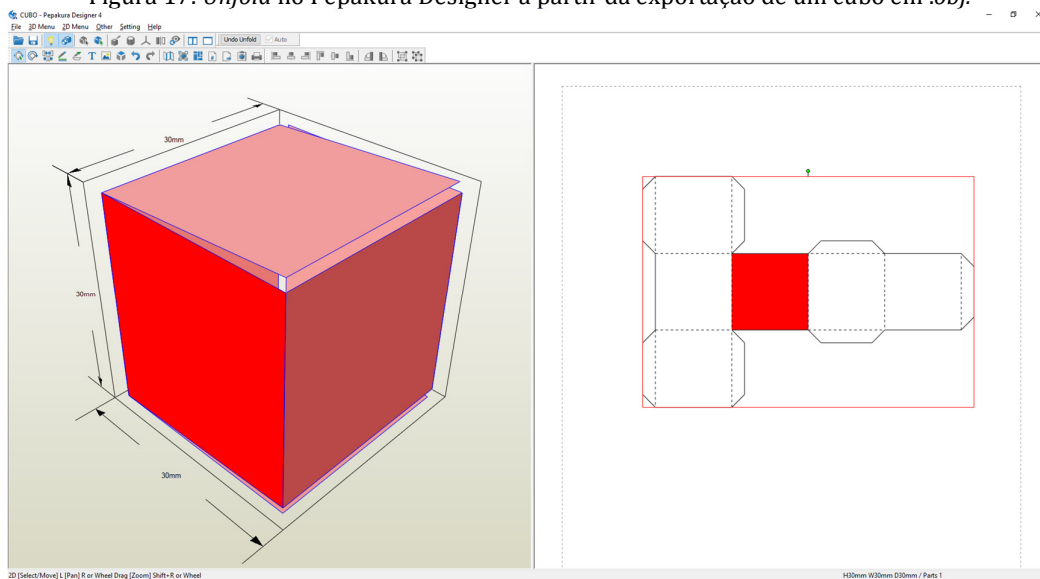


Fonte: as autoras.

Percebeu-se que exportando o arquivo em *.obj* as faces mantiveram-se conectadas formando apenas uma peça plana após o *unfold*, ao contrário da exportação em *.kmz*, testada anteriormente no modelo de um cubo (Figuras 17 e 18). Com as faces desconectadas (arquivo *.kmz*) foram criadas uma grande quantidade de peças soltas (com suas respectivas abas para colagem) ocasionando o desperdício de material, visto que ocuparam mais espaço da folha de corte, consequentemente aumentando o tempo e a complexidade na montagem final do modelo.

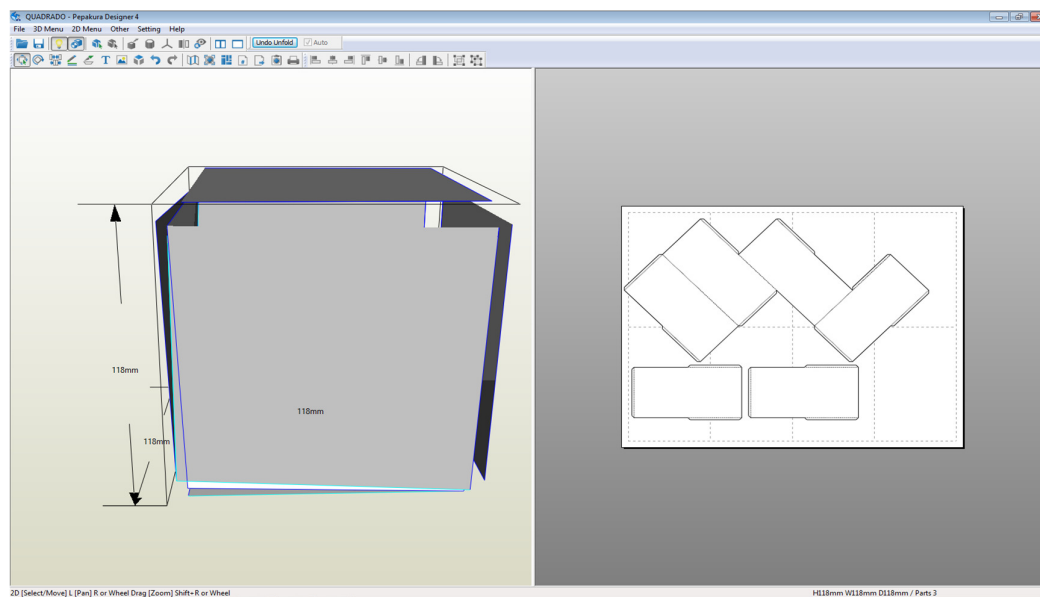


Figura 17: *Unfold* no Pepakura Designer a partir da exportação de um cubo em *.obj*.



Fonte: as autoras.

Figura 18 : *Unfold* no Pepakura Designer a partir da exportação de um cubo em *.kmz*.



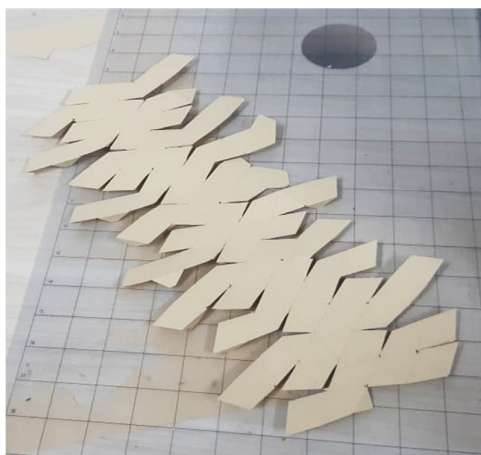
Fonte: As autoras.

Ao diagramar a planificação na folha de impressão constatou-se que para obter um arquivo *.pdf* de melhor qualidade era preciso imprimir como Vetor em vez de *Bitmap*. O arquivo gerado foi importado no Inkscape para o agrupamento e determinação de cores distintas para ações distintas da cortadora – corte, marcação e desenho. Este mesmo processo poderia ser realizado em outro programa editor de desenho, como CorelDraw ou AutoCad, desde que o arquivo fosse exportado em *.dxf* para importação na Silhouette Studio.



O Pepakura Designer transformou as linhas de dobradura em linhas tracejadas. Deste modo, ao invés de configurar uma linha de marcação (corte menos profundo), todas as linhas foram configuradas como linhas de corte na Silhouette Studio e como consequência, as dobras ficaram com o aspecto picotado. Os parâmetros configurados para a máquina de corte foram os mesmos dos experimentos anteriores, visto que a papel utilizado não mudou. Durante o corte, defeitos foram identificados, principalmente nos encontros das arestas dos triângulos das faces. A Figura 19 apresenta a geodésica cortada.

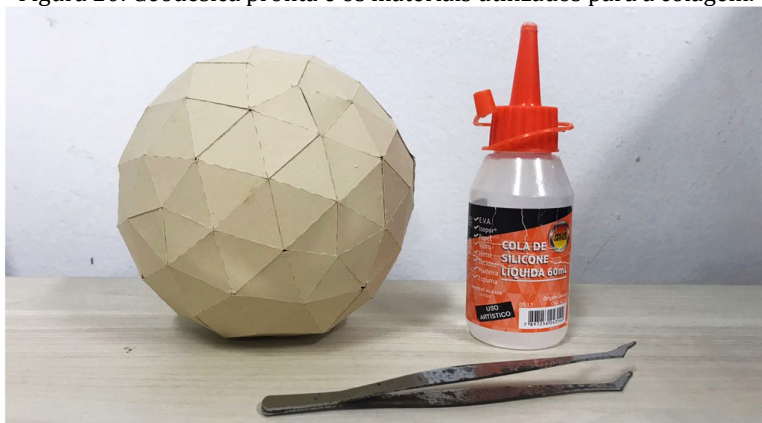
Figura 19: Geodésica após corte na Silhouette.



Fonte: as autoras.

A colagem se tornou fácil a partir do momento em que as abas foram identificadas, porque as faces eram triângulos equiláteros e as abas se formaram como consequência delas. A cola de silicone utilizada mostrou-se vantajosa por secar rápido e não provocar manchas significativas no papel. O processo foi facilitado pelo uso da pinça, principalmente no final da colagem, quando a geodésica foi se fechando, tornando o espaço para juntar as abas muito limitado. O resultado é a consequência de todos os fatores analisados acima, no entanto, também há influência da habilidade manual, prática e familiaridade com o processo de quem realiza a colagem. A Figura 20 apresenta a geodésica montada.

Figura 20: Geodésica pronta e os materiais utilizados para a colagem.



Fonte: as autoras.



Analizando o produto finalizado e o que poderia ter sido feito para melhorá-lo, identificou-se que o resultado seria mais satisfatório se as dobras fossem configuradas como marcação, evitando o efeito picotado das mesmas. Como consequência, a geodésica apresentaria um aspecto mais homogêneo, no entanto, o processo de fabricação seria mais demorado devido à necessidade de transformar as linhas tracejadas em contínuas e com a classificação de marcação em vez de corte. Considerou-se o experimento satisfatório, visto que foi possível identificar potencialidades do Pepakura Designer para a fabricação digital, como a economia de tempo e mão de obra devido à automatização da planificação e criação de abas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram destacados 3 experimentos diferentes realizados com o objetivo de criar maquetes de papel utilizando modelos numéricos e cortadora a lâmina. O Quadro 2 apresenta uma síntese das observações realizadas em cada um deles.

Quadro 2: Comparativo dos experimentos.

<i>Experimento</i>	<i>Nº de faces</i>	<i>Softwares</i>	<i>Item avaliado</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>Igreja de São Pedro dos Clérigos</i>	45	- SketchUp - Inkscape - Silhouette Studio	Planificação e criação de abas não automatizada	Resultado satisfatório para planificação de formas simples. O usuário tem um maior domínio sobre o objeto planificado, o que facilita a montagem do produto final.	Demanda mais tempo para planificação e se torna muito difícil para uso em formas mais complexas.
<i>Reitoria da UFBA</i>	164	- SketchUp + plugin Unwrap and Flatten Faces - Inkscape - Silhouette Studio	Uso do plugin Unwrap and Flatten Faces do SketchUp	Resultado satisfatório para a planificação separadamente de formas curvas não complexas. Demanda criação de estratégias diferentes para formas mais complexas.	Criação de abas não automatizada. Planificação de faces de forma randômica e nem sempre satisfatória.



<i>Cúpula Geodésica</i>	180	- SketchUp - Pepakura Designer - Inkscape - Silhouette Studio	Uso do Pepakura Designer	Resultado satisfatório para formas mais complexas. Economia de tempo e mão de obra no processo devido à automatização da planificação e criação de abas.	Software nem sempre realiza a planificação como desejado. Não permite muito controle por parte do usuário. Criação de abas com tamanhos irregulares.
-------------------------	-----	--	--------------------------	--	--

Fonte: as autoras.

Os experimentos realizados possibilitaram a elaboração de algumas orientações para criação de maquetes de papel utilizando modelos numéricos:

- (a) Estabelecer a finalidade da maquete, para definir a escala do objeto a ser construído e a quantidade de informações a serem modeladas;
- (b) Definir o tipo de papel que será utilizado no corte;
- (c) Criar estratégias para planificação do modelo, observando o tamanho das abas para colagem;
- (d) Criar arquivos distribuindo os objetos a serem cortados nas diferentes folhas e organizando as linhas em camadas de acordo com a função a ser executada na cortadora (corte, marcação ou desenho);
- (e) Exportar os arquivos de corte em formato *.dxf*, importar cada folha no programa da Silhouette e configurar os parâmetros de corte;
- (f) Após o corte, retirar os modelos com cuidado da base;
- (g) Definir estratégias para colagem, escolher cola e materiais auxiliares se necessário;
- (h) Montar o objeto tomando cuidado com o seu acabamento.

Os experimentos realizados permitiram criar conhecimentos sobre o uso da cortadora a lâmina e identificar cuidados que devem ser observados para produção de objetos com bom acabamento utilizando programas e materiais de custo acessível. Estes processos são mais complexos para criação de maquetes de formas curvas, porém permitem a criação de objetos com qualidade satisfatória.

Em fases posteriores, esta pesquisa se aprofundará, estudando a criação de objetos com formas mais complexas, considerando como parâmetro, além do número de faces, também sua curvatura e formato.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CELANI, G.; PUPO, R. T. Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no Brasil. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, 2008. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/cpgau/article/download/244/103>. Acesso em: 14 jun. 2015.



SERRA, G. G. Teoria, simulação e modelo na arquitetura. In: ENCONTRO NACIONAL DE MODELOS DE SIMULAÇÃO DE AMBIENTES, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo, FAUSP, 1995. p. 9-18. Disponível em:

http://www.infohab.org.br/acervos/pdf/codigo_biblio/19154/titulo/Teoria,%20simula%C3%A7%C3%A3o%20e%20modelo%20na%20arquitetura. Acesso em: 12 maio 2015.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas, 1989.

LIMA, T. B. S. Uso da simulação computacional em projeto de iluminação interna. 2003. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, UFBA, Salvador, 2003.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

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, v. 1, n. 3, 2008. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~parc/vol1/n3/vol1-n3-pupo.pdf>. Acesso em: 4 maio 2017.

AGRADECIMENTOS

A Pró-Reitoria de Pesquisa, Criação e Inovação e Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação da Universidade Federal da Bahia pelo apoio através do projeto Jovens Doutores e a bolsa de iniciação científica.



Arquitetura de dentro para fora: oficina de dimensionamento de projeto com gabaritos positivos.

Architecture from inside out: workshop of space planning with positive template drawing stencils.

Igor Villares de Carvvalho

Mestre em Arquitetura,
Projeto e Meio Ambiente,
Politecnico di Milano.
Docente, Universidade
Católica de Pernambuco,
Recife, Brasil.
igor.villares@unicap.br

Walkyria Tsutsumi Ferreira Coutinho

Mestre em Desenvolvimento
Urbano, Universidade Federal
de Pernambuco.
Docente, Universidade
Católica de Pernambuco,
Recife, Brasil.
kyria.tsutsumi@unicap.br

RESUMO:

Um dos momentos decisivos no curso de arquitetura e urbanismo acontece quando os alunos, após trabalhar com composições espaciais e adquirir conhecimentos acerca do desenho arquitetônico, passam a conceber e representar seus projetos através do desenho e não apenas através maquete física volumétrica. Neste momento, o aluno passa a lidar com a espacialidade de maneira diferente, precisa ser capaz de propor espaços e não apenas representá-los através do desenho, precisando, portanto, da habilidade para dimensionar espaços que irão receber as atividades advindas do programa de projeto. Notando as dificuldades nesta vital fase do ensino das disciplinas de projeto arquitetônico, o presente artigo apresenta ferramentas de ensino de dimensionamento de projeto através de módulos de mobiliário em oficinas denominadas de "Arquitetura de Dentro para Fora" desenvolvidas através de três semestres na disciplina de Atelier de Projeto III, ministrada na Universidade Católica de Pernambuco, em Recife-PE. Além da discussão dos resultados obtidos, que demonstraram serem superiores aos resultados utilizando a metodologia tradicional, o artigo também discorre sobre as diferentes metodologias e fontes de pesquisa para o dimensionamento de projeto arquitetônico e sua representação.

Palavras-chave: dimensionamento; desenho; arquitetura; ensino; metodologia.

ABSTRACT:

One of the key moments during course of architecture and urban planning happens when the students, after working with volumes and spatial composition and acquiring knowledge of the architectural drawing, starts to conceive and design their projects through drawings and not only through volumetric models. At this moment, the student starts to deal with the spatiality in a different way, it needs to be able to propose spaces and not only represent them through the drawing, thus needing the ability determine the area of those spaces that will host the activities coming from the project program. Noting the difficulties in this vital phase of teaching the disciplines of architectural design, the present article presents the teaching tools of dimensioning through furniture modules in workshops called "Architecture from Inside Out" developed through three semesters in the course of Architectural Design Studio III, at the *Universidade Católica de Pernambuco*, in Brazil, in addition to discussing the results obtained, which proved to be superior to the results using the traditional methodology. This article also discusses the different methodologies and sources of research for the design of architectural design and its representation.

Keywords: dimensioning; drawing; architecture; teaching; methodology.



1. INTRODUÇÃO

Existem tantas definições de arquitetura quanto há arquitetos, porém duas delas, em especial, são seminais na conceituação do que será trabalhado neste artigo. A primeira, vinda do campo da estética, por Coutinho (1970), onde é definido que a matéria semiótica da arquitetura é o próprio espaço. Sendo esta percebida através dos seus sentidos, portanto a manipulação dos espaços vazios é o que definiria uma obra como arquitetura. A segunda definição vem de Vieira (2001), onde a arquitetura é definida como uma “obra geométrica”, quando o espaço projetado utilizando-se da geometria, euclidiana, e seria a definição do ofício do arquiteto criar o espaço através do domínio e uso das formas.

Considerando as afirmações anteriores e compreendendo que ambas são válidas, podemos sintetizar que a arquitetura deve ser elaborada utilizando-se da geometria, entrando no campo da representação e concepção, para assim poder projetar e representar o espaço, ou seja, a matéria semiótica da obra construída. O desenho arquitetônico, desde os tempos do renascimento até sua formalização com Gaspar Monge, no século XIX, preocupa-se com a representação do projeto dentro de uma escala em que devidamente convertida pode ser construída com precisão. Porém, no meio acadêmico, um dos grandes desafios é fazer com que os discentes desenvolvam uma compreensão da espacialidade e da dimensão real do que estão projetando, devido a grande necessidade de abstração e falta de experiência projetual.

Este momento ocorre no segundo ano de curso, onde o discente começa a projetar efetivamente arquitetura, segundo as definições de Coutinho (1970) e Vieira (2008) supracitados. O arquiteto necessita criar espaços em seus projetos e representar graficamente de maneira efetiva uma realidade ainda inexistente. Os meios de expressão gráficos exigem capacidade de abstração e o projeto a habilidade de transformar necessidades funcionais em espaços. (MARTINS, 2013).

Nas atividades docentes dos autores deste artigo, dentro do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Católica de Pernambuco foi notado que entre os alunos que iniciavam o seu segundo ano de curso na disciplina de Atelier de Projeto III, existia um grande desafio na elaboração destes espaços, em relação à sua funcionalidade e geometria, especialmente no dimensionamento dos espaços.

A oficina descrita neste contexto foi elaborada a fim de desenvolver a habilidade de dimensionar espaços, utilizando-se do desenho em escala, de maneira mais rápida e eficaz, permitindo que os alunos fossem capazes de avançar para os conhecimentos relativos às questões funcionais e proporcionais de cada espaço, solucionando, ao menos parcialmente, as questões de ensino que estavam deficitárias. A oficina utiliza gabaritos de desenho positivos, o oposto dos gabaritos tradicionais de desenho que utilizam incisões numa placa de acrílico para que seja traçado no papel o desenho do mobiliário, equipamento ou peças sanitárias.

Neste contexto, o artigo apresenta a metodologia da oficina elaborada para sanar esta dificuldade, e intitulada “Arquitetura de Dentro para Fora”, além de discussões sobre metodologia de ensino de projeto e suas fases, com foco na fase de



dimensionamento e tratando do conflito entre o que é normatizado e definido por leis e a realidade do processo projetual.

2. O ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Primeiramente, consideramos a questão do ensino de projeto de arquitetura e a implicação do desenho neste processo. Dentro da academia, principalmente entre professores das disciplinas de projeto, foi notada uma grande dificuldade de orientação metodológica e instrumental para o ensino do ato de conceber arquitetura. Tanto pela questão de ementa quanto pela própria natureza da atividade projetual.

“em parte expressiva dos cursos, [as disciplinas de projeto] mantêm-se precariamente organizadas, recusando-se, por diferentes razões, a assumirem o papel natural que lhes é inerente de aglutinadoras dos conhecimentos que intervêm na elaboração de um projeto” (TEIXEIRA, 2005).

“[...] nem história nem teoria serão instrumentos de trabalho para o projeto de arquitetura (CZAJKOWSKI, 1986). O ensino de projeto será dependente da capacidade latente, ou da intuição, ou do talento de seus estudantes: ‘projeto não se ensina, aprende-se’” (TEIXEIRA, 2005).

Baseando-se nas citações acima, pode-se questionar o tradicional papel dos professores de projeto em trabalharem como transmissores de conteúdo, como se a informação não estivesse ao alcance do discente por outros meios e o professor fosse o único detentor do conhecimento. Outro ponto é relativo ao papel da intuição e talento dos alunos na construção das habilidades de projetar na arquitetura. Como Vidigal (2010) comenta, o mito da necessidade de “talento nato” é bastante presente dentro do campo da arquitetura, o que se mostra um entrave tanto para alunos quanto para professores. Teixeira (2005) discorre que professores de projeto se mantêm “em uma posição confortável” devido a esta expectativa de síntese por parte dos alunos, porém não a incentivam a partir de metodologias de ensino ativo, engajando e capacitando estes alunos.

Um outro ponto que foi considerado relevante no ensino de projeto são as expectativas quanto às habilidades de representação gráfica, quando muitas vezes se espera que o aluno domine plenamente as normas técnicas e a visão espacial da geometria descritiva. Dentro da arquitetura o ato de projetar e suas estratégias inevitavelmente envolvem o uso de ferramentas gráficas, o arquiteto se comunica através do desenho. É por meio destas ferramentas e meios de representação que comunicamos e convencemos o público, no caso acadêmico o professor, das soluções e do cumprimento de normas técnicas do projeto (HENMI, 1994 apud MARTINS, 2013).

Sobre isto, Góes (2008) diz que “o desenho é fundamental na prática da arquitetura e representa a própria evolução do processo projetual” e, consoante a esse pensamento, William Mitchell (2008) definiu o background teórico sobre a aplicação das novas tecnologias na arquitetura, enfatizando que “os arquitetos desenham aquilo que conseguem construir, e constroem aquilo que conseguem desenhar”.



Além desta questão intrínseca sobre a representação gráfica temos a questão da maturidade e habilidade do aluno em relação ao desenho ao chegar na primeira disciplina de projeto. Ao discente é requerido que represente seu projeto por meio do desenho, principalmente o desenho técnico, porém é notada a pouca prática e treinamento das habilidades de visão espacial e representação gráfica. Não questionando aqui os motivos deste problema, é notória a necessidade de inovar as metodologias de aprendizagem para uma abordagem mais prática e dinâmica, intensificando a compreensão do processo de produção da arquitetura de maneira ativa.

Apesar da grande evolução da ferramenta computacional, como aponta Oxman (2009) apud Maciel et al. (2018) as ferramentas digitais, inicialmente, serviam como substitutas das ferramentas de desenho analógicas, porém estas evoluíram significativamente até superarem, e muito, as capacidades de concepção de geometrias e de simulação do desenho tradicional, principalmente com as ferramentas paramétricas, como discorre Kolarevic (2003) apud Amorim & Cherccucci (2018), porém como comentado por Góes (2008) o desenho a mão, principalmente no início da fase de projeto é apontado como essencial por um grande número de arquitetos pesquisados em seu trabalho, o que demonstra a necessidade do uso do incentivo do desenho a mão, com ou sem instrumento, como ferramenta inicial de concepção de projeto.

É necessário desenvolver a habilidade de desenhar ao projetar e projetar ao desenhar, como citado acima a autora deixa clara a inter-relação entre o desenvolvimento do projeto e o processo de projetar. Apesar de próprio deste processo ser extremamente individual, Góes (2008) comenta que em pesquisa com dezenas de profissionais foi notada a relevância do uso do desenho tradicional como elemento catalisador da produção arquitetônica, apesar das inúmeras formas de iniciar um projeto (concepção por volumetria, croquis, planta, corte, etc.), o uso do desenho manual tradicional é presente e apontado como essencial para esta prática.

3. PROJETO ARQUITETÔNICO E SEU PROCESSO

“Projeto significa plano, intento, desenho. Algo que se planeja, premedita, e **organiza para se executar uma ação futura**. A palavra que designa a ação de projetar, na sua etimologia em língua portuguesa, significa lançar para adiante. Nas noções colocadas acima está presente a ideia de um futuro que se planeja. Isso significa que a ação do projeto não se esgota em si mesma, mas pressupõe um acontecimento futuro cuja finalidade, pelo menos no caso da arquitetura, é construir o espaço habitável. Pode-se afirmar então que a ação de construir é **organizada pelo ato de projetar**.” (VIDIGAL, 2010, grifos pelos autores)

Sobre a atividade fim mais reconhecida do arquiteto, o projeto, como comentado no excerto acima, a intenção do ato projetual é a formulação de um espaço construído e este espaço deve ser habitável e atender às demandas daqueles que o utilizam. Tomando como verdadeiro o que foi pressuposto acima, aquele que tem a função de ensinar deve tomar como base de que o produto desenvolvido pelos seus alunos deve ser exequível, legível e atender os requisitos de habitabilidade.



Um dos pontos relevantes e que ainda não foi citado é que a atividade não teve como objetivo desenvolver um processo conceitual teórico e metodologicamente complexo para alunos do terceiro período. Respaldados por Munari (2008), a metodologia, que ficou conhecido como *Design Thinking*, a qual considera que o processo de projetar é individual e depende da experiência e necessidade daquele que projeta, exerceu forte influência na oficina a medida que compreende-se que o ato de projetar envolve um processo criativo como comentado por Brown (2010) e, a prototipagem rápida, instiga e fornece bases sólidas para uma compreensão espacial e desenvolvimento das competências necessárias ao projeto.

3.1 Metodologia de projeto

O contexto de aprendizado e ensino superior não representam com fidelidade a realidade do mercado de trabalho, tanto pela sua natureza educativa quanto pelo modelo de ensino corrente. É incomum que o projeto de arquitetura seja desenvolvido em sua totalidade, já que por questões didáticas não se utilizam situações problema reais e nem a totalidade da legislação

Podemos discutir também a problemática da metodologia dentro da academia e especialmente na situação que este artigo se refere, início do segundo ano do curso, o aluno não possui ainda uma bagagem arquitetônica de projetos desenvolvidos por ele e nem experiência em processos de projeto. Portanto tradicionalmente se transmite ao aluno os procedimentos e o processo de criação de um projeto.

Os procedimentos metodológicos se definem como passos a serem seguidos para elaborar um projeto, como os normatizados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) na NBR 13532/95. Já um método é uma ferramenta prática e teórica que conduz a ação de projetar e de ensinar. Dentro da arquitetura esta metodologia pode ser compreendida, segundo Vidigal (2010), como as estratégias e os procedimentos em etapas que orientam as decisões e fases de um projeto, direcionando a prática a uma solução do problema. É um modo específico de pensar, uma filosofia, no ato de projetar.

Por fim, podemos concluir que existem questões a serem discutidas, procedimentos a serem melhorados e estudados. Principalmente hoje, com o desenvolvimento das ferramentas digitais e máquinas de prototipagem rápida, uma outra dinâmica na forma de ensinar torna-se mais do que necessária. Com destaque para a relação atual professor-aluno, que se deve repensar e testar formas de ensinar. Mais a frente neste artigo será discutida a questão metodológica mais especificamente.

3.2 Fase de Dimensionamento, a norma é suficiente?

Tomando como base os procedimentos e fases necessárias ao desenvolvimento do projeto de arquitetura o ponto focal da oficina foi trabalhar a questão do dimensionamento. Porém, como passar ao aluno a habilidade de dimensionar espaços que considerem as atividades desenvolvidas nele, e não apenas aquilo que é



recomendado ou exigido por norma? Esta atividade está compreendida como fase de programa de necessidades dentro dos procedimentos metodológicos descritos na NBR 13532/95, que sejam produzidas as seguintes informações técnicas:

“4.4.3 Programa de necessidades de arquitetura (PN-ARQ) [...]”

4.4.3.2 Informações técnicas a produzir:

- a) as necessárias à concepção arquitetônica da edificação [...] como nome, número e **dimensões (gabaritos, áreas úteis e construídas) dos ambientes**, [...] características, exigências, número, idade e permanência dos usuários, em cada ambiente;
- b) características funcionais ou das atividades em cada ambiente (ocupação, capacidade, movimentos, **fluxos** e períodos);
- c) características, dimensões e serviços dos **equipamentos e mobiliário**; [...]” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1995, p.5, grifos pelos autores)

Neste caso, a norma não cita expressamente as fontes que devem ser utilizadas e os alunos, em sua fase inicial de aprendizado, não possuem o conhecimento empírico para dimensionar nem trabalhar o funcionamento interno dos ambientes e muito menos o fluxo entre ambientes.

Considerando o que é praticado no meio profissional, uma das fontes costumeiramente apresentadas são as regulações municipais sobre o dimensionamento de ambientes, no caso da Cidade do Recife, onde esta oficina foi ministrada, seguindo a lei de Edificações e Instalações na cidade do Recife (número 16.292/97). A referida norma apresenta as exigências mínimas em relação à área de cada compartimento e vão de uma edificação, exigindo que cada ambiente possa circunscrever uma circunferência de raio específico. Porém, não estabelece nada além disto, visto que não é competência da prefeitura julgar ou projetar o *layout* interno de uma edificação.

Figura 01: Diferentes soluções para uma planta projetada para uma comparação e avaliação de proporção



Klein (1928) apud Lueder (2017)

Uma outra fonte mais célebre para o dimensionamento de projetos é o livro “Arte De Projetar Em Arquitetura” de Neufert (2002), cuja versão original é de 1936. Sobre dimensionamento, o autor comenta que “Tudo o que o homem cria é destinado

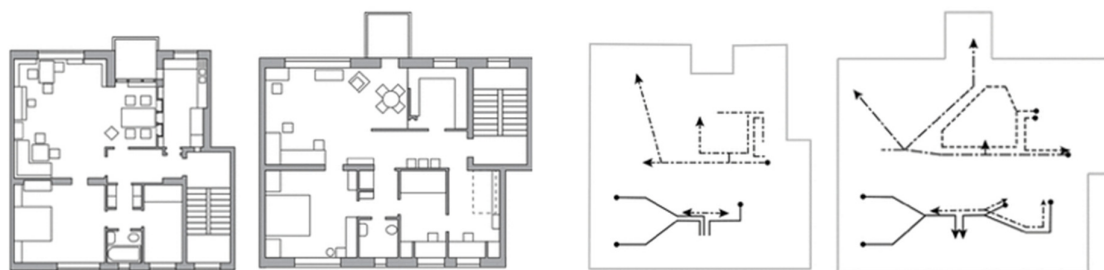


ao seu uso pessoal. As dimensões do que fabrica devem estar intimamente relacionadas ao seu corpo.” O livro apresenta então uma série de medidas antropométricas e dimensões de ambientes com as áreas úteis necessárias mostrando modelos, método similar foi apresentado por Klein (1928) como pode ser visto nas diferentes soluções de planta em proporção, figura 01. O aluno ao receber este conteúdo tem que coordená-los e sintetizá-los para então criar o *layout* do ambiente que irá projetar.

Deste ponto que foi considerado o questionamento: é suficiente passar ao aluno medidas mínimas e ambientes modelo? Esta contribuição passada pelos professores como fonte é suficiente? Não apenas a questão do livro em si, Neufert não é o único manual de dimensionamento, temos Pronk (2003) e uma série de outros autores, nacionais e estrangeiros, que se debruçam sobre dimensionamento e *layout* de ambientes. Para muitos pode não parecer uma problemática relevante a ser estudada, porém a crescente dificuldade e erros recorrentes dos alunos, e sua notável frustração e falta de engajamento, motivaram que isto fosse sim estudado.

A problemática dos fluxos relacionados a disposição dos móveis num ambiente, além da sua própria conexão com os outros em uma edificação foi uma questão apresentada desde o modernismo com destaque, novamente, para o trabalho de Klein (1928), figura 02. A imagem ilustra que projetos similares podem produzir maus e bons fluxos, ou seja fluxos com conflitos e sem conflitos, ou seja sem cruzamentos desnecessários e fluidez no movimento daqueles que utilizam os ambientes, demonstrando a necessidade de criar fluxos claros, condição que é claramente coordenada com a habilidade de dimensionar ambientes.

Figura 02 :Mau exemplo e bom exemplo, respectivamente, de fluxos internos de uma edificação



Fonte: Klein (1928) apud Lueder (2017), adaptada.

Um bom ambiente, segundo Neufert (2002) e Klein (1928) possui dimensões necessárias para cumprir as atividades aos quais se destinam, e isso não necessariamente está ligado às dimensões mínimas requeridas em norma, nem aquelas pretendidas pelos primeiros modernistas. A presente problemática foi transmitida aos alunos, e utilizando a atividade descrita no próximo tópico, foi possível conceber e dimensionar espaços que atendessem às peculiaridades de cada demanda espacial, de acordo com o seu funcionamento. Como pode ser visto na figura 02, mesmo possuindo área e dimensões equivalentes, ambientes similares podem ter seu funcionamento facilitado ou prejudicado, a depender do *layout*.



4. PROCESSOS DE APLICAÇÃO DA TEORIA

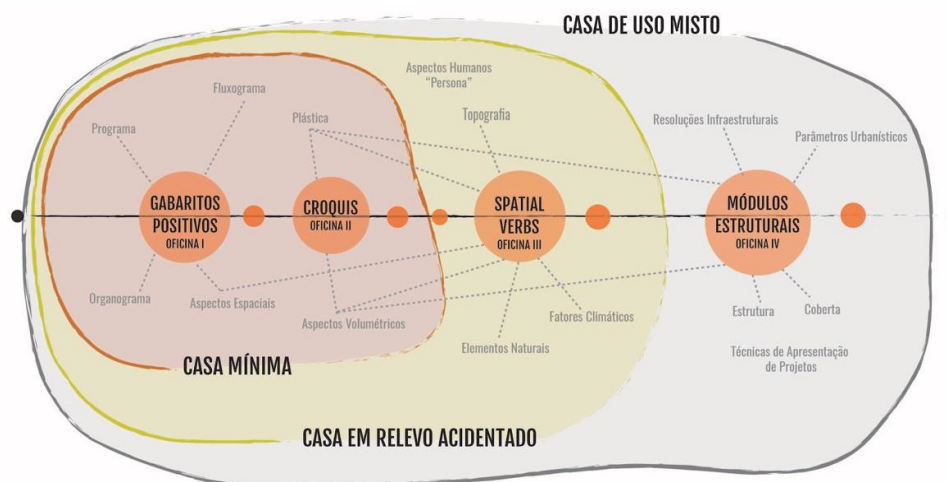
O ato de projetar traz em si um paradoxo complexo que afeta arquitetos e é especialmente mais problemático nesse início do processo projetual, devido à ausência de uma maturidade espacial e a falta de uma análise sistêmica dos ambientes. Para os estudantes deste início de curso, os espaços ainda não são percebidos através de métricas e qualidades espaciais, simplesmente pela falta de treinamento desse olhar do futuro arquiteto. Seguindo Vidigal (2004) “o projeto traz consigo esse paradoxo: é necessário lançar-se adiante, mesmo com a incerteza e a angústia provocadas pela antecipação de uma queda, para realizar a intenção, aquilo que se quer ser”, o arquiteto ao projetar quebra uma inércia e precisa lidar com as incertezas que ocorrem durante a concepção de seu produto, que é então representado graficamente.

Diante disto e das dificuldades em relação às fases de dimensionamento e representação gráfica em escala deste dimensionamento, somando-se a estes pontos os problemas relacionados à proporção e fluxo, já citadas, foi elaborada e aplicada a oficina aqui descrita. Sendo apresentada em relação a ementa, metodologia, aplicação e resultados.

4.1. Ementa e conteúdo programático

A disciplina Atelier de Projeto III tem como missão desenvolver as competências necessárias dos alunos a fim de elaborar projetos de habitação unifamiliar, como descrito na ementa do curso e apresentados na figura 03, logo abaixo. Durante o processo de aprendizado os alunos devem desenvolver uma série de competências relacionadas ao ato de projetar, como pode ser visto em cinza na figura supracitada.

Figura 03: Infográfico metodológico da disciplina de Atelier de Projeto III



Fonte: Autores (2019)

O desafio foi introduzir o aluno aos conhecimentos teóricos e práticos necessários ao projeto arquitetônico de edificações de pequena complexidade



funcional, técnica e construtiva, capacitando-os a desenvolver projetos arquitetônicos cuja solução articule aspectos plásticos e espaciais com condicionantes climáticos, legislativos, estruturais, parâmetros urbanísticos, elementos naturais, contexto das edificações existentes, entre outros tantos condicionantes que tornam o ato de fazer arquitetura uma prática tão complexa.

A oficina aqui descrita teve o objetivo de fornecer aos alunos as ferramentas necessárias para quebrar a inércia de iniciar o ato de projetar, como citado o trabalho de Vidigal (2010), quebrando também a dependência e a necessidade do uso de ferramentas digitais.

A oficina trabalha com o uso de materiais de desenho a mão com instrumento e foi denominada "Arquitetura de Dentro para Fora", na qual os alunos devem isolar o objeto arquitetônico dos demais condicionantes projetuais, observando os dimensionamentos, usos, fluxos, ergonomia e peculiaridades de uma residência unifamiliar, o objetivo é a compreensão dos funcionamentos e articulação dos distintos espaços que compõem uma residência unifamiliar contemporânea de acordo com as peculiaridades existentes em nossa cultura e presentes em nosso espírito de época.

"... o ato de morar é uma manifestação de caráter cultural e enquanto as técnicas construtivas e os materiais variam com o progresso, o habitar um espaço, além de manter vínculos com a modernidade também está relacionado com os usos e costumes tradicionais da sociedade."
(LEMOS, 1989)

O exercício que sucede esta oficina faz parte do o primeiro tema, da Casa Mínima, onde os alunos desenvolveram uma habitação unifamiliar não necessariamente com as dimensões mínimas, mas com as necessidades mínimas resolvidas para o funcionamento de uma casa. A apresentação final de cada solução proposta foi feita através de maquetes físicas em escala, croquis e desenhos técnicos. As disciplinas de perspectiva e desenho arquitetônico auxiliaram com as ferramentas de representação gráfica necessárias.

4.2 Metodologia didática

"... a prototipagem permite a exploração de muitas ideias paralelamente. Os protótipos inicialmente devem ser rápidos, rudimentares e baratos. Quanto maior for o investimento em uma ideia, mais as pessoas se apegam a ela. Frank Lloyd Wright afirmou que sua experiência na infância com blocos de montar - desenvolvidos por Friedrich Froebel nos anos 1830 para ajudar crianças a aprender os princípios da geometria - instigou sua paixão criativa: "Os blocos de madeira... estão nos meus dedos até hoje". Ele escreveu em sua autobiografia."

(BROWN, 1954)

A metodologia aplicada a esta oficina envolveu conteúdos teóricos e expositivos, além de atividades práticas, com assessoramento, a partir da exploração dirigida de conceitos específicos da teoria da arquitetura, além da análise crítica de estudos de casos. Aplicou-se uma metodologia ativa de aprendizagem, baseada em princípios do



design thinking, desenvolvido por Tim Brown, na qual a resolução da problemática da casa é subsidiada pelos inputs teóricos e coordenada pelos facilitadores de aprendizagem, tendo o aluno como protagonista na elaboração do projeto e a prototipagem como principal meio ferramental de desenvolvimento.

A metodologia de ensino ativa advém de uma evolução constante nas metodologias de ensino, notadamente do conflito proveniente das metodologias tradicionais advindas do ensino médio, onde o aluno é erroneamente treinado a memorizar e replicar, fato que é desencorajado dentro das disciplinas de projeto arquitetônico. O ato de desenhar também se torna complexo, pois nas disciplinas de artes e desenho geométrico, quando existente no currículo escolar, muitas vezes possuem uma metodologia tradicional de ensino que não incentiva a criatividade, resolução de problemas e inventividade, o aluno repete e copia formas e modelos:

“De uma parte, com efeito, o ensino do desenho visa desenvolver nos adolescentes o hábito da observação, o espírito de análise, o gosto pela precisão, fornecendo-lhes meios de traduzirem as ideias e de os predispor para as tarefas da vida prática, concorrerá também, para dar a todos melhor compreensão do mundo das formas que nos cerca, do que resultará necessariamente, uma identificação maior com ele.” (FRECALOSS, 2013)

Neste espaço a figura do professor, ou condutor, deve ser uma postura de diálogo e reflexão em uma relação de apoio e cooperação com o discente. Em uma metodologia ativa explora-se o conhecimento tácito, implícito aquilo que não é dito que é desenvolvido através do diálogo com o seu orientador. Nesta metodologia o aluno “deve ser capaz de tomar parte em um diálogo, para que possa aprender a prática substantiva” (SCHÖN, 2000). A escolha desta metodologia está relacionada ao foco do desenvolvimento analítico, propositivo formal e de apropriação do problema pelo aluno para sua resolução, essencial para a formação básica do arquiteto e urbanista e na incorporação das habilidades básicas de projeto e representação. Vale ressaltar que a metodologia aplicada também se encontra em constante desenvolvimento, ajustando-se aos distintos perfis de discentes e adequando-se entre outras circunstâncias, a aspectos geracionais de nossos alunos.

“Os <metodólogos> tentaram - e tentam - explicar e modelar o processo projetual e, por outro lado, fazer uma descrição de técnicas específicas, assemelhando-se a uma receita culinária para o projetista. Para essa finalidade, utilizaram-se das contribuições de algumas disciplinas científicas: a Teoria dos Conjuntos, a Teoria de Sistemas, a Teoria da Informação e a Teoria da Tomada de Decisões, entre outras. Inicialmente predominavam as disciplinas matemáticas e aquelas que, no jargão acadêmico, são chamadas de <duras>, mas nos últimos anos observa-se um movimento para as ciências chamadas <brandas>, tais como a Psicologia Ambiental e a Teoria Psicanalítica dos Símbolos.” (BONSIEPE, 2012)

Em relação à oficina, e primeira da disciplina, foi organizada metodologicamente e é composta de três etapas, estas organizadas em sete diferentes atividades, como pode ser visto na tabela 01 a seguir.



Tabela 01: Atividades da oficina "Arquitetura de Dentro para Fora"

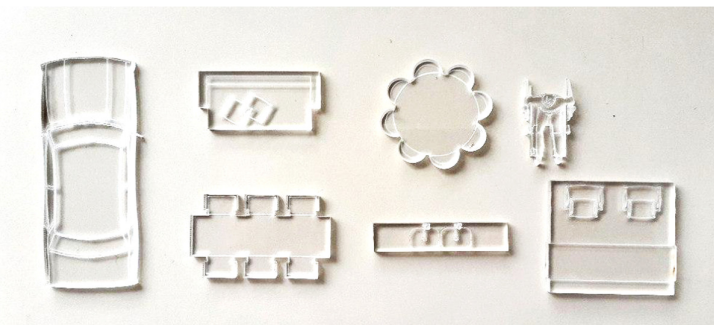
DIA/ETAPA	ATIVIDADE
01 – Apresentação	1.1 Divisão dos grupos, com no máximo de cinco alunos por grupo; 1.2 A definição de uma persona (cliente); 1.3 Compreensão da malha estruturadora e insumos.
02 – Projeto	2.1 Projeto de cada espaço isolado; 2.2 Conexões entre os espaços; 2.3 Esboço final da residência.
03 – Resultados	Apresentação dos resultados.

Fonte: Autores (2019)

A primeira fase é a apresentação da oficina, que é composta da organização dos grupos, definição da persona (cliente para qual a unidade habitacional será projetada) e compreensão dos insumos. A segunda fase, de projeto, é composta pelo projeto dos ambientes (de forma isolada), trabalho na conexão destes ambientes e por fim no esboço final da residência. A terceira, e última fase, é a apresentação coletiva dos resultados e debate entre os discentes e docentes.

Em relação aos insumos específicos da oficina têm-se os gabaritos positivos, figura 04, que são blocos em acrílico translúcido, cortados a laser em uma máquina de prototipagem rápida na escala 1:50, uma malha retificadora e instrumentos de desenho (papel manteiga, lapiseiras, escalas e etc.). Os referidos gabaritos foram confeccionados na escala de 1:50, a escala mais utilizada para projetos de pequeno e médio porte. As peças foram feitas em acrílico transparente de três milímetros e obtidas através uma incisora a laser.

Figura 04: Exemplos de gabaritos positivos utilizados na oficina



Fonte: Autores (2019)

5. APRESENTAÇÃO DAS ATIVIDADES

A disciplina de Atelier de Projeto III acontece semestralmente, a oficina aqui apresentada foi primeiramente aplicada no segundo semestre do ano de 2018 e nos semestres subsequentes até o segundo de 2019. As atividades foram organizadas em dois dias, ocorreram na mesma semana devido a grade de horários da disciplina.

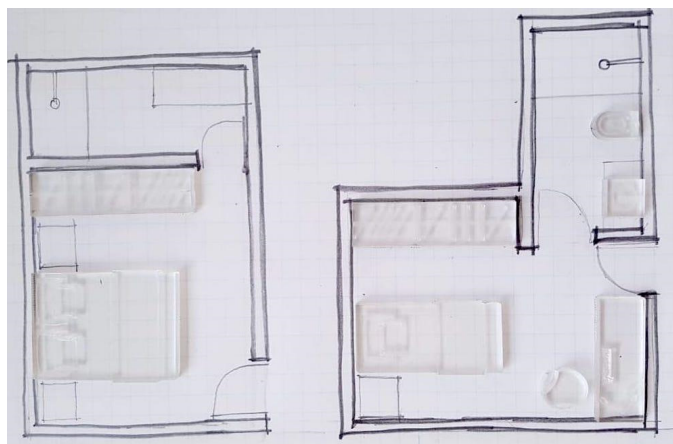


Um terceiro dia foi utilizado para crítica e apresentação dos trabalhos, acompanhado por aula teórica com o tema da arquitetura habitacional. A turma possuía, aproximadamente, quarenta discentes, que foram organizados em grupos de até cinco alunos, e as aulas ocorreram na sala de ateliê, que possui pranchetas para desenho. Cada grupo de alunos foi alocado em um conjunto de pranchetas e as atividades foram organizadas, segundo a tabela 1. O resultado final da oficina foi apresentado coletivamente e posteriormente graduado pelos professores no sistema tradicional de dez pontos, sendo cinco pontos o mínimo para ser considerado apto.

Com um tempo definido para cada etapa da oficina, a primeira parte se iniciou. As equipes foram distribuídas entre os facilitadores de aprendizagem (atividade 1.1) e o cliente é definido, sendo necessário ser uma persona de baixa complexidade (atividade 1.2). Também foi apresentada a malha estruturadora (atividade 1.3) com o uso do papel quadriculado ou milimetrado. A compreensão da malha se faz necessária já que os alunos começam a ter noção de escala, modulação e proporção envolvendo o projeto arquitetônico nessa etapa do curso, desta maneira eles conseguem otimizar o tempo e gerar autonomia na estruturação dos espaços sem recorrer ao escalímetro.

É neste momento que, através dos gabaritos positivos, já apresentados, os alunos conseguiram visualizar a dimensão das peças de mobiliário e sua proporção, além de trabalharem com as dimensões mínimas necessárias para usos adequados dos espaços. A opção no uso dos gabaritos positivos em detrimento dos negativos, comumente utilizados no desenho, é que estes possibilitam que o discente possa explorar diversas possibilidades de organização espacial de maneira rápida e sem a necessidade de apagar e redesenhar a peça de mobiliário, exemplificado nas duas soluções de planta de uma suíte na figura 05. Com os gabaritos positivos os alunos puderam fotografar o resultado ou traçar, com o uso de lápis mecânico, o contorno da peça, criando assim os *layouts* de cada ambiente.

Figura 05: Diferentes soluções de uma suíte



Fonte: Autores (2019)

É relevante destacar que a escolha dos gabaritos vem da questão de que podem ser facilmente manuseados, portanto os alunos conseguem testar opções diferentes para cada ambiente e propor soluções de acordo com as demandas do cliente, fazendo

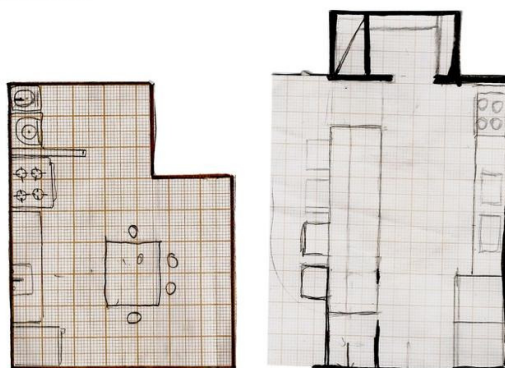


uso crítico do programa, já que o trabalho é em grupo e cada discente pode propor, testar, criticar e modificar o ambiente facilmente. Explorando o conceito de prototipagem e a metodologia de aprendizagem ativa, já mencionada.

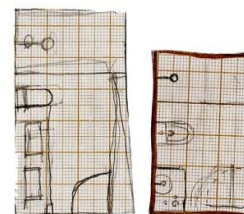
Seguindo o curso da oficina, na atividade 2.1, os discentes puderam projetar cada espaço separadamente, os alunos foram desafiados a projetar os cômodos de uma residência (sala de estar, sala de jantar, quartos, cozinha, banheiro e área de serviço). O diferentes testes e resultados podem ser vistos na tabela 2 a seguir soluções para diferentes ambientes.

Tabela 02: Compilação de resultados da etapa de projeto dos ambientes.

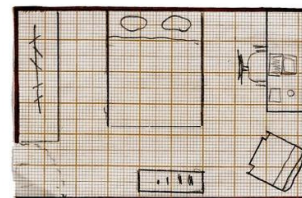
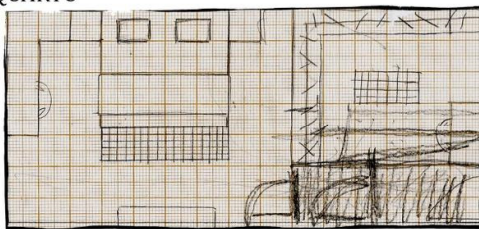
A - COZINHA



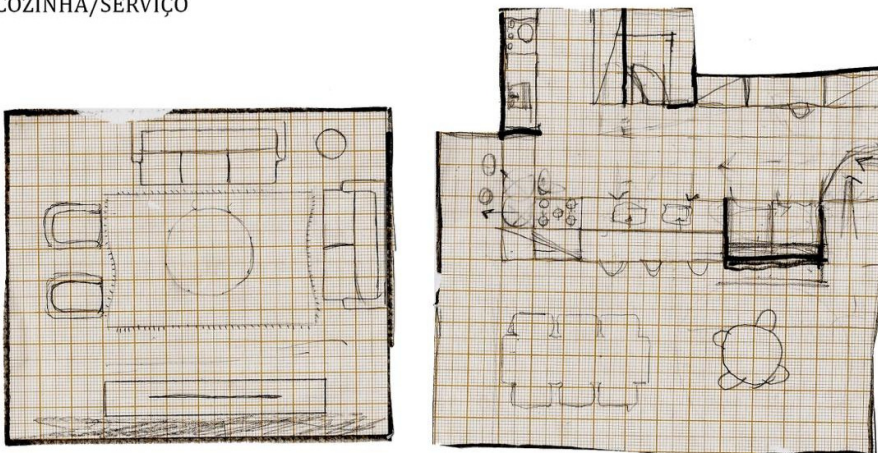
B - BANHEIRO



C - QUARTO



D - COZINHA/SERVIÇO



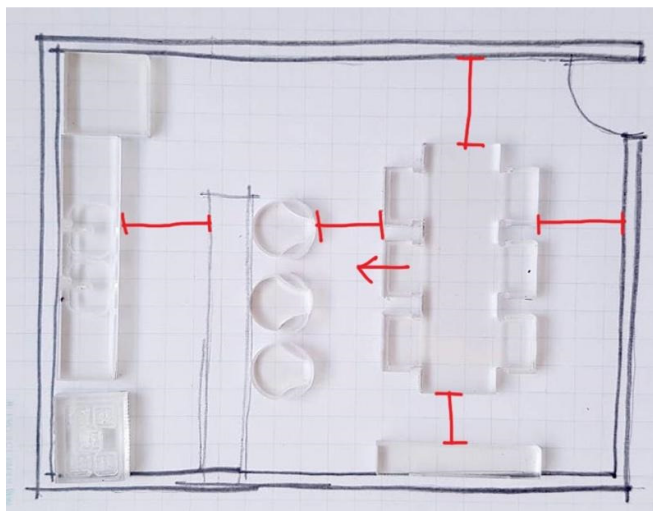
Fonte: Autores (2019)



Os grupos, então, montaram os ambientes requeridos pelo programa residencial, testando, como pode ser visto no exemplo da figura 05 e na tabela 02, até chegar a um resultado que eles e os tutores da disciplina julgassem como funcional e realista. Neste momento os facilitadores de aprendizagem instruíram os alunos quanto às complexidades que cada ambiente requer, por exemplo: em uma cozinha, onde a principal atividade é o ato de cozinhar, lavar pratos e estocar alimentos, os discentes devem compreender quais as conexões dessas atividades e o que é necessário espacialmente para que elas ocorram, muitas vezes, simultaneamente.

Na atividade seguinte (2.2) de conexões entre os espaços, os alunos foram instruídos a fazer a interligações entre os ambientes utilizando-se de um fluxograma prévio, neste momento foram desenvolvidas as conexões a partir das demandas e necessidades de cada ambiente, como na figura 06 abaixo. Um exemplo é a conexão direta necessária entre cozinha e sala de jantar, na qual os alunos devem facilitar esse acesso o mais direto possível, já que os alimentos saem da cozinha e vão direto para a sala de jantar, deixando claro os acessos e as passagens obrigatórias a serem criadas de maneira a não prejudicar os fluxos e usos dos ambientes, destacado na abaixo.

Figura 06: Marcações de espaços de circulação numa sala de estar e cozinha



Fonte: Autores (2019)

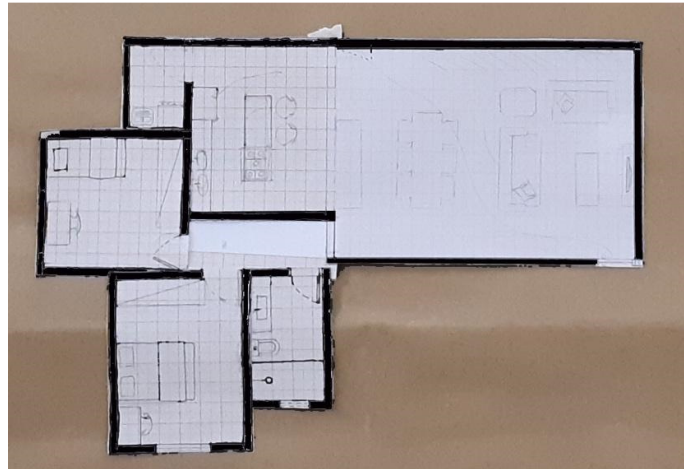
Seguindo o planejamento foi executada a atividade 2.3, onde foi montado um esboço funcional da residência. Após debate e análise coletiva os alunos selecionaram os ambientes que possuíam um dimensionamento e fluxo adequados e compuseram uma planta baixa, exemplificada na figura 7 a seguir, com ambientes montados por diferentes grupos, finalizando assim a segunda etapa da oficina. Os resultados foram montados em painéis nas paredes da sala para debate, que é a etapa final da oficina aqui descrita.

Os resultados foram então compilados e apresentados perante a turma para crítica coletiva, etapa 3, onde ocorreram momentos de crítica e análise do que foi aprendido, um momento de debate entre discentes e docentes, visando encontrar problemas e soluções arquitetônicas do espaço residencial e finalizando a última etapa



da oficina. Após esta atividade, que é apresentado o primeiro projeto de fato da disciplina. É importante destacar que este produto não foi avaliado do ponto de vista projetual, como produto arquitetônico e sim como formador de competências relacionadas ao tema central da oficina, é uma ferramenta didática e não um produto isolado e finalizado. Portanto, o peso não está no projeto e sim na solução espacial interna e no fluxo de cada ambiente e de sua composição.

Figura 07: Planta baixa composta como produto final da oficina



Fonte: Autores (2019)

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

A análise dos resultados acerca da implementação dessa metodologia permeou métodos tanto comparativos quanto estatísticos, com a finalidade de verificar similitudes e divergências entre as metodologias aplicadas e os resultados obtidos. Foram analisadas as notas dos primeiros temas, a casa mínima, relativos à disciplina Atelier de Projeto III, as quais possuem os mesmos critérios e formas de avaliação similar entre o primeiro semestre de 2018, quando se utilizava a metodologia tradicional, e o segundo semestre de 2018 e o primeiro de 2019, quando passamos a aplicar a oficina.

Na primeira turma, com 28 discentes, quando não havia a implementação da oficina de dimensionamento de projetos com gabaritos positivos, eram dadas aulas teóricas referentes ao programa mínimo de uma residência e pré-dimensionamentos metrificados em áreas. Na segunda e terceira turmas, com 36 e 40 discentes respectivamente, turmas que tiveram a oficina aplicada, existiu a incorporação desta metodologia por parte dos quatro professores que ministraram a disciplina, além das aulas teóricas fornecidas anteriormente, que foram readequadas.

Como pode ser vista na tabela 3, a seguir, é notória e significativa a redução de notas abaixo da média, visto que em 2018.1 quase 20% dos alunos apresentaram notas abaixo da média e em 2019.1, mesmo com um aumento no número de discentes em sala de aula, apenas 10% obtiveram nota inferior à 5.0.



Tabela 03: Comparativa entre resultados de 2018.1 e 2018.2 e 2019.1

Exercício 1: Casa Mínima			
Notas	2018.1	2018.2	2019.1
Abaixo da média (menor que 5.0)	19%	11%	10%
Acima da média (entre 5.0 e 7.0)	28%	39%	42%
Acima da média (acima de 7.0)	53%	50%	48%
Total	100%	100%	100%

Fonte: Autores (2019)

Com a oficina, os alunos puderam ter a experiência de uma prática projetual anterior ao primeiro trabalho da disciplina em si, o que os fez entender na prática e através da prototipagem dos gabaritos positivos os fluxos e as conexões entre ambientes, além do funcionamento peculiar de cada espaço que compõe uma residência. A oficina foi uma ferramenta para a construção de fato de competência, que foram então aplicadas no primeiro projeto, resultando assim em resultados melhores que os anteriores.

A transmissão passiva do conhecimento foi substituída pelo desenvolvimento das competências necessárias para início do ato de projetar do discente. Empiricamente sentido por parte dos professores, a análise comparativa dos alunos atingiu um nível crescente e equilibrado entre o segundo semestre de 2018 e o primeiro em 2019, já que equívocos relacionados às problemáticas básicas do programa e pré-dimensionado foram menos frequentes e assim, possibilitaram a incorporação de outros condicionantes projetuais, elevando o nível de complexidade e exigência para o primeiro projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13532 Elaboração de projetos de edificações**: Arquitetura. Rio de Janeiro, p.8. 1995.

BONSIEPE, Gui. **Design como prática de projeto**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda. p. 91. 2012.

BROWN, Tim. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**; tradução Cristina Yamagami. - Rio de Janeiro: Elsevier, p. 83. 2010.

COUTINHO, Evaldo. **O espaço da arquitetura**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1970. 251p.

FRACALOSS, Igor. **O Ensino do Desenho / Lucio Costa**. ArchDaily Brasil, 07 Nov 2013. Em: Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/151527/o-ensino-do-desenho-slash-lucio-costa>>. Acesso em: 19 Jun. 2018.



- GOES, Mariza Barcellos. **O desenho no processo projetual: suas diferentes funções e representações.** da Vinci, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 51-59, 2008
- KLEIN, Alexander. **Grundrissbildung und Raumgestaltung von Kleinwohnungen und neue Auswertungsmethoden.** *Zentralblatt der Bauverwaltung*, Berlin. 1928.
- LEMONS, Carlos Alberto Cerqueira. **A casa brasileira.** São Paulo: Contexto, 1989.
- LUEDER, Christoph. **Evaluator, Choreographer, Ideologue, Catalyst:** The Disparate Reception Histories of Alexander Klein's Graphical Method. In *Journal of the Society of Architectural Historians*, v. 76 n. 1, p. 82-106, 2017.
- MARTINS, Cláudia Alonso. **O Desenho como forma de comunicação da arquitetura.** 141 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. 2013. 141 p.
- MACIEL, Sergio Dias, AMORIM, Arivaldo Leão de, & CHECCUCCI, Érica de Souza. **Ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital: uma experiência na faculdade de arquitetura da universidade federal da Bahia.** *Gestão & Tecnologia De Projetos*, v. 13, n. 1, p. 21-38, 2018.
- MITCHELL, William J. **A lógica da arquitetura.** 2. ed. Campinas: Unicamp, 2008. 303 p. Tradução de: Gabriela Celani.
- MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas.** 2ª Edição. São Paulo: Martins Fontes, 2008. 384p.
- NEUFERT, Ernst. **Arte de projetar em arquitetura: Princípios, normas e prescrições sobre construção, instalações, distribuição e programa de necessidades, dimensões de edifícios, locais e utensílio.** 16. ed. Barcelona: G. Gili, p. 432.2002.
- PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. Lei 16.292/97 – **Código de Edificações de Recife.** PCR, Recife, 1997.
- PRONK, Emile. **Dimensionamento em Arquitetura.** João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2003.
- SCHÖN, Donald. **Educando o Profissional Reflexivo:** um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: ArtesMédicasSul, 2000. 256 p.
- SOUZA, Samir Cristino de; DOURADO, Luis. **Aprendizagem baseada em problemas (ABP):** um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. *Holos (Natal. Online)*, v. 5, p. 182-200, 2015.
- TEIXEIRA, Kátia Azevedo. **Ensino de projeto: integração de conteúdos.** Tese (Doutorado) – FAU / USP, São Paulo, 2005
- VIEIRA, Álvaro Siza. **Imaginar a Evidência.** São Paulo, Edições 70, 2008. 156 p.
- VIDIGAL, Emerson José. **Ensino de projeto arquitetônico: um estudo sobre as práticas didáticas no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Paraná.** 330 p. Tese (Doutorado)–Universidade de São Paulo USP. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2010.



VIDIGAL, Emerson José. **Um estudo sobre o ensino de projeto de arquitetura em Curitiba**. Dissertação (Mestrado) – FAU / USP, São Paulo, 2004.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos à Universidade Católica de Pernambuco pelo apoio institucional e ao *FabLab* Recife pelo auxílio nos processos de fabricação digital necessária para a prática didática descrita neste artigo.



Jogos geométricos no processo projetual: as residências de Mendes da Rocha

Design process with geometric games: Mendes da Rocha's residences

Tássia Borges de Vasconcelos

Mestre
Doutoranda, Instituto de
Arquitetura e Urbanismo-
IAU-USP, São Carlos, Brasil
tassiav.arq@gmail.com

Adriane Borda da Silva

Doutora
Docente da Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo –
UFPEL, Pelotas, Brasil
adribord@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho registra a identificação de um repertório de padrões geométricos recorrente nas formas de residências projetadas por Paulo Mendes da Rocha. O estudo tem o propósito didático de promover junto aos estudantes ingressantes na prática projetual uma postura de investigação sobre o emprego de determinadas estruturas formais que muitas vezes configuram a maneira de um arquiteto, de um estilo ou de uma tendência arquitetônica organizar o espaço bi ou tridimensional. A partir do investimento desta postura tem-se caracterizado um processo participativo de produção de conhecimento e de configuração de objetos de aprendizagem, entre estudantes e professores, no âmbito de disciplinas de geometria, representação e projeto.

Palavras-chave: Análise geométrica; Projeto de Arquitetura; Paulo Mendes da Rocha; Objetos de Aprendizagem.

ABSTRACT

This paper registers the identification of a recurrent geometric pattern in the forms of residences designed by Paulo Mendes da Rocha. From these records, this study has the didactic purpose of promoting a posture of investigation for students entering into the design practice about the use of certain formal structures that often, configure the way of an architect, of a style or of an architectural tendency to organize the bi or three-dimensional space. From the investment of this posture, has been characterized a participatory process of knowledge production and configuration of learning objects, between students and teachers, within the scope of geometry, representation and design disciplines.

Keywords: Geometric analysis; Architectural design; Paulo Mendes da Rocha; Learning Objects.



1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido em um contexto de pós-graduação com o foco no Ensino de Arquitetura e Urbanismo. Foi estruturado em um período de estágio docente, buscando abarcar os conteúdos de geometria e representação gráfica situados em disciplina de primeiro semestre da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAURB) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Naquele momento, em 2012, presenciava-se um processo de reestruturação curricular da graduação, o qual buscava incrementar a formação na área de representação gráfica, especialmente para investir em atividades didáticas associadas diretamente à prática projetual. O incremento na área de representação foi caracterizado por três conjuntos de disciplinas com os seguintes enfoques: um conjunto de quatro disciplinas, que reunia conteúdos de geometria plana, espacial e sistemas projetivos, cilíndrico e cônico; um conjunto de quatro disciplinas que tratava do desenho técnico e arquitetônico, incluindo os conteúdos de informática gráfica aplicada à arquitetura; um conjunto de três disciplinas que abordava técnicas de expressão gráfica.

O maior diferencial desta reforma foi o de concentrar o oferecimento das disciplinas de geometria e representação entre o primeiro e segundo semestres, quando anteriormente se distribuíam até o quinto semestre do curso. Apostava-se na estratégia de intensificar a carga de representação desde um primeiro momento buscando qualificar as práticas projetuais, frente à frequente reclamação de professores de projeto os quais constatavam que os estudantes “não sabiam desenhar”. Outra diferença, não decorrente da reforma, mas do próprio avanço tecnológico junto às atividades acadêmicas e profissionais, referiu-se à intensificação da utilização de técnicas digitais de representação no conjunto destas disciplinas. E, a diferença mais significativa havia sido a criação da disciplina que abordava conteúdos de geometria plana.

Esta estrutura curricular foi mantida até o segundo semestre de 2016, por tanto perdurando por dez semestres. A partir de 2017 a área de representação sofreu uma outra reforma, decorrente de uma conjunção de fatores tais como: necessidade de redução da carga horária total obrigatória do curso, afastamento de três professores da área de representação gráfica e digital, em um total de cinco, para qualificação em nível de doutorado, e, especialmente, a conveniência de aproveitar o momento para uma aposta na integração efetiva com a área de projeto de arquitetura. Até 2017 a dinâmica padrão de distribuição de responsabilidades por disciplinas de projeto não incluía professores da área de representação gráfica e digital, sendo também padrão não acontecer o contrário. Para desconstruir esta lógica, a estrutura curricular atual integrou os conteúdos daquela nova disciplina de geometria plana com a disciplina de Projeto de primeiro semestre, propondo o trabalho integrado dos próprios docentes no âmbito de tal disciplina.

Cada uma das reformulações curriculares referidas sugere um tema a ser aprofundado. Entretanto, o escopo deste trabalho está relacionado a uma parte destes conteúdos que configuravam uma nova disciplina e que hoje



foram integrados em disciplina de Projeto. Anteriormente à reforma curricular de 2012, os conteúdos de geometria plana eram tidos como conhecimentos prévios dos estudantes, os quais demonstravam dificuldades em reconhecer, por exemplo, propriedades básicas de figuras geométricas. A falta de um espaço de resgate ou construção de um repertório geométrico elementar refletia em baixos desempenhos, nas próprias disciplinas de representação, assim como repercutia diretamente na resolução formal junto à prática projetual. Esta percepção frequentemente era externada por docentes da área de representação e de projeto.

Deve-se considerar as particularidades da história da FAURB, a qual teve seu início em 1972, como Curso de Arquitetura e Urbanismo, constituindo um currículo com disciplinas comuns às Artes (Instituto de Artes) e comuns à formação em Ciências Exatas (Instituto de Física e Matemática). Pelo lado das artes, as disciplinas tratavam dos fundamentos de desenho a partir da linguagem gráfica. Pelo lado das Exatas, focavam especificamente nas questões de cálculo de estruturas, pouco se valendo das associações com a geometria. Desta maneira, em nenhum momento eram destacadas as conexões entre a linguagem gráfica e a algébrica para a representação da forma. Ao final dos anos 70, o currículo contemplava maior carga horária em disciplinas profissionalizantes, reduzindo as do ciclo básico. Em um primeiro momento as práticas didáticas de projeto ainda se valiam de docentes que tinham formação apropriada para compensar a supressão de boa parte de conteúdos de geometria gráfica, como por exemplo de geometria plana. No decorrer do tempo, as consequências da ausência formal de tais conteúdos foram determinando diferenças significativas nas práticas dos estudantes, que poderiam ser brindados ou não com experiências didáticas mais ou menos elucidativas quanto ao papel da geometria junto ao processo projetual.

As autoras deste trabalho, de gerações diferentes e com formação neste mesmo contexto, testemunham estes reflexos. Em relação à experiência, como estudante, no período de 1979/83, entende-se que a ênfase para a organização formal no Projeto era especificamente no conceito de modulação, sendo destacadas as lógicas dimensionais dos materiais construtivos e as conveniências de otimização para a configuração dos sistemas estruturais e de instalações complementares. As análises de referenciais de Projeto eram focadas na resolução de plantas baixas, abordando questões essencialmente funcionais. Os aspectos conceituais e formais pouco tinham espaço para a discussão e, especialmente, o senso estético era tratado como habilidade nata do estudante.

Em relação à experiência discente, relativa ao período de 2006/2011, comparada a do período 1979/83, considera-se que já havia um incremento significativo quanto à abordagem para a organização formal, por meio de uma disciplina específica de Estética e outra de Projeto, embora esta última situada no final do curso. A disciplina de Estética passou a fazer parte do currículo a partir de 2000, junto ao 7º semestre do curso, formalizando os estudos sobre processos compositivos. Deste modo, a análise de obras de referência passou



a contar também com alguns parâmetros objetivos, como por exemplo, de verificação do uso do conceito de proporção, auxiliando a explicitar o emprego de lógicas geométricas junto à ação projetual. Mais especificamente, tais disciplinas incluíram a análise formal-compositiva, por meio de técnicas de análise tipológica, conforme depoimento do professor responsável pelas disciplinas (DIONELLO; JANTZEN; OLIVEIRA, 2008).

Desta maneira, o estudo de tais estratégias de estruturação da forma arquitetônica era apresentado a partir do sétimo semestre, quando se supõe que os estudantes já deveriam ter estabelecido alguma maneira de realizar os exercícios de projeto, ou pode-se dizer esboçado algum método projetual próprio. Sendo assim, até 2012 a área de representação não incluía elementos que dessem suporte a este tipo de enfoque. Tal abordagem, não se fazendo explícita, pouco incentivava os estudantes a considerarem tais aspectos na estruturação de métodos projetuais.

Por outro lado, no âmbito das disciplinas de representação, a inserção dos meios digitais, a partir dos anos 90, e a consequente automatização de processos projetivos, disponibilizou uma infraestrutura para integrar a linguagem gráfica e algébrica. Em função de tal automatização, houve a suposição de que o tempo investido em traçados laboriosos poderia ser direcionado para facilitar e promover o conhecimento sobre a forma. Porém, tal possibilidade, acabou por configurar um espaço sem um apoio teórico, tendo em vista que muitos dos que se apropriaram das tecnologias informáticas de representação foram aqueles já formados em uma época que pouco se investia na teoria do Desenho.

Talvez, como um dos reflexos, tem-se observado com frequência, junto à participação em bancas de trabalhos finais de graduação neste contexto, a incidência de projetos carentes de um discurso estético. Projetos que muitas vezes resultam apenas de uma casualidade funcional, com pouca intencionalidade formal.

Este conjunto de percepções e de reflexões motivou, no âmbito da área de representação gráfica, adotar a estratégia de resgatar o ensino de geometria plana junto ao currículo de arquitetura em questão. E, com isto, abordar conteúdos que permitissem fundamentar o estudo da Estética. Referências como Ching (1998) e Clarck & Pause (1997) exemplificam como, ao longo da história, a arquitetura se utilizou de padrões geométricos para a configuração da forma. Doczi (1990) e Elam (2001) demonstram como a compreensão das propriedades geométricas das figuras potencializa a resolução de problemas formais. Todo este referencial promove a postura investigativa sobre as diferentes maneiras de utilização de conceitos geométricos nas práticas projetuais, que muitas vezes independe da época, do lugar, do estilo ou tendência arquitetônica.

Nesta direção, para dar suporte a este tipo de abordagem, detectou-se a conveniência de produzir materiais didáticos para motivar tal postura de investigação nos estudantes, tratando de conceitos geométricos que auxiliam no estabelecimento de métodos de estruturação da forma arquitetônica.



Estudos como os de Koning e Eisemberg (1981) e Mitchell (2008) demonstram o avanço no desenvolvimento de instrumentos lógicos para compreender a concepção de arquitetura. Um panorama como o apresentado por Celani, Vaz e Pupo (2013), permite observar como os meios computacionais tem permitido prosseguir na investigação e na implementação de métodos de configuração formais, perpassando por diferentes sistemas generativos de projeto. Partindo de abordagens específicas, por meio da análise da produção de arquitetura, tais sistemas apresentam diversas estratégias para o lançamento de hipóteses de regras de geração capazes de caracterizar a linguagem de obras de um determinado arquiteto ou de um conjunto de obras arquitetônicas.

Considera-se que estudos deste tipo podem atribuir mais transparência à atividade projetual, identificando a lógica de processos compositivos e organizacionais os quais determinam a forma arquitetônica configurada.

Em se tratando de contextos educativos de arquitetura, existe a preocupação de como introduzir tais abordagens em estágios iniciais de formação. A ação projetual é complexa e para introduzi-la faz-se necessário partir de conhecimentos âncora, previamente sedimentados para conseguir estabelecer um processo autônomo e criativo. A análise de precedentes de arquitetura se torna efetiva quando ultrapassa o estágio figurativo e estabelece uma dinâmica associada ao estágio operatório, nos termos da epistemologia construtivista de Jean Piaget: “Conhecer é modificar, transformar o objeto, e compreender o resultado dessa transformação” (Piaget, 1970, p. 01). Em um primeiro momento de formação os estudantes podem se apoiar na geometria para compreender alguns dos aspectos que compõem a complexidade do ato de projetar. Um processo que deve ser compreendido paulatinamente a partir de um conjunto de conhecimentos que conduzam para a almejada síntese que deve acontecer no âmbito do exercício de projeto. Desde o início deve haver a promoção da compreensão da intenção da arquitetura, referida por Mitchell (2008):

“Aplicar uma linguagem que resolva problemas exclusivamente funcionais significa simplesmente construir. Contudo, quando existe, além disso, uma intenção retórica e uma preocupação com qualidades formais, então o ato de construir torna-se arquitetura” (MITCHELL, 2008, p. 13).

A análise de referenciais é uma estratégia didática tradicionalmente utilizada no ensino de arquitetura e urbanismo, em todos os estágios de formação, antecedendo a prática projetual nas disciplinas de Projeto. Desta maneira a atividade de análise de projeto tem como objetivo produzir conhecimento. Segundo Caldana (2012), há a necessidade de dissecar o processo projetual, para assim compreender como e porque certas decisões foram tomadas, auxiliando na explicitação de regras compositivas subjacentes aos processos projetuais:

“[...] é preciso que os pragmáticos aceitem que este mesmo ato projetual é um processo e como tal pode ser dissecado, estudado e



sistematizado, desvendado enfim, sem que isto signifique a perda da personalidade da concepção ou de seu controle pela corporação, pois a criação de uma base de conhecimento crítica e sólida sobre este processo certamente possibilitará a obtenção de melhores projetos.” (CALDANA, 2012, p. 157)

Autores como Clarck e Pause (1997), Ching (1998), Krier (1988), Unwin (2003) e Baker (1985), estudaram edifícios emblemáticos produzidos ao longo da história da arquitetura para destacar estratégias projetuais que podem ser identificadas através de análises gráficas, sendo a geometria um dos aspectos de análise. Tais estudos sugerem a inserção deste tipo de abordagem em estágios iniciais de formação, para uma introdução à prática projetual. Krier (1988), por exemplo, apresentando seu trabalho, se expressa da seguinte maneira: “Este livro lida com problemas de projetos arquitetônicos e é destinado ao estudante de arquitetura no início de sua formação”. (KRIER, 1988 pag. 7). Berredo (2010) aponta para esta mesma direção, identificando a análise gráfica como ferramenta valiosa no ensino de projeto de arquitetura:

“A análise gráfica tem se difundido no Brasil como uma ferramenta valiosa na estratégia de ensino de projeto. Há uma série de pressupostos a respaldar sua adoção. Além de exercitar habilidades gráficas e representacionais imprescindíveis para o arquiteto, o exercício aproxima o estudante da cultura arquitetônica de seus professores, favorecendo a conversa entre estudante e orientadores - um ingrediente fundamental no ambiente de ateliê. Com a análise gráfica, o estudo de casos relacionados ao programa da disciplina pode expor com eficiência e profundidade o estudante aos diversos aspectos que envolvem o projeto daquela classe de edificação.” (BERREDO, 2010, p. 79)

Acredita-se então, na importância da construção de um repertório significativo, para assim, como considerado por Flório e Tagliari (2009), o estudante ter a habilidade de aplicar tal repertório com criatividade em uma nova situação.

Reafirmando-se as considerações anteriores, entende-se que a partir da geometria pode-se promover uma postura de investigação sobre a produção arquitetônica, especialmente quando se adota como objeto de estudo uma produção de referência. Nesta direção, configura-se um exercício de análise de arquitetura, de interesse didático, centrado na investigação sobre o processo projetual do Arquiteto Paulo Mendes da Rocha. Investiga-se, especificamente, as estratégias geométricas de organização de plantas baixas e fachadas, adotadas por este arquiteto, para a configuração de residências unifamiliares.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo, de interesse didático, foi estruturado da seguinte maneira: 2.1) parte do reconhecimento da importância da produção do arquiteto Paulo Mendes da Rocha; reúne subsídios teóricos e metodológicos associados à análise do processo projetual deste arquiteto; identifica estudos dirigidos à compreensão de lógicas de organização formal utilizando-se do conceito de



proporção, adotadas por arquitetos de referência para Mendes da Rocha; 2.2) caracteriza um problema didático junto a um contexto específico; 2.3) investiga sobre a possibilidade de obras do arquiteto em questão constituir-se como objetos de aprendizagem para o estudo do tipo de lógica abordado; se utiliza da documentação arquitetônica disponibilizada por meios digitais, de plantas e fachadas de obras selecionadas no âmbito deste estudo; registra os resultados da investigação, configurando-os como objetos de aprendizagem.

Em um segundo momento, o processo de produção destes objetos de aprendizagem é estabelecido como atividade didática, propondo-se um processo colaborativo entre os estudantes e o corpo docente. Desta maneira, trata-se do mesmo tipo de investigação, envolvendo estudantes de arquitetura de primeiro semestre, no âmbito de disciplinas de geometria. Por fim, observam-se os reflexos da experiência didática em práticas projetuais dos estudantes que passaram pela experiência didática referida.

Trata-se do tipo de pesquisa, caracterizado em Gil (2010), de desenvolvimento experimental. Sendo assim, compreende um trabalho sistemático que se utiliza dos conhecimentos derivados de pesquisa (revisão bibliográfica) e de experimentos práticos (análises gráficas dos desenhos técnicos dos projetos em questão), com o objetivo de produção de novos materiais (didáticos) e melhoria de novos sistemas (formativo, dirigido ao projeto de arquitetura).

2.1. Sobre a produção de Paulo Mendes da Rocha e seus referenciais

Mendes da Rocha tem sua produção reconhecida nacional e internacionalmente, tanto no meio acadêmico quanto no profissional de arquitetura. Ele foi o ganhador do Prêmio Pritzker de 2006, uma destacada premiação internacional na área, adquirido anteriormente no Brasil somente por Oscar Niemayer. Nasceu em 25 de outubro de 1928 na cidade de Vitória, ES, e graduou-se em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, situada na cidade de São Paulo, em 1954 (SOUTO, 2010).

É recorrente a análise da produção arquitetônica de Mendes da Rocha vinculada aos aspectos estruturais, construtivos, modulares e racionais, sendo caracterizada por “uma arquitetura inspirada pela engenharia” (BASTOS, 2012 s. pag.). Shenk, 2010, destaca a importância atribuída, pelo arquiteto em questão, ao uso de croquis e maquetes junto ao processo de concepção de arquitetura.

Paulo Mendes da Rocha é um dos principais representantes da arquitetura paulistana, a qual de acordo com Mafuz (2011), está associada à produção de Mies Van Der Rohe. Esta associação está registrada da seguinte maneira:

“Talvez o aspecto mais importante do intercâmbio entre a arquitetura de **Mies Van Der Rohe** e a arquitetura paulistana tenha a ver com a absorção de princípios. No caso presente, refiro-me a um princípio genérico – a forma moderna é a síntese do programa, da construção e do lugar, obtida por meio da ordem visual – e a um princípio específico, o da definição simultânea da estrutura

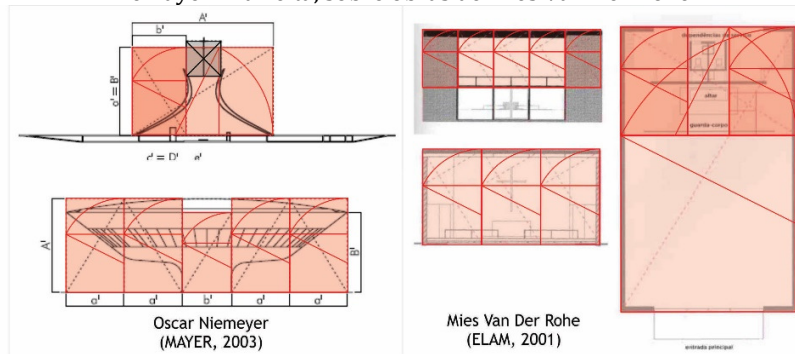


formal/espacial e da estrutura resistente de um edifício.” (MAFUZ, 2011, pag. 14 e 15, grifo nosso)

Por outro lado, é possível compreender as influências de arquitetos brasileiros na produção de Mendes da Rocha, por ele próprio explicitadas: “Affonso Eduardo Reidy, **Oscar Niemeyer** e Artigas são os três arquitetos responsáveis pela formação de nós todos, pelo menos até hoje...” (ROCHA, 2002, sem pag., grifo nosso)

Mafuz (2011), refere-se à “ordem visual” da forma moderna. Uma maneira objetiva de compreendê-la pode ser exemplificada pelo tipo de estudo apresentado em Mayer (2003) e Elam (2001). Utilizando-se de análises gráficas, foram investigadas lógicas de organização formal empregadas em obras de arquitetura, incluindo obras de Oscar Niemeyer e Mies Van Der Rohe, respectivamente, exemplificadas pelas imagens da Figura 1. O método tratou de observar o propósito dos projetistas em configurar e dispor os elementos de uma obra a partir de relações preestabelecidas. Dentre elas, identificaram a reincidência no uso de proporção áurea, como um jogo de geometria, para regular as relações entre cada uma das partes e com o todo.

Figura 1: Análise gráfica sob o padrão de proporção áurea. À esquerda sobre obras de Niemeyer. À direita, sobre obras de Mies Van Der Rohe.



Fonte: Adequado de Mayer (2003) e Elam (2001).

A partir de autores como Doczi (1990), Roth (1993), Ching (1998), Clarck e Pause (1997), Elam (2001) e Rocha (2011), tem-se o apoio para compreender sobre o conceito de proporção, sua relação com a natureza, com o corpo humano e com o processo de concepção artística, além de como, ao longo do tempo, a ação projetual de arquitetura se utiliza de sistemas proporcionais. A maneira como cada projetista se utiliza destes sistemas certamente é diferente. Observam-se desde sistemas mais evidentes, como pode ser aqueles que controlam as proporções a partir de projeções ortogonais do objeto arquitetônico e de seus elementos, tais como identificados junto à exemplares da arquitetura moderna (ilustrados anteriormente), até os menos evidentes. De uma maneira ou de outra, a evidência está condicionada ao pressuposto destacado por Bauvcar sobre a lógica de que “enxerga-se só aquilo que se sabe” (BAUVCAR, 2000, p. 20). Quando existe um propósito direcionado para o conhecimento sobre as lógicas formais empregadas em uma configuração arquitetônica, um dos parâmetros refere-se à comensurabilidade. Naturalmente o olhar traduz a identificação da



presença deste parâmetro como situação de conforto relacionando-se ao gosto, à beleza. Entretanto, junto ao processo formativo de arquitetura faz-se necessário explicitar as estratégias para tal propósito, indo além do controle intuitivo. Desde Vitruvius, tem-se a sistematização da lógica de reproduzir na arquitetura o padrão relacional das partes do homem, afirmando a necessidade de haver comensurabilidade entre as partes e o todo de uma obra de arquitetura. Os exercícios de traçado sobre obras de arquitetura, ilustrados na ampla bibliografia sobre o tema, referida anteriormente, auxiliam à construção do saber para ver tais estratégias.

Com menor evidência, para um olhar leigo, a arquitetura contemporânea tem se utilizado de tais estratégias, podendo contar com o apoio da informática, por meio da programação, automatizando os mecanismos que associam os dimensionamentos entre as partes e o todo, para um preciso controle sobre formas complexas, como é possível supor a partir de estudos do tipo Rocha e Borda (2017). Neste caso, foi observada a lógica de organização formal sob o emprego de um sistema de proporção sobre uma das obras complexas de Frank Ghery. Tratando-se de um estudo didático dirigido aos estágios iniciais de formação, considera-se apropriado que a introdução ao tema seja pela abordagem da linguagem da arquitetura moderna, pela legibilidade de sua ordem visual, tal como considera Mahfuz (2013).

Nesta direção, este estudo partiu da hipótese de que a obra de Mendes da Rocha também possa ser utilizada para exemplificar uma das maneiras de controlar intencionalmente a forma por um sistema proporcional, constituindo como material didático.

2.2. Caracterização de um problema didático

Inicialmente, buscou-se reconhecer o repertório de palavras empregadas pelos estudantes de estágios iniciais, os quais buscavam explicitar e descrever suas apreensões da obra de arquitetura, previamente à reestruturação curricular de 2012. Para tanto, e com o intuito de obter dados objetivos sobre tal cenário, recorreu-se à observação de registros de análises de precedentes realizados por estudantes de segundo semestre em uma atividade desenvolvida no âmbito de uma disciplina de projeto de arquitetura. A atividade tratava da análise de edifícios dirigidos à função religiosa, apresentada em formato impresso incluindo a linguagem textual e visual, com fotografias, plantas, fachadas, cortes e croquis. O exercício realizado pelos estudantes envolveu a análise de duas obras diferentes, constituindo um universo de trinta obras. Observou-se, junto ao material impresso e exposto publicamente como resultado da disciplina, a incidência ou não da referência a parâmetros de análise associados à geometria. Com isto buscou-se compreender a expressão do conhecimento dos estudantes, a partir do que extraíram com a análise visual ou gráfica. Especificamente, a atenção esteve centrada sobre a postura de investigação quanto à incidência de comensurabilidade junto à obra analisada.

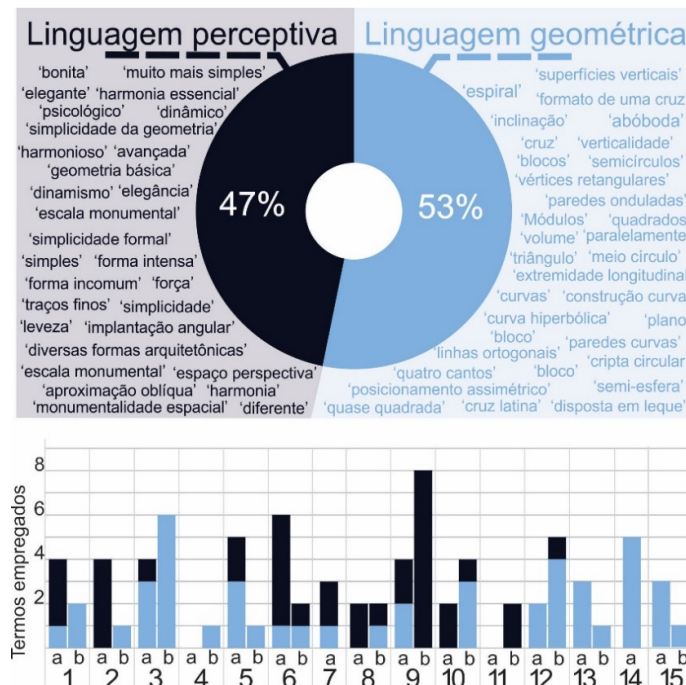
Os resultados da observação, sistematizados pelas representações da Figura 2, permitem considerar que os estudantes, envolvidos na atividade em



questão, estruturaram seus discursos de análise apoiando-se tanto em um vocabulário geométrico como de caráter mais perceptivo. Em relação ao geométrico, os termos empregados referem-se, fundamentalmente, à caracterização dos tipos das formas. Poucos buscaram compreender os princípios de ordenação, como poderia ser a referência a um traçado regulador, simetrias, proporção ou recursão. A maioria se utiliza de uma terminologia que expressa questões perceptivas, como harmonia, simplicidade e força, no entanto sem buscar identificar os elementos que atribuem tais características ou que provocam tais percepções.

As representações textuais e o gráfico situados na parte superior da Figura 2 referem-se aos termos encontrados no conjunto das análises, já categorizados em função da proximidade com os dois tipos de abordagem: à esquerda estão posicionados os termos considerados associados a um vocabulário advindo de teorias da percepção da forma arquitetônica (na cor escura), destacando-se que a teoria da Gestalt faz parte dos conteúdos introdutórios de disciplinas de primeiro semestre; à direita, tem-se os termos associados ao objeto arquitetônico advindos da geometria plana e espacial (cor clara). Na parte inferior da imagem tem-se os quantitativos de incidência dos termos empregados por obra analisada, segue a lógica de particularizar cada um dos 15 grupos: 12 duplas mais três trabalhos individuais. A letra, agregada a esta numeração, refere-se a cada uma das duas obras analisadas.

Figura 2: Representação da incidência dos termos empregados pelos estudantes, em análises formal de precedentes.



Fonte: Elaborada por autoras.

Frente a análise realizada, entendeu-se a necessidade de investimento junto às situações didáticas para promover o processo de conexão entre a



linguagem perceptiva e geométrica. Considerou-se a importância em disponibilizar materiais didáticos que apoiem este tipo de abordagem.

2.3.A investigação sobre projetos de Mendes da Rocha

Além das questões citadas anteriormente, particularizou-se o estudo sobre o processo projetual de Mendes da Rocha, pela facilidade de delimitar um objeto a ser investigado: um conjunto de projetos de residências de características similares, com um corpo teórico de apoio, tal como a disponibilização de discursos do próprio arquiteto e de críticos de arquitetura sobre tal conjunto. Conforme já referenciado, existem estudos que indicam associações entre a produção de Mendes da Rocha com as produções de Mies Van der Rohe e de Oscar Niemayer, permitindo assim investigar também sobre as evidências de tais associações a partir do conceito de proporção.

Com isto, o estudo esteve centrado em obras de um mesmo tipo de programa funcional, o residencial, sendo este o mais recorrente na trajetória projetual de Mendes da Rocha. Tendo em vista a disponibilização de dados, o estudo se restringiu às análises sobre plantas baixas e cortes de sete residências: Casa Mario Masetti, 1968; Casa Francisco Malta Cardoso, 1964; Casa do arquiteto Mendes da Rocha, 1964; Casa G. de Cristofaro, 1971; Casa Helena Ometo, 1978; Casa Marcelo Nitsche, 1973; Casa Lemé-Milan, 1970.

As análises foram realizadas a partir de meios digitais, buscando-se precisão nos traçados e apoiando-se no mesmo tipo de método gráfico empregado por Mayer, 2003 e Elam, 2001. Desta maneira, este tipo de investigação envolve a sobreposição de traçados sobre as projeções ortogonais, baseando-se nos fundamentos algébricos associados aos diferentes tipos de proporção. Utiliza do aporte conceitual relativo aos distintos tipos de proporções estabelecidos no âmbito da matemática: Proporção Aritmética, Proporção Geométrica e Proporção Harmônica (HUNTLEY, 1970). Aborda ainda, por exemplo, a importância da compreensão da Proporção Geométrica Descontínua e Proporção Geométrica Contínua, conectadas às relações de paralelismo e perpendicularidade das diagonais entre diferentes elementos de uma mesma obra, os quais são indicados em Ching (1998) como traçados reguladores. Resgata ainda os conceitos apresentados em Moratalla e Sanz (2000) relativos às cinco propriedades fundamentais de figuras proporcionais: 1. Aditiva; 2. Invariante por homotetia; 3. Função contínua; 4. A lógica dos retângulos recíprocos; 5. A lógica das áreas.

A documentação arquitetônica das plantas baixas e cortes das sete residências selecionadas, foi obtida em Mahfuz (2011) e em Guerra e Ribeiro (2006), tendo sido digitalizada. Inicialmente, por meio da sobreposição de linhas guias sobre as imagens buscou-se identificar possíveis traçados reguladores. Logo a seguir, os retângulos decorrentes destes traçados foram analisados frente à correspondência com proporções determinadas, em especial com a proporção áurea. Para isto utilizou-se dos recursos de parametrização disponibilizados pelos meios digitais, em softwares de desenho vetorial, os quais permitem a manipulação dinâmica da escala sem perder a proporção. Foram configurados retângulos com proporções pré-

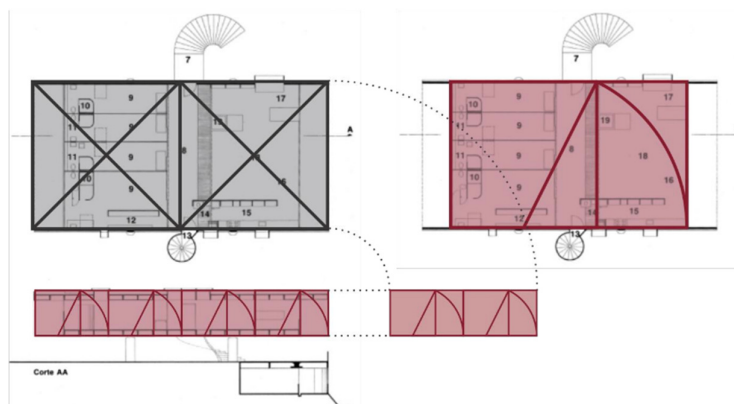


estabelecidas para serem sobrepostos e comparados àqueles encontrados. Utilizou-se de linhas guias, um processo não automatizado, como marcação prévia sobre os polígonos envolvente das obras, dentre outros elementos marcantes como paredes e beirais. Deve-se destacar que as informações para o lançamento de hipóteses sobre as composições das fachadas foram obtidas a partir de um único corte de cada uma das residências. Sendo assim, a análise considerou apenas os polígonos envolventes delimitados por tais cortes. Para obter o polígono envolvente da outra vista, em sentido perpendicular ao corte disponível, realizou-se o rebatimento das medidas em planta baixa, indicado na Figura 3.

Mesmo reconhecendo a recorrência da utilização da proporção áurea como traçado regulador nas obras dos referenciais de Mendes da Rocha, como em Mies e Niemeyer, o espaço digital foi preparado para facilitar a identificação de outros tipos de proporções, como a baseada em raiz de 2, 3, 4, 5, e também o quadrado. Teve-se em conta que estas relações são utilizadas em outros exemplos de composição, demonstradas também em ELAM (2001).

Devido à recorrência da utilização de beirais nas residências de Mendes da Rocha, o método de análise das plantas baixas considerou duas situações. Uma que parte do polígono envolvente, o qual incluiu as projeções dos beirais. Outra que parte do polígono envolvente sem os beirais. Desta maneira, sobre cada planta baixa foram realizadas duas hipóteses. A figura 3 exemplifica, com a análise realizada sobre a Casa Massetii, o tipo de procedimento referido.

Figura 3: Análise de plantas e corte da Casa Masetii. Acima e à esquerda, planta baixa com beirais; à direita, sem beirais; abaixo e à esquerda, corte e, à direita, polígono envolvente equivalente ao outro perfil.

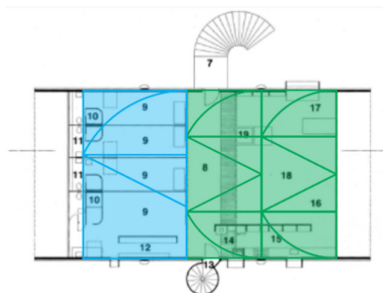


Fonte: Análise elaborada pelas autoras, planta baixa e Corte (MAHFUZ, 2011, p. 52).

Buscou-se também identificar se Mendes da Rocha teve o propósito de delimitar setores diferenciados, tal como os espaços íntimos e sociais das residências, dentro de regiões, em planta, com determinadas proporções. A figura 4 exemplifica este tipo de análise realizada sobre a casa Massetii, observando-se a pertinência desta hipótese.



Figura 4: Análise da planta baixa da Casa Masseti. Em azul a delimitação da área íntima; em verde a área social.



Fonte: Análise elaborada pelas autoras, planta baixa (MAHFUZ, 2011, p. 52).

Todas as análises foram reunidas em um único quadro para facilitar, visualmente, a identificação de possíveis padrões compositivos adotados por Mendes da Rocha nos projetos analisados.

O quadro da Figura 5 reúne os resultados das análises realizadas sobre as plantas baixas do conjunto das casas. Na coluna da esquerda estão as análises dos polígonos envolventes com os beirais. Na coluna do meio, sem os beirais. E na coluna da direita, o resultado que se associa a forma à função.

Sobre a planta da Casa Masseti, encontrou-se uma composição de dois quadrados, configurando o polígono envolvente da planta com os beirais. Sem os beirais, o polígono se configura como um retângulo áureo. Na hipótese de delimitação das diferentes áreas da residência através de um mesmo tipo de traçado regulador, foi possível identificar a adoção de um único retângulo áureo para agrupar a área íntima. Enquanto que, para a área social, identificou-se a correspondência com uma proporção derivada do retângulo áureo e coincidente com a proporção raiz de 5 (proporção caracterizada, em bibliografia específica, por um “retângulo áureo recíproco” (Doczi, 1990 pag. 3). Este retângulo é obtido pelo duplo rebatimento da diagonal da metade de um quadrado, um no sentido horário e outro no anti-horário. Neste caso, a área íntima se configura com a simetria por translação de dois retângulos áureos recíprocos. Ou poderia ser explicado por uma simetria que inclui, além da translação, o movimento de reflexão de retângulos áureos, procedimento que também configura retângulos áureos recíprocos.

Ao analisar a casa Cardoso, encontrou-se o polígono envolvente, da planta baixa com beirais, composto por dois retângulos áureos justapostos em seu lado maior. O polígono da planta sem beirais se caracteriza como um quadrado. As áreas também estão configuradas por formas específicas. A íntima por um único retângulo áureo, enquanto que a social, por dois quadrados.

Sobre a Casa do próprio Mendes da Rocha, identificou-se que a planta baixa com beiras segue a mesma lógica de composição adotada na Casa Cardoso: dois retângulos áureos. Na análise da planta sem os beirais (ao centro) visualiza-se uma reprodução semelhante também a da Casa Cardoso, mas referente à lógica empregada na Organização Funcional (à direita). A



Cardoso conta com 3 elementos: uma proporção áurea e dois quadrados justapostos na sua maior distância. A Casa Mendes da Rocha adiciona um quadrado a mais, resultando em 4 elementos: uma proporção áurea e três quadrados somados justapostos na sua maior distância. Na análise relativa à organização de funções (à direita) a Casa Mendes da Rocha tem uma composição apenas com quadrados, com uma proporção geométrica descontínua ($1 : 0,8333 : 0,5$). Ainda transgrede a lógica até então encontrada no conjunto destas residências, configurando uma forma em “L”, a qual caracteriza a área íntima.

Na análise da casa Cristofaro, retângulos áureos foram justapostos para constituir o polígono envolvente da planta baixa com beirais, tal como nas casas Cardoso e do Butantã. A composição variou na quantidade destes elementos. Nesta Casa identifica-se a correspondência entre as figuras que conformam o polígono envolvente sem os beirais e as que setorizam as funções: ambas utilizam três quadrados, dois deles correspondendo à quarta parte do terceiro.

O processo compositivo da planta baixa da Casa Helena Ometo parece se diferenciar de todos os outros. Nos três tipos de análises realizados o quadrado não aparece como um elemento necessário para compor os polígonos envolventes.

Na análise da planta da Casa Nitshe, com ou sem beirais, os retângulos áureos, recíprocos ou refletidos, dão conta de delimitar os polígonos envolventes.

As duas primeiras análises da planta baixa da Casa Leme, com e sem beiral, refletem uma lógica rígida de adoção do retângulo áureo. Entretanto, abandona a lógica deste elemento delimitar uma zona específica da residência.

O quadro da figura 6 reúne as análises dos polígonos envolventes das fachadas. Conforme explicado anteriormente, estes polígonos foram obtidos a partir das informações cruzadas entre a planta baixa e um único corte de cada residência.

Na Casa Masseti observa-se a lógica de compor os polígonos envolventes a partir de simetrias por translação de retângulos áureos, de eixo horizontal, para ambas as fachadas.

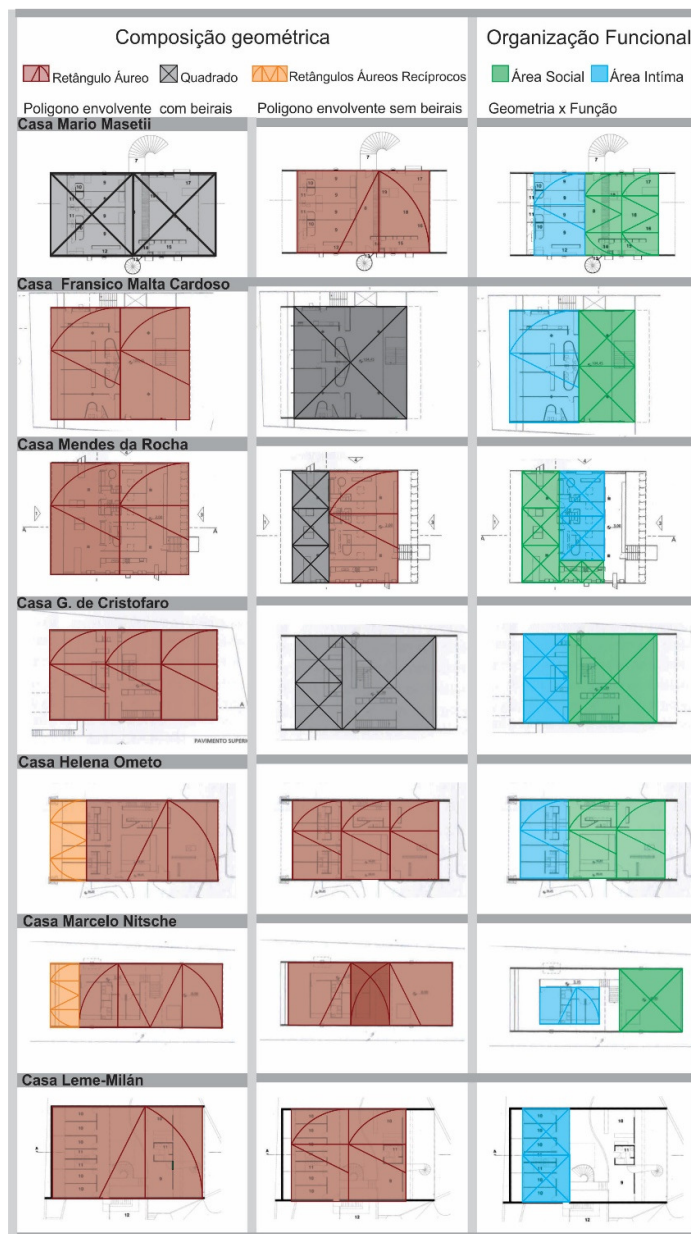
Para a Casa Cardoso, Mendes da Rocha parece jogar com os retângulos áureos recíprocos, definindo uma das fachadas com a simetria de translação de dois destes elementos e para a outra com uma simetria bilateral. Nesta, um único retângulo recíproco se coloca no meio de dois retângulos áureos.

O arquiteto, em sua própria casa, parece repetir a lógica da composição das fachadas adotada na casa Cardoso, tal como faz em relação à planta baixa, em pelo menos um tipo de análise realizada.

As análises dos polígonos envolventes das fachadas da Casa Cristofaro demonstram o propósito de utilizar um único elemento no processo compositivo: retângulos áureos recíprocos, inclusive em diferentes escalas.



Figura 5: Análises das plantas baixas de sete residências de Paulo Mendes da Rocha



Fonte: Análise elaborada pelas autoras, planta baixa (MAHFUZ, 2011, p. 52). Fonte: Análise autoras, plantas baixas sem as análises gráficas, obtidas em MAFUZ, 2011 pag. 52 à 56 (todas as casas com exceção da casa Leme-Milán) e GUERRA, RIBEIRO, 2006 s. pag. (casa Leme-Milán planta baixa).

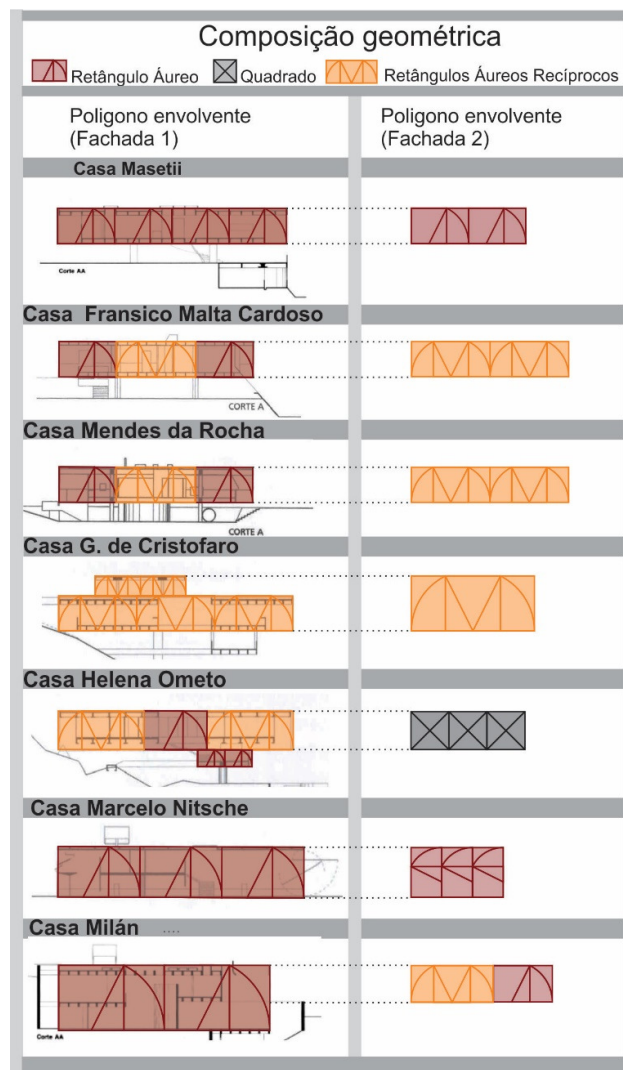
Para a composição de uma das fachadas da Casa Helena Ometo, Mendes da Rocha inverte o jogo utilizado na Casa Cardoso e em sua própria casa. Se utiliza de uma simetria bilateral de retângulos áureos recíprocos, tendo no centro um retângulo áureo. Entretanto, para a outra fachada, quebra a lógica que vinha mantendo nesta casa em utilizar apenas retângulos áureos. Diferentemente também de todas as outras composições em fachadas, se utiliza de quadrados para configurá-la.



Uma das fachadas da Casa Nitshe é composta de maneira similar à casa Masseti, simplesmente adotando uma simetria por translação de retângulos áureos. Entretanto, embora adote esta mesma lógica para a outra fachada, o processo parece se diferenciar totalmente das demais casas, realizando a translação com o vetor paralelo ao lado menor do retângulo.

Para a Casa Milán foi adotada em uma das fachadas a mesma lógica das casas Masseti e Nitshe. Para a outra fachada, Mendes da Rocha também se utiliza de outro jogo, o qual pode ser descrito pela justaposição de retângulos recíprocos com um retângulo áureo, como está na imagem da figura 6. Ou, ainda poderia ser descrito pela simetria bilateral de dois retângulos recíprocos, sobrepostos.

Figura 6: Análise dos cortes das sete reidências de Paulo Mendes da Rocha



Fonte: Análise elaborada pelas autoras, cortes sem as análises gráficas, obtidas em MAFUZ, 2011 pag. 52 à 56 (todas as casas com exceção da casa Leme-Milán) e GUERRA, RIBEIRO, 2006 s. pag. (casa Leme-Milán)



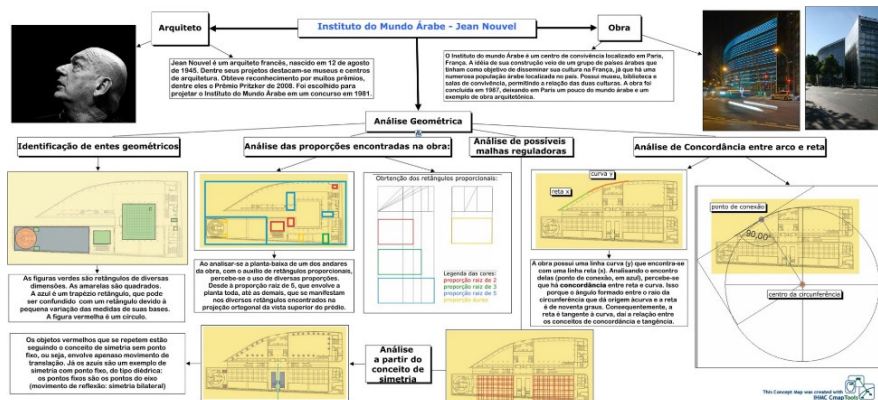
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo tem trazido como resultado um conjunto de objetos de aprendizagem: materiais didáticos em formato digital, que ao estarem disponibilizados aos estudantes, promovem um processo de construção colaborativa de conhecimento sobre processos projetuais de arquitetura. Inicialmente os objetos resultaram de um exercício do corpo docente, de como demonstrar um processo de investigação para a formulação de hipóteses de regras compositivas para a estruturação da forma arquitetônica, a partir de padrões geométricos. As figuras 5 e 6 ilustraram o tipo de material produzido.

Foi possível inclusive demonstrar conexões entre as práticas de Paulo Mendes com as de outros arquitetos referenciais, auxiliando a compreender que a “intuição” e o “talento” são construídos por meio de repertórios, e que entre eles está o repertório geométrico. Reforça-se o propósito de trazer para o primeiro estágio de formação dos estudantes de arquitetura esta percepção. As experiências próprias, como estudante de arquitetura deste mesmo contexto formativo para o qual se dirigiu este estudo, testemunham a falta de demonstrações concretas que incluíssem objetivamente um conhecimento geométrico aplicado. Existia o discurso, mas poucas ações com o uso efetivo de conceitos e procedimentos que auxiliassem nos estágios iniciais de formação.

Em um segundo momento, os objetos produzidos advêm do estabelecimento de atividade didática no âmbito de disciplinas de primeiro e segundo semestre. As figuras 7 e 8 ilustram este tipo de produção. Desde o 1º semestre de 2012, a cada semestre se amplia o conjunto de objetos, tendo em vista que a atividade é de caráter individual. Em alguns momentos os estudantes foram direcionados para selecionarem a produção de um estilo, ou tendência determinada, em outros estiveram totalmente livres para selecionar qualquer produção de arquitetura. As restrições mantidas de um semestre a outro estiveram sempre condicionadas aos conteúdos específicos das disciplinas, seja para abarcar especificamente estudos de geometria plana, de formas poliédricas, de formas quádricas ou quaisquer.

Figura 7: Mapa conceitual ampliado com as análises desenvolvidas ao longo da disciplina



Fonte: Elaborada pelo acadêmico de primeiro semestre de arquitetura do contexto: Alexandre Bertoldi.



Ultimamente tem-se incentivado também uma postura de aprimoramento dos materiais, na qual os estudantes partem de análises produzidas por estudantes de semestres anteriores, promovendo a revisão e o aprofundamento dos estudos geométricos, investindo também na qualidade didática do objeto de aprendizagem a ser disponibilizado. Esta iniciativa tem reforçado a percepção das inúmeras hipóteses geométricas possíveis de descrever a forma, à medida que o repertório de conceitos é apropriado e utilizado para compreender regras mais complexas do jogo projetual.

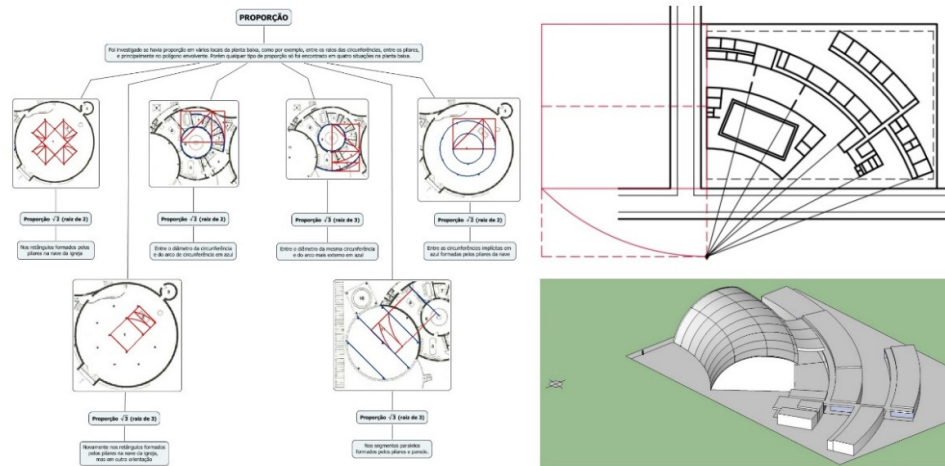
As conexões entre ensino, pesquisa e extensão tem intensificado a produção e, cada vez mais, permitido o aprofundamento das análises, subsidiando estudos especialmente na área de história e teoria. Neste momento, 2018, os objetos transcendem ao contexto da graduação, resultando em produções como as sistematizadas em (FERNANDES E BORDA, 2016) e (ROCHA E BORDA, 2017) na área de representação gráfica e digital junto ao mestrado. Estas, avançam na elaboração de possíveis estratégias de composição de obras contemporâneas emblemáticas, respectivamente dos arquitetos Siza e Gehry, ampliando o material didático.

O contexto de graduação já reflete que o investimento no conceito de proporção está tendo consequências efetivas para a formação para o projeto. Podemos verificar a produção de conhecimento sobre a obra da Lina Bobardi, apresentada à esquerda da Figura 8 sob a forma de mapa conceitual, que dois anos após, o repertório construído durante a disciplina da estudante foi aplicado com criatividade em um exercício de projeto como é apresentado à direita da Figura 8. O projeto permite uma legibilidade sobre a intencionalidade de uma organização formal, de simetria radial e com movimentos de recursão concêntrica, ambos associados à obra utilizada como objeto de análise pela mesma estudante. Respondendo a uma entrevista das pesquisadoras, a estudante explicitou o controle realizado para localizar o centro dos arcos que organizam a planta baixa, utilizando-se da razão áurea. A estratégia foi de associar o lado menor do limite do terreno da obra com o lado do quadrado utilizado para gerar o retângulo áureo, conforme o registro apresentado pela projetista, sobre a planta, para demonstrar tal controle.

As análises gráficas, realizadas neste estudo, buscaram demonstrar uma postura de investigação, constituindo-se como materiais didáticos. Deve-se reforçar que este tipo de exercício não tem a pretensão de desvendar métodos projetuais. O objetivo é de apoiar as práticas didáticas de compreensão das estratégias de uso de conceitos geométricos específicos para a estruturação da forma. Tais estratégias podem estar presentes em diferentes métodos projetuais ao longo da história das práticas de arquitetura. Desta maneira, utiliza-se a geometria como uma introdução ao estudo de métodos projetuais, os quais envolvem questões bem mais complexas que os estudantes de primeiro semestre ainda não estão familiarizados.



Figura 8: Análise geométrica da obra Igreja do Espírito Santo do Cerrado de Lina Bo Bardi, realizada em 2012 por estudante, e explicitação da estratégia de organização formal de um projeto desenvolvido 3 anos após, pela mesma estudante.



Fonte: Acadêmica de arquitetura: Aline Moraes.

Será logicamente, a adição de conhecimentos advindos de outras disciplinas e de análises específicas das mesmas obras ou trajetórias de arquitetura que promoverá a compreensão de métodos projetuais em suas complexidades.

Entretanto, a experiência construída em sala de aula a partir do tipo de proposta didática aqui relatada tem registrado manifestações de surpresa dos estudantes, de curiosidade e de compreensão do conhecimento geométrico implícito na estruturação formal de cada obra. Nos momentos didáticos de exploração destes materiais tem-se reforçado a necessidade de desconstruir a ideia do talento nato e, ao contrário, tem-se buscado investir na lógica de que para o exercício de arquitetura a “intuição” se constrói.

Os conceitos geométricos que vão sendo identificados em cada uma das análises podem não ter sido utilizados de maneira consciente e programada. Mas, a partir do conjunto de incidências de uso de padrões em diferentes obras, estilos e tendências por arquitetos de referência, tem-se a compreensão de que certamente a forma decorre de um processo de apropriação efetiva de tais conceitos. Considera-se que somente esta compreensão é o principal resultado que este estudo pode motivar. O uso conjunto deste tipo de material, agora junto à disciplina de projeto, propriamente dita, de primeiro semestre, está sendo explorado.

4. CONCLUSÕES

Este estudo partiu do interesse docente de ampliar um repertório de materiais didáticos de apoio à área de educação gráfica dirigida à prática projetual. Ocupou-se em evidenciar uma estratégia de organização formal utilizada ao longo da história junto à prática de arquitetura, como se configura



o uso da proporção. Caracterizada, muitas vezes como uma ação intuitiva, em processos experientes de projeto, o estabelecimento de relações proporcionais deriva de um conhecimento lógico e estruturado, podendo resultar de um ato consciente e intencional e, com isto, ser explicitado para servir de apoio ao processo formativo de iniciantes na ação projetual.

Em um contexto específico de reformulação curricular, o estudo tem provocado a reflexão, desde disciplinas de representação gráfica, sobre a pertinência, o espaço e o momento para a apropriação deste tipo de conhecimento geométrico junto à formação em arquitetura, capaz de controlar as relações formais de maneira proposital. Tendo-se como pressuposto a importância do estudo de precedentes para aquisição de repertório para a ação projetual, o estudo se dirigiu aos estágios iniciais de formação, buscando explicitar o que se denominou de “jogos geométricos”, particularizando casos que facilitam compreender a maneira como as relações proporcionais podem ser utilizadas para a organização formal em arquitetura.

Utilizou-se da análise gráfica para construir hipóteses sobre o tipo de “jogo geométrico” estabelecido junto ao processo projetual de Paulo Mendes da Rocha, para a configuração de plantas e fachadas de seus projetos de residências. Buscou-se também, a partir da identificação do uso das mesmas regras geométricas, fundamentadas no uso de determinadas figuras (quadrados, proporções áurea e de raiz), observar as conexões deste processo de Mendes da Rocha com o dos arquitetos Mies e Niemayer.

As hipóteses gráficas registradas explicitam o tipo de exercício empregado pelo arquiteto em questão para estabelecer determinadas relações entre as partes que acabam por atribuir uma identidade no ato de projetar. Mais do que isto, registrou-se a intenção de promover o estabelecimento de uma postura de investigação, especialmente dos estudantes em estágio inicial de formação para a prática de projeto. Partindo da metodologia descrita para a análise bidimensional de plantas e fachadas, com o foco no conceito de proporção, foram gerados materiais didáticos que estão sendo utilizados como exemplificação para o estudo analítico de obras referenciais. Esta, pode ser replicada a partir de outros conceitos geométricos.

Por fim, os resultados deste estudo já têm contribuído, junto à ação docente na graduação e na pós-graduação, para desenvolver a percepção dos estudantes da conveniência em tomar consciência de suas estratégias de configuração formal, haja visto a lógica de uma arquitetura reconhecida em adotar parâmetros de controle para tal configuração. Com isto, busca-se estimular processos de investigação sobre a composição formal, a partir de atividades colaborativas entre estudantes e professores, com o propósito de construção de conhecimento por meio do exercício de análise gráfica.

4. AGRADECIMENTOS



Gostaríamos de agradecer à Capes, a qual possibilitou o desenvolvimento deste trabalho em nível de Mestrado, e continuidade e ampliação dos estudos em nível de doutorado. Ainda agradecemos ao CNPq pelo financiamento do Projeto PROBARQ – Produção e Compartilhamento de Objetos de Aprendizagem dirigidos ao Projeto de Arquitetura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, M. A. J. Paulo Mendes da Rocha. Breve relato de uma mudança. *Arquitextos*, São Paulo, 11.122, **Vitruvius**, jul 2012 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.122/3472>>.

BERREDO, H. E. D. Análise gráfica e hermenêutica no. **Artigos e Ensaios**, São Paulo, p. 79-85, 2010.

CALDANA, V. L. Pesquisa em projeto de arquitetura e urbanismo. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, 2012. 148-164.

CELANI, G.; VAZ, C.; PUPO, R. Sistemas generativos de projeto: classificação e reflexão sob o ponto de vista da representação e dos meios de produção, 2013. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, São Paulo, v. 1, n. 1., 2013.

CHING, F. **Arquitetura: Forma, espaço e Ordem**. - São Paulo: Martins Fontes, 1998.

CLARK, R. H, and PAUSE, M. **Arquitectura: temas de composición**. México, Gustavo Gili, 1997.

DIONELLO, T. ; JANTZEN, S. A. D. ; OLIVEIRA, Ana Lúcia Costa de . A contribuição de um método tipológico na análise do patrimônio cultural urbano nas cidades da Região Sul do Rio Grande do Sul. **Projectare**, v. 01, p. 05-15, 2008

DOCZI, G. **O poder dos limites: harmonias proporções na natureza, arte e arquitetura**. Tradução: Maria Helena de Oliveira Tricca e Júlia Bárány Bartolomei. São Paulo: Mercuryo, 1990.

ELAM, K. **Geometry of design: studies in proportion and composition**. New York: Princeton Architectural Press, 2001.

FERNANDES, V. M.; BORDA, A. Nas entre linhas de Álvaro Siza a partir do confronto entre dois projetos. In: VI CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA En Ingeniería, Arquitectura y carreras afines, 2016, Córdoba. VI CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA En Ingeniería, Arquitectura y carreras afines. CÓRDOBA: Editorial de la FAUD - UNC, 2016. v. ÚNICO. p. INV-456-INV-461.

FLÓRIO, W.; TAGLIARI, A. Projeto, criatividade e metáfora. **Arquitetura Revista**, Julho/Dezembro 2009. 92-110.



- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- GUERRA, A.; CASTROVIEJO RIBEIRO, A. J. . **Casas brasileiras do século XX**. Arqtextos, São Paulo, 07.074, Vitruvius, jul 2006 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/07.074/335>>.
- KONING H.; EISENBERG J. The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses. **Environment and Planning B**, vol. 8, p. 295-323. 1981
- KRIER, R. **Architectural Composition**. Tradução de [translated from the German by Romana Schneider and Gabrielle Vorreiter]. 1. ed. London: Academy editions, 1988. 320 p.
- MAHFUZ, E. C. **Tipo, projeto e método, construção disciplinar: quatro partidos em debate**. 1960-2000. Porto Alegre: MarcaVisual, 2011.
- MAHFUZ, E. Banalidade ou correção: dois modos de ensinar arquitetura e suas consequências. Arqtextos, São Paulo, ano 14, n. 159.05, **Vitruvius**. 2013. Acessível em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/14.159/4857>
- MAYER, R. **A linguagem de Oscar Niemeyer**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, PROPAR). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.
- MITCHELL, W. J. **A lógica da arquitetura: Projeto, computação e cognição**. Tradução de Gabriela Celani. Campinas: Unicamp, 2008.
- PIAGET, J. **A Construção do Real na Criança**. Trad. Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1970. 360p.
- ROCHA, A. M. Jr. **Divina Proporção: Aspectos Filosóficos, Geométricos e Sagrados da Seção Áurea**. - Fortaleza : Expressão Gráfica, 2011.
- ROCHA, L. S.; BORDA, A. A. S. The (geometrical) dialogs Gehry establishes with the city of Bilbao. Translated from Portuguese by Sávio de Oliveira Nogueira. **VIRUS**, 14. [online] Available at: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus14/?sec=4&item=14&lang=en>>. [Accessed: 14 July 2018].
- ROCHA, P. M. **Maquetes de Papel**. São Paulo: Editora Cosak, 2007.
- ROTH, L. M. **Entender la arquitectura**. Barcelona: Gustavo Gili, 1993.
- SHENK, L. R. **Os croquis na concepção de arquitetura**. São Paulo: ANNABLUME, 2010.
- SOUTO, A. E. M. **Projeto arquitetônico e a relação com o lugar nas obras de Paulo Mendes da Rocha, 1958 – 2000**. (Tese de doutoramento, PROPAR). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.
- UNWIN, S. **Analysing Architecture**. London: Psychology Press, 2003.

Recursos gráficos utilizados nos mapas no século XIX: desenhos e mapas da Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco

Graphic resources used in maps in the 19th century: drawings and maps of the São Francisco River Improvement Commission

Ivoneide de França Costa

Doutora em História das Ciências e da Saúde-COC/FIOCRUZ
Docente do Departamento de Letras de Artes, Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, Brasil

neidefc@uefs.br

Anderson Conceição Macedo da Silva

Bolsista de Iniciação Científica, CNPq
Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, Brasil

acmacedo15@hotmail.com

RESUMO:

No século XIX muitos engenheiros foram contratados para pôr em prática os empreendimentos ligados à modernização de portos, estradas e urbanísticas. Com o intuito de facilitar as transações de mercadorias e pessoas, a ideia do governo era criar nas regiões relacionadas com o vale do Rio São Francisco um amplo sistema geral de transporte utilizando as vias de comunicação fluvial, ferroviária e terrestre, criando assim um grande sistema de comunicação e transporte. A Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco (CMRSF) foi criada em 1883 para executar melhoramentos no rio com objetivo de facilitar a navegação. Os trabalhos CMRSF foram iniciadas em 1883 com sondagens, levantamento de plantas, nivelamento e determinação da velocidade das correntes marítimas, seguido com o serviço desobstrução e da construção dos diques. O objetivo do texto é estudar os recursos gráficos dos mapas utilizados por esses engenheiros na CMRSF no intuito de apresentar um panorama de como e quais os recursos gráficos eram utilizados no final do século XIX no campo da engenharia.

Palavras-chave: CMRSF, Engenheiros, Técnicas, Desenho.

ABSTRACT:

In the nineteenth century many engineers were hired to carry out the projects related to the modernization of ports, roads and urban planning. In order to facilitate the transactions of goods and people, the government's idea was to create in the regions related to the São Francisco River Valley a broad general transport system using the river, rail and land communication routes, thus creating a large system of communication and transportation. The San Francisco River Improvement Commission (CMRSF) was created in 1883 to perform river improvements to facilitate navigation. The works of the CMRSF began in 1883 with surveys, surveys, leveling and determination of the speed of the sea currents, followed by the clearing service and the construction of the dikes. The purpose of the text is to study the graphic resources used of maps by these engineers at CMRSF in order to present an overview of how and which graphic resources were used in the late nineteenth century in the field of engineering.

Keywords: CMRSF, Engineers, Techniques, Design.



1. INTRODUÇÃO

Entre 1852 e 1868, foram feitos os primeiros estudos sobre a navegabilidade do Rio São Francisco: o primeiro foi o engenheiro Guilherme Halfeld que, no intervalo de 1852 a 1854, contratado pelo Governo Imperial, estudou quase toda a extensão do Rio São Francisco: da cachoeira de Pirapora-MG até o desaguar no oceano Atlântico (Piaçabuçu-Alagoas), percorrendo uma extensão de 1884 km no corpo do rio; em seguida, o engenheiro cientista Emmanuel Liais foi contratado pelo Imperador Dom Pedro II para estudar o rio no Alto do São Francisco (fração com 702km de extensão) e sua conexão com o Rio das Velhas (801km de extensão), propondo a ligação do Rio São Francisco ao coração de Minas Gerais, em contrapondo a proposta de desobstrução do Rio de Pirapora até a Nascente; e o engenheiro Carlos Krauss que, em 1868, contratado pelo Ministério da Agricultura, estudou uma fração do rio compreendido entre Piranhas-AL e a cachoeira de Sobradinho-BA (fração de 500km de extensão), local onde se encontrava um dos trechos mais problemáticos do rio: a cachoeira de Paulo Afonso, que, para vencer esse obstáculo, Krauss sugeriu a construção de uma estrada de ferro contornando as cachoeiras.

Cerca de 11 anos depois, foi a vez da Comissão Hidráulica do Império (CHI) realizar estudos sobre o Rio São Francisco. Os trabalhos da CHI se iniciaram em agosto de 1879, através da publicação do “Aviso” de 29 de junho de 1879. A exploração durou todo o percurso do rio, da foz (oceano Atlântico) até a nascente (Pirapora- MG). A CHI era composta por engenheiros brasileiros e americanos, a saber: pelo engenheiro americano William Milnor Roberts (Engenheiro chefe); pelos engenheiros: Antônio Plácido Peixoto do Amarante; Rudolph Wieser; Domingos Sérgio de Sabóia e Silva; Alfredo Antônio Simões dos Santos Lisboa; Miguel Antônio Lopes Pecegueiro; Theodoro Fernandes Sampaio e Thomaz de Aquino e Castro; outro integrante da CHI foi o geólogo americano Orville Adalbert Derby, que atuou somente na etapa de exploração do Rio São Francisco, realizando estudos geológicos no Vale do São Francisco. Esta comissão foi relevante na carreira dos engenheiros brasileiros, já que para alguns deles foi a primeira atividade na condição de engenheiro.

Após os termos dos trabalhos da Comissão Hidráulica do Império, o Governo Imperial iniciou os preparativos para a desobstrução na parte encachoeirada desde a cachoeira do Sobradinho (Bahia) até Jatobá (atual Petrolândia, em Pernambuco), cuja extensão era de 428 Km. O plano geral para melhoramento do trecho consistia principalmente na construção de canais de 30 metros de larguras e profundidades a partir de 1,25 metros para permitir a navegação de vapores com até 40 metros de comprimento (ROBERTS, 1880, p. 3). Os melhoramentos do sistema de navegação fluvial, aliado ao ferroviário e portuário, fariam parte da necessidade de o Governo criar vias de locomoção para o transporte de mercadorias e pessoas.



Em março de 1883, Governo Imperial deu início aos melhoramentos do rio com a criação da Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco (CMRSF) e, ao mesmo tempo, foi expedida as “Instruções” para a execução das obras necessária para tornar o rio navegável. A primeira equipe de engenheiros da CMRSF foi composta por: Antônio Plácido Peixoto do Amarante, engenheiro chefe (transferido de chefe da seção do prolongamento da Estrada de Ferro da Bahia); Theodoro Fernandes Sampaio, 1º. engenheiro (transferido de ajudante de 1ª. classe no prolongamento Estrada de Ferro da Bahia); A. F. Ramos, condutor (transferido de condutor no prolongamento da Estrada de Ferro da Bahia); João Emiliano Amarante, engenheiro (transferido de condutor de 2º. condutor no Prolongamento da Estrada de Ferro da Bahia); Evaristo Galvão Filho, engenheiro auxiliar, promovido em 1884 a condutor (primeira nomeação); Reginaldo Candido da Silva, engenheiro auxiliar (transferido de outra obra); Foligonio Magalhães de Souza, e Moisés Deschamps de Montmorency (ambos desenhistas com a primeira nomeação). A maioria dos engenheiros contratados trabalharam com Amarante na Estrada de Ferro da Bahia. Theodoro Sampaio, além de trabalhar na Estrada de Ferro, participou da CHI. Demais operários seriam trabalhadores ordinários, remadores, pilotos, carpinteiros, carvoeiros, empreiteiros, maquinistas etc., (SAMPAIO, 1883-1884), na maior parte, moradores das localidades.

A CMRSF, a partir de visitas aos locais e munida de dados dos estudos realizados anteriormente, com seus engenheiros e desenhistas trabalhando em conjunto, criou mapas físicos e políticos do Rio São Francisco. Não tinham as ferramentas modernas que temos hoje como GPS; estação total; trenas digitais; etc. Os mapas eram desenhados à mão, baseados em visitas aos locais, munidas de equipamentos limitados, sem muita tecnologia. Na maioria dos mapas foram utilizadas as cores vermelha, preta e azul. O traçado vermelho era obtido com o Carmim. Os elementos gráficos dos mapas eram singulares os mapas locais (físicos) eram desenhados com muita minúcia, sendo possível visualizar detalhes importantes para a equipe de engenharia, como por exemplo, as pedras que obstruíam um trecho do rio; as diferentes profundidades de cada trecho do rio; os relevos, as serras; pontos de ancoradouros, etc. Da mesma forma, os mapas políticos, representavam bem as divisões territoriais, diferenciando as cidades de vilas, fazendas, povoações e freguesias. Isso demonstra que os engenheiros possuíam domínio da cartografia na época. E os desenhistas, domínio da arte, com suas representações de sombras e profundidades empregadas nos mapas.

2. Procedimentos da pesquisa

Neste trabalho foram adotados os métodos de pesquisa Bibliográfica e Documental. Coletamos dados a partir de vários documentos científicos, teses de doutorado, relatórios técnicos etc. O estudo se estendeu para investigações em jornais, mapas, atas etc.



O primeiro passo foi entender o contexto histórico. Essa parte foi muito importante, pois nos ajudou a entender a ordem dos fatos: primeiro houve a fase de estudos que durou dois anos, e só depois a fase de intervenção prática, que foi feita por uma segunda comissão: a Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco – CMRSF.

O segundo passo tratou-se de identificar os engenheiros que participaram da Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco, assim como aqueles que estudaram o rio anteriormente, como Halfeld, Liais, Krauss e a CHI. Listamos os engenheiros, buscamos a formação de cada um, assim como suas atuações nas obras de melhoramento do rio. Nossas fontes de dados para esta segunda parte foram bem quantitativas, buscamos informações nos relatórios da própria Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco, em teses, artigos científicos, na página da Codevasf, em bibliotecas virtuais etc. Tentamos explorar o máximo possível de todas as fontes que encontramos disponíveis.

O terceiro passo, foi identificar os recursos gráficos utilizados nos mapas pelos engenheiros desenhistas da época. Investigamos cada mapa que tínhamos, observando cada detalhe, comparando com os mapas atuais como Google Earth e Google Maps, nos dando a percepção do quanto a cartografia tem evoluído devido a tecnologia.

3. Cientistas e engenheiros que realizaram estudos no Rio São Francisco e que participaram da CMRSF.

Baseado em todas estas fontes citadas, montamos o conteúdo da pesquisa. Identificamos a formação e atuação dos engenheiros que trabalharam nas obras de melhoramento do Rio São Francisco, tanto os que estudaram o rio anteriormente levantando os dados necessários e criando os projetos, quanto os que executaram este projeto como a CMRSF. A Comissão hidráulica do Império foi a última equipe a estudar o rio antes da CMRSF.

3.1. Engenheiros que participaram da fase de estudos

Nome	Formação	Atuação
Henrique Guilherme Fernando Halfeld.	Graduou-se em engenharia na Universidade Técnica de Clausthal, em Clausthal-Zellerfeld, na Alemanha.	Foi contratado pelo Governo Imperial para estudar o Rio São Francisco, no trecho que vai da cachoeira de Pirapora até o seu desaguar no oceano Atlântico. A exploração



		de Halfeld, no rio e nos afluentes, durou de 1852 a 1854.
Emmanuel Liais	Era cientista, botânico, astrônomo e engenheiro. Não encontramos seu lugar de formação, apenas suas qualificações.	Foi contratado pelo Imperador Dom Pedro II, estudou o rio desde a nascente na Serra da Canastra (MG), até Pirapora (MG), examinando também o trecho do rio das Velhas que vai de Sabará- MG até Guaicuí- MG (região vizinha a Pirapora-MG), analisando a possibilidade de ligar o Rio São Francisco ao Coração de Minas, optando substituir o alto do São Francisco pelo Rio das velhas. Teve o auxílio de dois engenheiros brasileiros, Eduardo José de Moraes e Ladislau de Souza Melo Neto. Publicou os resultados de sua pesquisa sobre o alto São Francisco e Rio das Velhas em 1865. Eduardo José de Moraes: Engenheiro, foi responsável pelo levantamento topográfico e Ladislau de Souza Melo Neto, formado em Botânica, atuou como desenhista.
Carlos Francisco João Krauss	Foi encarregado pelo Ministério da Agricultura, em 1868, para comandar novos estudos sobre o Rio São Francisco. Estudou a fração do rio localizada entre do porto de	Não encontrada.



	Piranhas (AL) e a cachoeira de Sobradinho (BA). Propôs a construção de uma Ferrovia contornando as cachoeiras de Paulo Afonso.	
William Milnor Roberts	Fez curso de desenho arquitetônico com o arquiteto John Haviland, na primeira escola estabelecida pelo Instituto Franklin. Mesmo depois de graduado em engenharia civil, manteve os estudos, principalmente na área de matemática. Deu início a vida profissional trabalhando no Canal da União da Pensilvânia no ano de 1825, e na construção de ferrovias em 1830. Roberts se destacou no ramo das construções ferroviárias.	Foi encarregado pelo Ministério da Agricultura, em 1868, para comandar novos estudos sobre o Rio São Francisco: estudar a fração do rio localizada entre do porto de Piranhas (AL) e a cachoeira de Sobradinho (BA). Propôs a construção de uma Ferrovia contornando as cachoeiras de Paulo Afonso. Foi engenheiro Chefe da CHI, que realizou novos estudos no Rio São Francisco em 1879. Levantou e juntou os dados já obtidos nas inspeções anteriores.
Orville Adalbert Derby	Geólogo formado em 1873, obteve o grau de Master of Sciences (Mestre da Ciência) em junho de 1874, na Universidade Cornell (localizada em Ithaca-Nova Iorque), o título de sua tese foi: On the Carboniferous Brachiopoda of Itaituba, Rio Tapajós, Prov. of Pará, Brazil, o que mostra sua relação com Brasil.	Orville Adalbert Derby foi designado pelo Governo, junto com a CHI, para realizar estudos geológicos no Vale do São Francisco, em 1879.



3.2. Engenheiros que participaram da Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco

Antônio Plácido Peixoto do Amarante	Graduou-se em 1877 pela Escola Central- RJ.	Foi o engenheiro chefe da CMRSF- Comissão de melhoramento do Rio São Francisco em 1883. Amarante era membro da CHI, comissão que estudou o rio anteriormente, logo, ele tinha ciência dos projetos da CHI para o rio. Peixoto foi contratado pessoalmente pelo Governo Imperial para avaliar a aplicabilidade do dinheiro disponível para investimento no rio. Ele era a melhor escolha do momento, já que conhecia o rio e sabia dos projetos propostos pela CHI.
Theodoro Fernandes Sampaio	Em 1872, Theodoro ingressou na Escola Central, cursando as disciplinas da área de Ciências Físicas e Matemáticas, o que o tornou apto a cursar engenharia civil. No ano de 1874, ele graduou-se em engenharia civil pela Escola Central. Em 1874, a Escola Central foi transformada em Escola Politécnica.	Em 1883, Theodoro foi nomeado primeiro engenheiro da CMRSF- Comissão de Melhoramentos do Rio São Francisco, convidado por Amarante que era chefe da comissão. Theodoro deixou essa função em 1886, para integrar a Comissão Geológica e Geográfica de São Paulo.
Augusto Ferreira Ramos	Formado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro (1882).	Participou da 1ª equipe da CMRS como condutor.
Evaristo Galvão Filho	Engenheiro.	Engenheiro auxiliar, promovido em 1884 a condutor (primeira



		nomeação). Foi o responsável pela construção de dois diques longitudinais na cachoeira da Criminoza (Ficou com a “direção” da construção dos diques em 18 de maio de 1883). Também substituiu o engenheiro João Félix na desobstrução da cachoeira de Poço Redondo.
Reginaldo Candido da Silva	Engenheiro.	Engenheiro auxiliar (transferido de outra obra).
Foligonio Magalhães de Souza	Não identificada.	Desenhista.
Moisés Deschamps de Montmorency	Não identificada.	Desenhista.
Dr ^o . João Félix Peixoto de Azevedo Sobrinho	Engenheiro.	Foi contratado para trabalhar na cachoeira de Poço Redondo na mesma data que Evaristo foi escolhido para a construção dos diques na Criminoza (10 de julho). Entretanto, Evaristo concluiu a construção dos diques e foi posto para trabalhar na cachoeira do Poço Redondo, deslocando João Félix para a cachoeira das Conchas.
Gabriel de Andrade Costa	Engenheiro	Mecânico.
José Joaquim Pinho Junior	Engenheiro.	É citado por Theodoro em seu relatório, como um engenheiro problemático, que estando alcoolizado, falava intempéries para os outros engenheiros.



Os engenheiros Themístocles Pompeu de Albuquerque Figueiredo, Brotero Frederico de Macedo Soares, João Emiliano Amarante e Antônio Julio de Gouvêa são citados nos relatórios como membros da Comissão de Melhoramentos, porém não encontramos informações relacionadas a que tipo de trabalho efetuaram, tão pouco onde se formaram. O engenheiro João Emiliano Amarante era filho do chefe da comissão Antônio Plácido Peixoto do Amarante. Outra informação sobre João Emiliano é que ele foi condutor no prolongamento da Estrada de Ferro da Bahia.

4. Recursos Gráficos dos utilizados nos mapas pela CMRSF

Na Europa, nos séculos XVI e XVII, a utilização de mapas foi impulsionada, nesse período surgiu a impressão, possibilitando a produção e distribuição mais rápida, favorecendo a troca de informações atualizadas. O aspecto comercial da confecção e a publicidade foram resultados de uma nova dinâmica para a produção e propagação, nesse mesmo período deu-se atenção para a precisão. Segundo Black (2005), o progresso assegurava que os dados cartográficos seriam precisos, tal qualidade era relevante devido às informações descritivas contidas neles, e “[...]isso era importante porque os mapas descreviam características físicas, especialmente montanhas e rios, como também cidades, estradas, batalhas e fronteiras” (BLACK, 2005 p.34)

No século XVIII, o hábito de fazer referências a mapas expandiu-se, o interesse político assegurava seu uso nas negociações territoriais, em delinear fronteiras e em momentos de guerras políticas. No século XIX, seu crescimento permaneceu impulsionado com as tecnologias, que favoreceu a expansão e reforçou a impressão, inclusive em cores. A confecção mecanizada do papel e a prensa topográfica permitiram a ampliação do público cartográfico. A educação em massa também permitiu o crescimento da história e geografia e contribuiu para uma demanda pedagógica dos mapas (BLACK, 2005), fazendo com que as editoras produzissem em escala maior. O imperialismo do século XIX, voltado para a territorialidade e controle dos espaços onde as descobertas refletiam a expansão e exploração, impulsionou a confecção de Atlas, que “[...]frequentemente terminavam com um mapa do mundo mostrando as possessões e dependências britânicas” (BLACK, 2005 p. 108), para reforçar o domínio e ostentar a grandeza do império. Os alemães, ainda século XIX, foram os maiores produtores de mapas e Atlas, caracterizados pelas riquezas de detalhes e fielmente executados. No princípio do século XX, a utilização da fotografia aérea substituiu as medições topográficas manuais. Com a utilização da câmera fotográfica, pode-se ter maior precisão e com menos tempo, além de possibilitar a exploração em regiões de difícil acesso. Comparando a fotografia aérea com o mapa, verifica-se que ambas têm vantagens em pontos distintos, não podendo uma prevalecer totalmente sobre a outra. Ao analisar essas diferenças podemos fundamentar os princípios da cartografia: mapas são desenhados em escala, são seletivos, destacam o que lhes parece importante, desenhados a partir de contenções e símbolos padronizados,



generalizam quando necessário para a representação, possuem títulos, inscrições ou denominações e legendas, são normalmente relacionado a um sistema de meridianos e paralelos. (RAISZ, 1996 p.89)

Segundo a Sociedade Brasileira de Cartografia, a definição formal de mapa aceita e difundida estabelece como uma “representação cartográfica plana dos fenômenos da sociedade e da natureza, observados em uma área suficientemente extensa para que a curvatura terrestre não seja desprezada e algum sistema de projeção tenha que ser adotado”, no intuito de “traduzir com fidelidade a forma e dimensões da área levantada”. (MENEZES, 2004, p.02) No seu planejamento, devemos a princípio considerar qual a sua função, qual interesse, qual área incluir, qual escala e sistema de projeção usar, que acidentes do terreno devemos destacar, qual técnica usar, que estilo, que inscrições, quanto tempo dispomos, esses e outros itens são fundamentais para um bom resultado no desenho. A forma de um mapa depende da área a ser representar e seu tamanho é limitado pelo tamanho do suporte de desenho. O esboço a lápis facilita a determinação do plano de trabalho dando a ideia de conjunto. Outro fator importante no mapa se refere a sua precisão e ao seu propósito, esses fatores darão credibilidade e funcionalidade ao mapa.

Os recursos gráficos dos mapas da CMRSF se definem em elementos estratégicos utilizados para simplificar a informação, ou seja, demonstrá-la de maneira mais clara. Se os engenheiros fossem explicar a quantidade de informações de um mapa pela escrita, demandaria muito tempo e ficaria muito cansativo o entendimento da informação. Portanto o recurso gráfico é muito importante em um mapa, pois o torna pequeno, de simples entendimento e rico em informações.

Os mapas daquela época eram um pouco diferentes do que temos hoje. Não era possível exibir centenas de detalhes em um só mapa, calcular rotas, dar zoom, etc. como fazemos atualmente com nossos mapas digitais. Os mapas eram desenhados a mão em papel, pintados com Carmim, limitados basicamente em três colorações: preto, vermelho carmim e azul. Mas, é importante lembrar que, dizer que os mapas não tinham o mesmo nível de detalhes dos que temos hoje, não significa dizer que os mapas daquela época eram pobres em informações. A questão é que naquela época, não se tinha a mesma tecnologia que temos hoje, como os satélites por exemplo, que nos dão imagens ao vivo de qualquer lugar do mundo. Observe esta planta da povoação de S^a Anna abaixo, o mapa foi desenhado como se o observador estivesse olhando toda a povoação numa vista superior. A imagem não mostra nome de rua, as referências da povoação dadas no mapa é apenas a Capella e o Cruzeiro. O mapa nos mostra aspectos do Brasil do século XIX, que apresentava uma população muito pequena se comparada a hoje (cerca de pouco mais de 17 milhões de habitantes, segundo o IBGE), conseqüentemente poucas casas e poucos pontos comerciais.



Figura 1: mapa da povoação de Santa Ana.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Afirmar que os mapas não tinham a mesma riqueza de detalhes dos que temos hoje, basta verificar a figura 2. É um mapa físico, de caráter técnico, feito especificamente para CMRSF. Nele é possível visualizar as características físicas da localidade como o relevo, a altitude, o rio, entre outros elementos.

Figura 2: mapa do Rio São Francisco



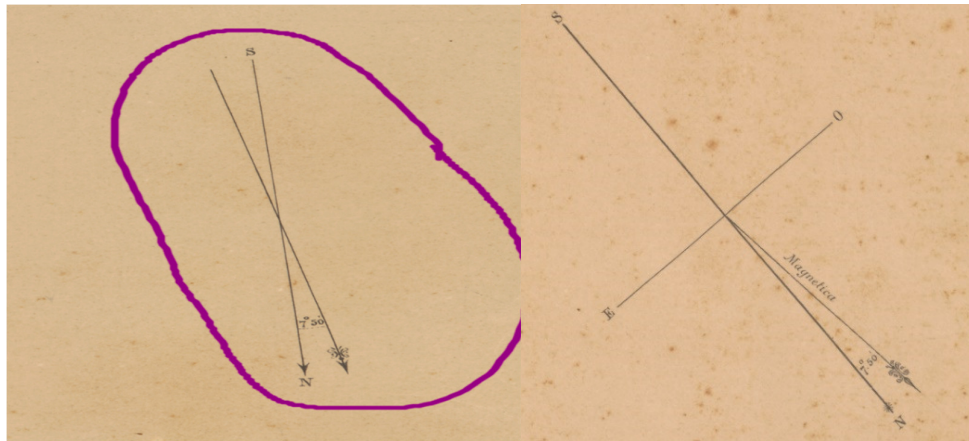
Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Destacamos alguns elementos empregados nos mapas, para dar uma noção melhor dos recursos gráficos utilizados na época.

Indicação do Norte Geográfico e Norte Magnético. Recurso utilizado para referência de localização



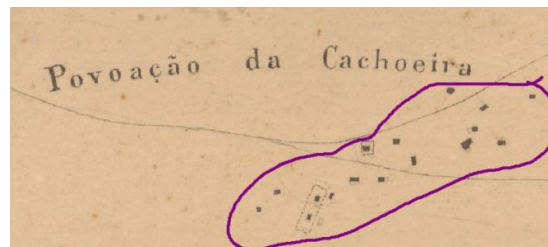
Figura 3: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Neste mapa, as casas das povoações eram indicadas por pequenos quadrinhos pintados de preto ou vermelho (carmin).

Figura 4: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Figura 5: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.



Os pequenos planaltos eram representados por uma área circundada, representando a parte plana, e linhas radiais representando a íngremidade da elevação. Essa representação era chamada de lagarta.

Figura 6: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Figura 7: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Estaqueamento de 30 em 30 metros ao longo do canal de sobradinho. Que serviu para localizar geograficamente qualquer ponto daquele trecho do rio.

Figura 8: detalhe do mapa do rio São Francisco.

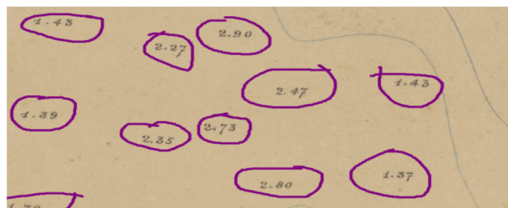


Fonte: Arquivo Nacional, 1888.



Outro recurso gráfico identificado nos mapas foram “números” espalhados em todas as partes do rio, identificando as profundidades de cada local.

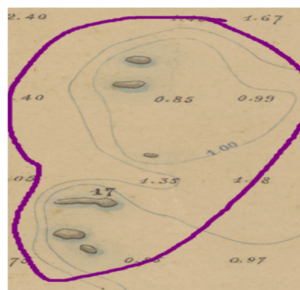
Figura 9: detalhe do mapa do rio São Francisco



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Nos mapas contém também as curvas de níveis, indicando o perfil/relevo do solo do rio.

Figura 10: detalhe do mapa do rio São Francisco



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Outro recurso que podemos identificar é hachuramento, com linhas de coloração vermelha, sobre os obstáculos. Estes traçados indicam os obstáculos no rio que serão removidos.

Figura 11: detalhe do mapa do rio São Francisco

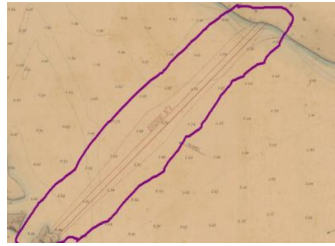


Fonte: Arquivo Nacional,1888.

Diques: seção longitudinal do dique e transversal do rio.

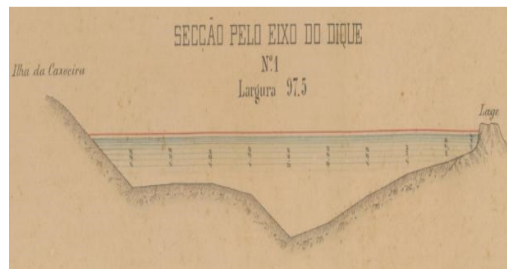


Figura 12: detalhe do mapa do rio São Francisco



Fonte: Arquivo Nacional,1888.

Figura13: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional,1888.

Ancoradouro: local onde as embarcações ancoravam.

Figura 14: detalhe do mapa do rio São Francisco



Fonte: Arquivo Nacional,1888.



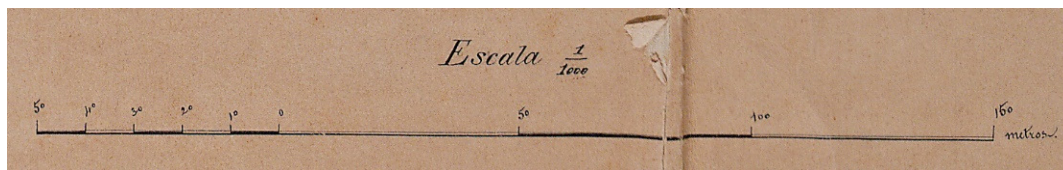
Figura 15: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

O elemento gráfico abaixo representa a escala do mapa.

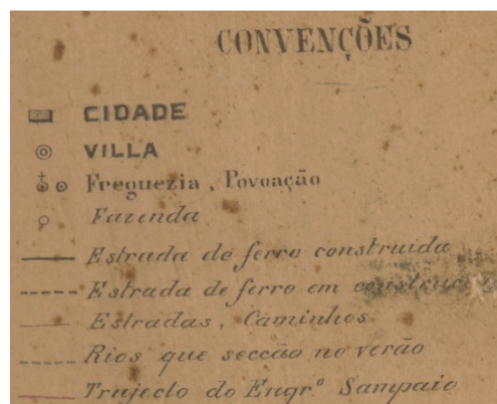
Figura 16: detalhe do mapa do rio São Francisco



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.

Os locais povoados eram representados com simbologias diferentes, distinguindo cidades, vilas, fazendas, povoações etc.

Figura 17: detalhe do mapa do rio São Francisco.



Fonte: Arquivo Nacional, 1888.



Pelo que percebemos, os mapas oferecem o entendimento sobre as condições da região na época, bem como indícios das obras do que se pretendia realizar. Com esse mapa também poderíamos viabilizar pesquisas que tratassem das modificações ocorridas pelo rio São Francisco depois de 1888, por exemplo, em virtude das construções de barragens.

As representações gráficas apresentam espectos referentes ao modo de utilizados para expressar conceitos e ideias como acentua Fulgêncio, e acrescenta que “O ambiente real criado pelo homem nada mais é que um conjunto de pensamentos materializados através da linguagem, implicando em mensuração e convenção” (FULGÊNCIO, 2015, p. 514). Sendo que o desenho se apresenta como esse tipo de linguagem gráfica. Representar graficamente nos documentos da CMRSF iam além da rigidez técnica, se preocupavam em agregar maior número de informações, compilando num mapa aspectos gerais dos locais.

Tais processos se apresentam fundamentais para visualização e compreensão do espaço (FULGÊNCIO, 2015), e se tratando dos elementos gráficos dos trabalhos da CMRSF, se caracterizavam por suas qualidades técnicas e pelas necessidade de organizar informações sobre questões que iam além do técnico, em elementos de ordem social registrando temporalidades dos momentos específicos dos locais.

Pode entender os elementos gráficos no viés de histórico no qual percebe-se elementos que nos remetem a estudos voltados para a evolução dos locais relacionados com os manuscritos percebendo as mudanças sociais, políticas e econômicas do Vale do São Francisco. Essas questões estão sendo ainda tratadas na pesquisa, mas que se apresentam significativas e inéditas no olhar sobre a população e sobre as mudanças físicas no Vale.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na fase de estudos, nota-se que os trabalhos eram liderados por engenheiros estrangeiros: Halfeld, era alemão; Emmanuel Liais, era francês. O líder da CHI, que realizou os últimos estudos antes da intervenção prática da CMRSF, William Milnor Roberts, era norte-americano. Trabalhar ao lado de engenheiros estrangeiros foi relevante para os engenheiros brasileiros, estes ganharam experiência, novos aprendizados, e reconhecimento.

Pelo fato de os mapas serem desenhados à mão, o que chama atenção é a riqueza de detalhes e traçados. Pela observação percebe-se que a cartografia brasileira estava em ascensão. Comissões eram criadas, documentos cartográficos do país eram produzidos, novas instituições para realizar trabalhos geográficos e geodésicos surgiam. Os recursos gráficos são frutos de todos estes avanços. Eles acompanham a tecnologia e evolução, sua atualização se dá de acordo com o desenvolvimento da cartografia em cada período.



A representação gráfica dos mapas também fornece subsídios para a história, para o qual se constituem de Atlas Históricos de onde podemos perceber processos históricos em interpretações e relações dos espaços, fornecendo elementos para acompanhar a evolução das épocas. O estudo dos mapas oferece uma abordagem para entendimento da história, contudo na maioria das vezes passam despercebidos, semelhante ao que acontece, salvo algumas exceções, com outras imagens, servido de meras ilustrações, “[...]sem aproveitar o seu valor enquanto expressão do momento histórico” (COSTA, 2005, p.02) ou simplesmente pensar “[...] que para fazer história bastavam apenas documentos escritos, aqueles que continham sem suas linhas e entrelinhas mensagens, vestígios do que outros homens fizeram, e, quando muito pensaram” (FREITAS, 200, p.01). Contudo, essa visão tem se alterado, os historiadores estão dispostos a incluir mais tipos de artefatos e outras produções humanas em seu campo de estudo (ALPERS, 1999). Nesse contexto, estudiosos estão considerando a estrutura dos mapas bem como sua base cognitiva.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPERS, Svetlana. A arte de descrever. São Paulo: USP, 1999.

ANRJ. Instruções para a execução das obras de melhoramento do Rio S. Francisco, a se refere a Portaria desta data. Rio de Janeiro: Typografia Nacional. 1884. 5F 564, maço nº. 142, Arquivo 16.

ANRJ. CMRSF 5F 564, maço 4 Relatório dos trabalhos executados pela Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco em 1893. ANRJ. CMRSF 5F 564. Relatório dos trabalhos executados pela Comissão de Melhoramento do Rio São Francisco em 1889.

AMARANTE, Antônio Plácido do. Exposição sobre o melhoramento da parte encachoeirada do rio S. Francisco, entre a cachoeira de Sobradinho e Jatobá – 428 quilômetros, março de 1883. Dissolve a comissão de melhoramento do rio S. Francisco. ANRJ. 4B 227, maço 53, processo sem número.

AZEVEDO SOBRINHO, João Felix de. Relatório dos trabalhos executados pela Comissão de melhoramento do rio São Francisco em 1891; ANRJ. 5F 564, maço 141. Relatório dos trabalhos executados pela Comissão de melhoramento do rio São Francisco em 1891. Arquivo nº. 2.

BLACK, Jeremy. Mapas e História: construindo imagens do passado. Bauro: Edusc, 2005.

COSTA, Ivoneide de França. Fontes Visuais: importância, análise e possibilidades. In: VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO E XVII. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO. Anais.... GRAPHICA. Recife: Fundação Antônio dos Santos Abranches (FASA), 2005.

COSTA, Ivoneide de França. Comissão Hidráulica do Império (1879-1880): profissionalização e técnica a serviço dos melhoramentos no século XIX. Tese



(Doutorado em História das Ciências e da Saúde) - Casa de Oswaldo Cruz, p.109–193, Fiocruz, Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, Ivoneide de França. O Rio São Francisco e a Chapada Diamantina nos desenhos de Theodoro Sampaio. Feira de Santana: UEFS Editora, 2016, 191p.

FULGÊNCIO, Vinícius Albuuquerque. VLAAMSE STAD: caracterização da urbanização holandesa no Recife a partir dos registros gráficos do séc. XVII. In: XI Seminário do programa de Pós-Graduação em Desenho, Cultura e Interatividade. Anais.... Traços do Desenho. Feira de Santana, Bahia, 2015.

FREITAS, Adriana Oliveira de. Imagens e História: fotografias e documentos icnográficos como fontes históricas. In: V Encontro Regional da Anpuh - ES. Anais Territórios e fronteiras: limites e deslocamentos. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

MENEZES, Paulo Marcio Leal de. Vamos falar de mapas?: In: Boletim da Sociedade de Cartografia. N. 53, 2004. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/boletim/Boletim53.pdf> Acesso em: 23 setembro 2019.

RAISZ, Erwin. Cartografia Geral. Rio de Janeiro: Científica, 1969.

ROBERTS, W. Milnor. Relatório da Comissão Hidráulica sobre o exame do Rio S. Francisco desde o mar até a cachoeira de Pirapora. Rio de Janeiro: Typografia Nacional, 1880, 73p.

SAMPAIO, Theodoro Fernandes. Lembrete de Diário. Instituto Geográfico de Histórico da Bahia. 1883-1884. TS10d1(manuscrito), sn.

SAMPAIO, Theodoro F. A Comissão de Melhoramento do Rio S. Francisco e eu. Instituto Geográfico de Histórico da Bahia, CX3d42, (manuscrito), sn.

Tecnologias de Visualização Espacial e Aplicabilidade no Ensino do Desenho Técnico: possibilidades de otimização do aprendizado nos cursos de design do produto

Spatial visualization technologies and applicability in the teaching of the technical drawing: possibilities for optimizing learning process in product design courses

Bárbara Arantes de Paula

Mestre em Design
Doutoranda em Design
Industrial, Hanyang
University, Coreia do Sul
parabarbara@gmail.com

Carlos Alberto Silva de Miranda

Doutor em Engenharia dos
Materiais
Universidade do Estado de
Minas Gerais
carlosasmiranda@gmail.com

RESUMO:

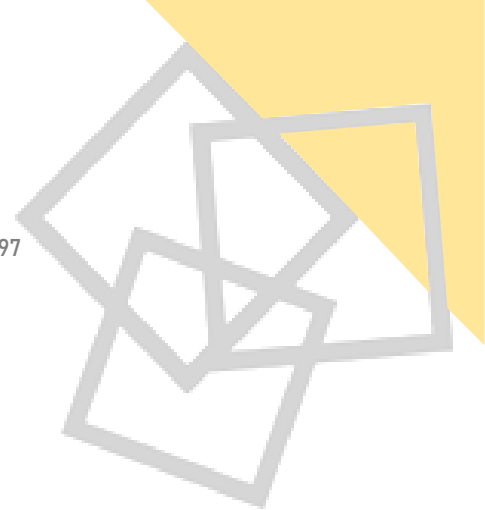
O desafio que se apresenta ao ensino de Desenho Técnico, é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e que exige profissionais altamente qualificados. O próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando, com a presença cada vez maior de componentes associadas às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas e interpretar de maneira dinâmica a realidade. As Instituições de Ensino no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas em seus planos de ensino e conteúdos programáticos, equacionar estes problemas e solucioná-los de maneira adequada, inserindo estes conteúdos gradativamente em suas grades. Neste trabalho, descrevemos a importância do desenho técnico para o profissional de design, descrevendo as aptidões e habilidades necessárias para o desenvolvimento desta atividade, que faz parte do processo projetual, bem como descrevemos sucintamente os principais processos de visualização aplicáveis. Estes disponibilizados a partir da oferta de tecnologia proveniente de diversos meios, dentre os quais, citamos os principais que vêm sendo investigados. Concluímos, ressaltando a importância do desenvolvimento de pesquisas que norteiem processos de seleção e avaliação da aplicabilidade destas novas tecnologias.

Palavras-chave: Design de produtos, desenho técnico, ensino, novas tecnologias de visualização tridimensional.

ABSTRACT:

The challenge facing the teaching of Technical Drawing, is a global setting that requires intensive use of science and technology and that requires highly qualified professionals. The concept of professional qualification has been changing with the increasing presence of components associated with the ability to coordinate information, interact with people and interpret dynamically reality. The education institutions in Brazil have sought through periodic reforms in their educational plans and program content, solve these problems and solve them properly, inserting these contents gradually in their grids. In this paper, we describe the importance of the technical design for the professional design, describing the skills and abilities necessary for the development of this activity, which is part of the design process, and briefly describe the main applicable process visualization. These available from the technology supply from various means, among which we mention the key that is being investigated. We conclude by emphasizing the importance of developing research to guide the selection process and evaluation of the application of these new technologies.

Keywords: Product design, technical drawing, teaching, new three-dimensional visualization technologies.





1. INTRODUÇÃO

O desenho é considerado, desde os primórdios da humanidade, como uma das formas mais eficazes de comunicação entre os seres humanos, além de ser um dos principais métodos de registro de pensamentos e ideias desde as civilizações mais primitivas. Atualmente se tornou possível, através dos registros encontrados em forma de desenho, reconstruir e compreender a história dos povos antigos quando nos apropriamos dos registros deixados por eles.

Existem inúmeras formas de registrar tecnicamente um objeto, haja visto que as habilidades de desenho evoluíram em conjunto com o modo de vida humano e os artefatos tecnológicos que nos cerca. Para registros técnicos de métodos de produção de modelos arquitetônicos ou peças mecânicas, as ferramentas do desenho técnico são o método responsável, mais comumente, a representar e padronizar de forma normativa o método de comunicação.

O desenho técnico, que também pode ser denominado de representação técnica ou detalhamento técnico, é um ramo especializado do desenho caracterizado por sua estrutural normalização e pela apropriação que faz dos conteúdos da geometria descritiva e analítica. Embora brevemente descrita, essa área de conhecimento exige complexos referenciais teóricos, além da habilidade de visualização espacial, para ser assimilada, uma vez que faz parte da grade curricular de diversos cursos superiores e técnicos nas áreas de design, arquitetura, engenharias e demais cursos diretamente relacionados à produção industrial.

Com a evolução da tecnologia, a disciplina de desenho técnico pôde contar com a intensa colaboração de softwares para suportar seu desenvolvimento, seja no próprio desenho ou na execução das tarefas relacionadas. Porém, independentemente de sua evolução, é consenso entre grande parte dos acadêmicos, a necessidade do aprendizado tradicional, que utiliza os materiais de desenho praticado à mão. Por mais que a utilização de softwares de desenho técnico traga mais rapidez à disciplina e o aproxime aos processos de produção modernos, em especial os automatizados, a necessidade de manipulação correta das ferramentas digitais necessita do aprendizado inicial do desenho que, quando aprendido à mão, é desenvolvido e fixado semelhantemente ao processo de alfabetização.

As disciplinas de desenho técnico são comumente conhecidas por seu denso conteúdo normativo, acompanhadas de um rigor técnico pleno, porém extremamente necessário à atividade. Este rigor, por ser normatizado, permite que esta ferramenta se posicione como eficiente mecanismo de comunicação, onde a linguagem é única e universal, extrapolando as fronteiras da linguagem falada e/ou escrita. Desta forma, as aulas desta disciplina, assim como os materiais didáticos referentes a ela, permanecem os mesmos, a pelo menos 30 anos. Este fato caracteriza a problemática, que reside no aspecto que os processos industriais, assim como a formação cognitiva e acadêmica dos alunos, mudaram de forma brusca, se modernizando ao longo dos tempos,



apresentando não só novos problemas, como novas facilidades e distintas necessidades no processo de aprendizagem. Disto surge a necessidade de se desenvolver pontes de conhecimento e aplicabilidade no cotidiano, afugentando aquela ideia de memorizar o que foi dito e repeti-lo assim que necessário, conforme reflete Sforzi (2004, p. 64):

“Apesar do percurso descrito (lógica formal) ser uma importante forma de conhecimento racional, é insuficiente para a interação plena do indivíduo com o conhecimento na época atual. O desenvolvimento científico e tecnológico, a especialização do saber e a complexidade da linguagem científica, marcada pela matematização e formalização do conhecimento, tornam a relação do homem com seu próprio meio social cada vez mais mediada por conceitos, códigos e signos que não são diretamente assimilados pela percepção ou raciocínio lineares. Ser sujeito da própria história é tarefa cada vez mais árdua às pessoas comuns que se sentem incapazes de interagir com a ciência – esse “mundo estranho” que não lhes pertence. Se a ciência estivesse sempre a serviço do homem, a preocupação com essa situação talvez não fosse tão importante;”

Isto posto, é percebido que adentramos um cenário acadêmico fluido, onde o professor não é mais o emanador de conhecimento, mas sim um articulador de ideias e condutor do desenvolvimento. Desta forma, essa experiência didática se apropriou de uma metodologia de design, o metaprojeto, que se esmera em atingir não somente o requisito central do progresso de uma atividade: se no design o requisito básico é o efetivo desenvolvimento de um produto ou serviço, no processo educacional o requisito é adquirir o conhecimento estrutural do assunto lecionado. Todavia, podemos dizer que as duas áreas foram drasticamente afetadas pelo processo de globalização e que seus demais requisitos, antes secundários, foram articulados e hoje fazem parte das expectativas elementares da atividade: se no design, a estética, a interface, a afetividade e a usabilidade são também conhecidos como fatores determinantes de qualidade (MORAES, 2010, p. 20), quando se trata do processo educacional e assimilação de conteúdo, saber todas as regras estabelecidas pela ABNT não é mais a principal finalidade da disciplina. No entanto, o aluno tem que se formar habilitado para ler e assimilar novas regras constantemente, dominando sua aplicabilidade, tal qual a necessidade de sua utilização, otimizando os métodos de produção, documentação e todos os aspectos produtivos aos quais se relaciona.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. A importância do desenho para o profissional de design

Em sua atuação profissional, o designer se utiliza do desenho como forma de comunicação, pela qual são exteriorizados os pensamentos e categorizados os problemas, sendo esta uma linguagem também de persuasão para comercializar aquilo que é ideia a um determinado cliente. Além de ser



um meio estruturalmente técnico para comunicar informações necessárias e precisas àqueles que fabricam, montam e comercializam um produto. Desenho é, então, uma ferramenta para a transmissão de informações em diversos estágios do desenvolvimento de um produto. Seja o desenho conceitual, que se encarrega de demonstrar as características principais da estruturação de um projeto; no desenho de apresentação, que especifica o aspecto final proposto, prestes à materialização do produto; ou no desenho técnico, método responsável por detalhar a complexidade das formas e estruturas tridimensionais dos artefatos, assim como os métodos de fabricação, materiais e possíveis processos, gerando a documentação oficial do projeto.

A principal incumbência desta disciplina se dá em habilitar os futuros bacharéis em design a ler, compreender e desenvolver detalhamentos técnicos de produtos de acordo com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em conformidade com a normatização mundial gerida pela Organização Internacional para Padronização (ISO). Desta forma, o aluno qualificado na disciplina é considerado hábil a se comunicar com os demais profissionais que também detenham conhecimento prévio desse método de comunicação, independente das áreas de atuação, propiciando o pleno desenvolvimento projetual em conjunto com os demais profissionais.

O ato de desenhar caracteriza um diálogo entre o designer e o papel, durante seu processo de criação. Uma vez que o profissional não detém a habilidade do desenho, ou a possui com debilidades, este estará limitado em seu processo de criação, visto que só consegue projetar aquilo que põe efetivamente no papel, explicitando os métodos, processos, raciocínios e toda a complexidade da forma que pretende desenvolver, decodificada em traços. As habilidades de desenho são comumente atreladas ao traço do profissional, mas também são frutos da biblioteca visual que este possui: quanto mais formas o designer reconhece e exercita, melhor consegue representá-las. Esta habilidade é conhecida por percepção visual, que se traduz pela capacidade de visualizar formas, imaginar e rotacionar artefatos mentalmente assim como, ao visualizar objetos planejados, ser capaz de montá-los em tridimensionalidade, ainda que mentalmente.

A aptidão do desenho por vezes é classificada como dom, uma espécie de talento divino, como uma forma de minimizar a habilidade de uns em detrimento de outros. É verdade que alguns indivíduos possuem mais condicionamento em aprender a representar formas, todavia esta perícia se faz presente na raça humana desde os primórdios da humanidade, tendo sido também um método de comunicação propriamente eficaz, nos conduzindo ao pressuposto que a maioria das pessoas possui a mesma habilidade, variando somente a quantidade de exercícios que cada um realiza em função de aprimorar este know-how. Desenhar deveria ser parte estrutural no processo educacional do indivíduo, complementar à formação integral dos cidadãos, não somente aos que desenvolvem tais funções profissionalmente, ampliando as capacidades de comunicação e expressão de cada ser.



2.2. Habilidades e visão espacial

Segundo Montenegro (2003), as habilidades são o resultado de múltiplas combinações de ideias, pensamentos, dados, conhecimentos prévios e tarefas que um indivíduo é capaz de fazer e das informações úteis que este indivíduo obteve a partir da aplicação de uma ou mais dessas habilidades. A habilidade ou inteligência espacial envolve pensar em imagens, bem como a capacidade de perceber, transformar e recriar diferentes aspectos do mundo visual e espacial. Indivíduos com alta habilidade espacial possuem sensibilidade apurada para identificar detalhes visuais, esboçam facilmente ideias de forma gráfica e facilmente se orientam no espaço tridimensional.

Esse contexto encontra-se aplicado em diversas áreas profissionais, que usam frequentemente as habilidades espaciais, podendo aqui se destacar os profissionais de design.

De acordo com Choi (2001), as habilidades espaciais podem ser descritas através de três categorias distintas: a rotação mental, a percepção espacial e a visualização espacial. A rotação mental é a habilidade de manipular, rotacionar, torcer ou inverter objetos tridimensionais de forma imaginativa, no momento da compreensão. O indivíduo com essa competência deve ser capaz de visualizar e rotacionar mentalmente os objetos em posições diferentes. A percepção espacial refere-se à habilidade de determinar relacionamentos espaciais a partir de informações visuais, o que coincide com o senso cinestésico apurado. A visualização espacial consiste na manipulação de problemas visuais complexos imaginando os movimentos relativos das partes internas de uma imagem, compondo assim a solução.

Em adição às categorias apresentadas por este autor, Maier (1994) apud Kaufmann & Schmastieg (2003) destaca ainda as relações espaciais e a orientação espacial. As relações espaciais se referem às relações que podem ser estabelecidas através de elementos dispostos no ambiente, podendo-se utilizar pontos de referência. Já a orientação espacial, se refere à habilidade de se orientar no espaço à medida que objetos ou eventos são apresentados (SHELTON & McNAMARA, 2001).

As disciplinas de Desenho Técnico têm como objetivo principal capacitar o aluno a se comunicar através de representações gráficas, mas constituem-se num valioso instrumento de trabalho para o desenvolvimento da visualização espacial (GITTLER & GLÜCK, 1998). Essas disciplinas são fundamentais no processo de formação dos profissionais de design, tendo em vista que parte fundamental do trabalho dos mesmos consiste na concepção de objetos através do desenvolvimento de projetos e planejamento de processos de produção. Para um melhor desempenho, sob este aspecto, é necessário que a capacidade de visualização espacial seja desenvolvida, habilidade esta nem sempre satisfatória em alguns alunos ingressantes (VELASCO & KAWANO, 2002).

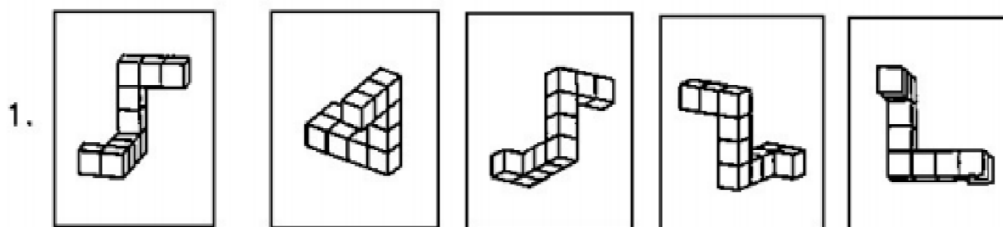
Diversos testes podem ser empregados para avaliar o nível de habilidade de visualização espacial de um indivíduo (SEABRA, 2004; GORSKA



& JUSCAKOVA, 2003; RIZZO, et al., 2000; TSUTSUMI, 1999; ASCHER, 2000; GUAY, 1977; LEHMANN, 2000; QUAISER-POHL, 2003; SHEPARD & METZLER, 1971; VANDENBERG & KUSE, 1978; STRONG & SMITH, 2001).

O MRT – Mental Rotation Test, ou teste de rotação mental, (ASCHER, 2000; LEHMANN, 2000; SHEPARD & METZLER, 1971; VANDENBERG & KUSE, 1978) foi desenvolvido para determinar-se o tempo necessário que um indivíduo necessita para reconhecer se duas figuras são iguais ou não. O objetivo é encontrar entre as alternativas, as duas que representem a figura de referência. Sua medida é correlacionada com a habilidade de rotação mental (CAISSIE; VIGNEAU & BORS, 2009). A Figura 1 mostra um exemplo dentre as 20 questões do MRT:

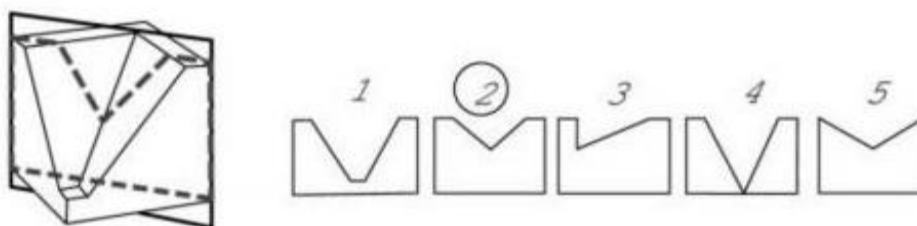
Figura 1: Exemplo de questão do MRT – Mental Rotation Test.



Fonte: CAISSIE; VIGNEAU & BORS (2009)

O MCT – Mental Cutting Test, ou teste de corte mental, possui 25 questões, onde cada uma apresenta uma perspectiva de um objeto sendo cortado por um plano. O objetivo é assinalar, dentre as cinco opções apresentadas, a que corresponde à forma do perímetro da seção resultante do corte do objeto pelo plano dado. A Figura 2 ilustra um exemplo de questão do MCT (TSUTSUMI, 2004; VELASCO & KAWANO, 2002):

Figura 2: Exemplo de questão de MCT.

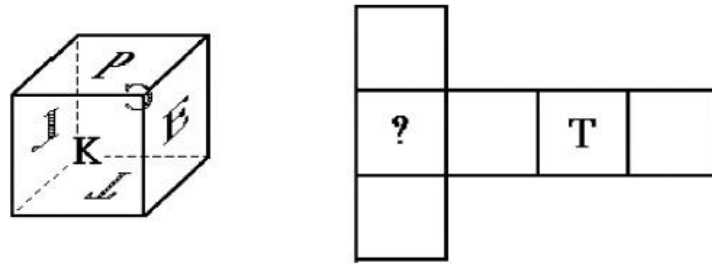


Fonte: TSUTSUMI (2004).

O TVZ – Teste de visualização (Test de Visualización) possui 32 questões envolvendo o desdobramento de um cubo. O objetivo é identificar qual letra e em qual posição ela aparece na face solicitada do cubo desdobrado. A Figura 3 mostra um exemplo de questão do TVZ (VELASCO & KAWANO, 2002):



Figura 3: Exemplo de questão do TVZ.



Fonte: ADÁNEZ & VELASCO (2002).

O VR – MRT apresentado por Rizzo, et al. (2000), consiste na aplicação do teste MRT – Mental Rotation Test em um ambiente virtual tridimensional estereoscópico.

O MCT – Schnitte, apresentado por Quaiser-Pohl (2003), é um teste que não pode ser resolvido olhando-se para as figuras apresentadas, dependendo exclusivamente da imagem mental.

O SMCT (TSUTSUMI, 1999), consiste na aplicação do teste MCT – Mental Cutting Test, porém apresentando sólidos em ambiente estereoscópico.

2.3. Novas tecnologias aplicadas no ensino do desenho técnico

As novas Tecnologias de Informação e Comunicação vêm se tornando cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas e mais presentes ainda nas escolas e universidades. Os sistemas computacionais também estão presentes em grande parte dos estabelecimentos. Neste cenário, o planejamento da educação não poderia ser diferente. Além dos computadores interligados em rede e com acesso à internet, disponibilizando recursos para um número infinito de possibilidades de pesquisa e também com sistemas que atendem determinadas situações e disciplinas específicas. (BERGAMASCHIA & SILVEIRA, 2012). As múltiplas oportunidades de pesquisa em visualização espacial emergiram em consequência das novas tecnologias. A visualização estereoscópica, por exemplo, talvez possa auxiliar o processo de ensino-aprendizagem facilitando a visualização e compreensão de situações espaciais complexas e, por conseguinte, apoiando o desenvolvimento da cognição espacial do estudante, especialmente daqueles com menor habilidade (SEABRA & SANTOS, 2004).

A grande evolução da informática e da eletrônica trazem a oportunidade de empregar novos recursos tecnológicos para o ensino/aprendizagem de disciplinas na área gráfica. Com o advento de novas tecnologias (como por exemplo os óculos de realidade virtual que fazem uso de celulares do tipo smartphone, onde as imagens são projetadas com focos distintos entre os dois olhos, gerando uma imagem tridimensionalizada – Figura 4), pode-se agora utilizar com mais facilidade e sucesso, técnicas estereoscópicas, realidade virtual, ou mesmo realidade aumentada



(augmented reality) no aprendizado de Geometria e Desenho Técnico. A finalidade básica de seu uso é sempre o de facilitar a visualização espacial.

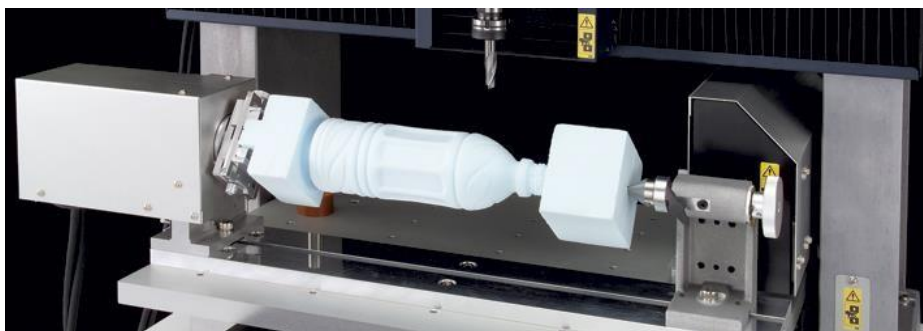
Figura 4: Óculos Google Cardboard RV – em papelão ondulado, aplicado em projeções estereoscópicas, fazendo-se uso de celulares do tipo smartphone.



Fonte: Google Imagens.

A prototipagem rápida é uma tecnologia que permite a geração de protótipos automaticamente a partir de modelos 3D desenvolvidos em CAD. Os processos de fabricação rápida de protótipos de peças são bastante variados, classificando-se em subtrativos, aditivos e compressivos. Os mais comuns são os processos subtrativos, onde um bloco de material é esculpido para gerar a forma projetada. Atualmente existem no mercado equipamentos CNC (Comando Numérico Computadorizado) bastante pequenos e de custo reduzido, que permitem o uso de técnicas de prototipagem rápida no ensino de Desenho Técnico (Figura 05).

Figura 5: Exemplo de máquina de prototipagem rápida por subtração, com tecnologia CNC.



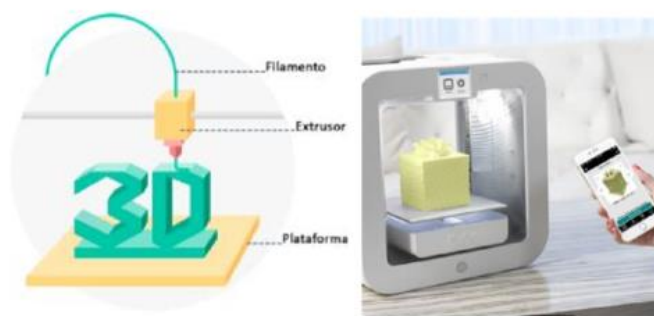
Fonte: Roland (www.rolanddga.com)

Os processos compressivos comprimem um material semi-sólido ou líquido até a forma desejada. Os mais modernos são os processos aditivos tais como os fotopolímeros (resina líquida solidificada por luz com comprimentos específicos). Ou o mais utilizado atualmente, por sua acessibilidade e baixo custo de instalação: o processo de prototipagem 3D. O processo Fused



Deposition Modeling (FDM) ou “Deposição de Material Fundido” é o processo atualmente mais acessível em termos de custos de equipamento e de matériaprima, no qual um determinado material em estado plástico, é seletivamente depositado em camadas, em uma plataforma através de um bico extrusor, conforme Figura 6, a partir de um modelo paramétrico que pode ser desenvolvido até mesmo a partir de um aplicativo de celular. Para completar cada camada, este bico vai depositando o material em todo o contorno da seção e, depois de terminado, passa a preencher o conteúdo do contorno, geralmente em movimentos de vai e vem. Depois que a primeira camada é terminada, o bico sobe alguns décimos de milímetro e inicia a fabricação da segunda camada, e assim vai fazendo sucessivamente até que a peça esteja completa.

Figura 6: Esquema ilustrativo da impressão 3D através do processo FDM e impressora 3D.



Fonte: Adaptado de THRE3D (2014)

A utilidade de tais equipamentos como apoio ao ensino de Desenho pode se dar tanto através do uso dos modelos físicos facilmente gerados por eles como também através da atividade de programação de tais máquinas pelos próprios alunos. O uso de modelos físicos pode ocorrer nos primeiros contatos do aluno com o desenho, pois dispensa totalmente a visualização espacial, sendo a maneira mais intuitiva de representação de uma forma tridimensional. Neste processo, dois sentidos (visão e tato) estão envolvidos, facilitando a compreensão da forma. Em seguida, na prática de esboço, a manipulação do modelo físico também é interessante pois facilita a memorização das formas e porque permite a orientação do objeto em inúmeras posições, enriquecendo o exercício (MAFALDA & KAWANO, 1999). Os modelos físicos ainda podem ser úteis na aquisição do conceito de formação das vistas ortográficas pela projeção na "caixa de vidro". As várias vistas ortográficas podem ainda ser rapidamente visualizadas aproximadamente através das várias faces do objeto. Por fim, na axonometria ortogonal, as várias perspectivas podem ser ensaiadas pelo aluno alterando a posição do modelo em suas mãos. Ou mesmo a aplicação de ambos: o modelo físico, em madeira, isopor, resina (obtidos, por exemplo, através da prototipagem subtrativa, em máquinas CNC), ou mesmo impressos em prototipagem 3D, aliados à projeção tridimensional de modelos paramétricos executados em sistemas CAD

Portanto, as diferentes manifestações dos softwares, desde os sistemas CAD introduzidos nos anos 1980 e 1990, passando pelos programas



de Geometria Dinâmica, até as mais novas aplicações na Internet, são todas oportunidades para modernizar o ensino gráfico, incrementar o aprendizado e motivar o estudante. As novas tecnologias incorporadas no hardware e no software modernos abrem inúmeras possibilidades para o ensino de Desenho e Geometria.

Por fim, a motivação despertada nos alunos pelo uso destes interessantes equipamentos também não deve ser desprezada, já que normalmente se tratam de estudantes dos períodos iniciais dos cursos de Design, os quais tradicionalmente apresentam elevadas taxas de evasão. As disciplinas de Desenho Técnico apresentam uma forte ligação, pela habilidade inicial exigida, com o fator aptidão. Porém, isso pode ser contornado, ou amenizado, com a aplicação dessas tecnologias.

2.4. Aplicações preliminares

A constante e insaciável evolução dos processos tecnológicos permeia hoje todas as instâncias da vida quotidiana, para tanto, o modo de projetar através de desenhos como linguagem de representação sistematizada, que iniciaram a partir do século XV e XVI (MARTINEZ, 1990, p. 13) também não pararam de evoluir desde então.

Disseminado o conhecimento relativo à Geometria Descritiva de Gaspar Monge e do estabelecimento das normas técnicas, a evolução da tecnologia construtivas permitiu que a criação e desenvolvimento de projetos fossem feitos com o auxílio de sistemas computadorizados e técnicas prototipagem rápida, ampliando seu acesso e acelerando a produção de tais. No Brasil, a aplicação dessas técnicas ainda é prematura e isso se deve a dois grandes fatores: econômico e social. O econômico está relacionado aos altos custos dos equipamentos e insumos necessários, em sua maioria importados dos Estados Unidos, Europa e China, embora recentemente algumas empresas nacionais tenham começado a investir no desenvolvimento e produção de maquinário para fabricação digital. Existe ainda uma grande limitação social ao emprego das técnicas de fabricação digital na área de arquitetura e construção no Brasil, pela escassez de mão de obra especializada no setor. (PUPO, 2008)

Com todas essas dificuldades, podemos dizer que o Brasil caminha, porém a passos lentos, para a plena utilização de ferramentas de prototipagem rápida dedicadas ao ensino, mas estes casos são mais comumente vistos em cursos de medicina ou engenharia, escolas que normalmente contam com maior investimento acadêmico. Equipamentos inacessíveis e a falta de estrutura que possibilite acesso às tecnologias necessárias nas escolas são fatores que obrigam a continuação do ensino tradicional e engessado de desenho técnico nas escolas brasileiras, ocasionando a constante falta de qualificação profissional e alimentando o ciclicamente a demanda de profissionais qualificados para evolução do setor no país.



Visando desenvolver objetos didáticos que suportem o ensino e aprendizagem de desenho técnico e verificar os obstáculos enfrentados por alunos na hora de assimilar a disciplina, Côrtes, Benatti, Paula (2017) apresentam o processo primitivo do desenvolvimento e aplicação destas ferramentas e aplicação simples com corpo discente.

Conforme dados da pesquisa, muitos alunos iniciaram a graduação em design sem conhecimentos prévios acerca de geometria e/ou perspectiva, dificultando o aprendizado tardio da disciplina de representação técnica, que exige plena percepção visual do espaço e, o uso dos programas de desenhos auxiliados por computador, sem que haja o exercício do aprendizado à mão, pode comprometer os resultados do processo de aprendizagem, visto que a ferramenta CAD é apenas um artifício utilizado para otimizar o fazer em projetos. A percepção visual do espaço é estruturalmente afetada quando não há conhecimento elementar sobre o desenho técnico.

Para suprimir ou minimizar tais deficiências, foram desenvolvidas peças em impressão 3D e corte a laser para testes em sala de aula (Figura 7).

Figura 7: Detalhamento técnico e impressão 3D de material didático.



Fonte: Côrtes, Benatti, Paula (2017)

Foi percebido que os três objetos didáticos teriam uma aplicação viável para o professor no ensino do desenho técnico, por serem de fácil apresentação e manuseio, além de reafirmar a dificuldade de alunos em fazer a transposição da peça tridimensional para o desenho bidimensional. Esses objetos melhoram a compreensão dos conceitos básicos da disciplina, diminuindo os obstáculos enfrentados pelos estudantes em relação às perspectivas, cortes, vistas ortográficas e seções das peças.

Como o aprendizado do desenho técnico é indispensável aos estudantes que desejam ter uma carreira como engenheiro, arquiteto e designer, por exemplo, e muitos alunos ingressam às universidades desprovidos do conhecimento básico da disciplina. Esta proposta poderá resultar em maior profundidade e amplitude nos estudos deste assunto, em um curto espaço de tempo, além dos baixos custos, tornando real, vantajosa e viável a possibilidade de utilização da tecnologia de prototipagem rápida como auxílio no ensino do desenho técnico.

Posteriormente à aplicação destes três objetos nas salas de aulas de desenho técnico e a observação dos efeitos do uso destes protótipos tanto positivos quanto negativos, outra solução que passível de realização é apresentar os protótipos desenvolvidos também com realidade aumentada, a



ser acessada com códigos bidimensionais que possibilitam projetar objetos virtuais em uma filmagem do mundo real, proporcionando informações mais detalhadas e precisas para melhor compreensão do objeto.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio que se apresenta ao ensino de Desenho Técnico, é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e que exige profissionais altamente qualificados. O próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando, com a presença cada vez maior de componentes associadas às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas e interpretar de maneira dinâmica a realidade. As Instituições de Ensino no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas em seus planos de ensino e conteúdos programáticos, equacionar estes problemas e solucioná-los de maneira adequada, inserindo estes conteúdos gradativamente em suas grades.

Faz-se necessário, portanto, que se proponham novas estratégias de ensino em Desenho Técnico, com a utilização de recursos computacionais, inserindo nas práticas didáticas a possibilidade de visualização dos objetos em três dimensões, através da apropriação e do uso dessas novas tecnologias de representação.

Através da visualização dos objetos de geometria espacial em 3D, o aluno terá em tese, uma maior percepção do objeto, auxiliando então os procedimentos de ensino e aprendizado do desenho técnico. A busca de soluções que trazem ao profissional de design a melhoria das suas condições de trabalho, bem como de aprendizado, na otimização dos recursos didáticos empregados no ensino de suas disciplinas básicas, aqui destacando as disciplinas de representação técnica.

A origem das tentativas de aplicação de tecnologias de computação gráfica, realidade virtual e Internet nas disciplinas de desenho técnico, remonta ao início dos anos 1990, conforme já falado. Nessa época, pesquisas identificaram e caracterizaram as dificuldades de visualização dos alunos quando confrontados com objetos reais por um lado e, por outro, com as suas representações em projeções ortogonais (PRATINI & FALEIRO, 2001). Passada uma experiência bem-sucedida de ensino com aplicação de modelagem tridimensional, estes autores desenvolveram uma tentativa de ensino com auxílio de programas CAD. Nesta, verificaram que os alunos se envolviam mais com o programa computacional e com os seus comandos do que com a visualização dos objetos desenhados ou com a técnica, as normas e a prática do Desenho Técnico. Portanto, o emprego dessas novas tecnologias merece atenção e estudos, de forma a se promover o seu uso e aplicação de forma eficiente, na otimização do ensino e aprendizagem. É mister o desenredo de pesquisas que norteiem processos de seleção e avaliação da aplicabilidade destas novas tecnologias, que são de domínio e familiaridade por parte da geração de discentes com os quais temos nos deparado, em sala de aula.



4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁNEZ, Gerardo Prieto; VELASCO, Angela Dias. Construção de um teste de visualização a partir da psicologia cognitiva. *Avaliação Psicológica*, v. 1, n. 1, p. 39-47, 2002.

ASCHER, E. A. Mental Rotations in Artists and Non-Artists. In: *Journal of the Sciences*, 2000.

CAISSIE, André F.; VIGNEAU, François; BORS, Douglas A. What does the Mental Rotation Test measure? An analysis of item difficulty and item characteristics. *Open Psychology Journal*, v. 2, n. 1, p. 94-102, 2009.

CHOI, J. Sex Differences in Spatial Abilities in Humans: Two Levels of Explanation. In: VOKEY, J. R.; ALLEN, S. W. *Psychological Sketches*, Department of Psychology and Neuroscience, University of Lethbridge, 5^a ed., 2001.

CÔRTEZ, L. M.; BENATTI, L. P.; PAULA, B. A., TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM APLICADAS AO ENSINO: O PROCESSO DO DESIGN NO SUPORTE À APRENDIZAGEM, CINAHPA | 2017 – Congresso Internacional de Ambientes Hiperfídia para Aprendizagem, Blucher Design Proceedings, Volume 3, 2017, Pages 222-233, ISSN 2318-6968,
<http://dx.doi.org/10.1016/16ergodesign-0025>

GITTLER, G. & GLÜCK, J. Differential Transfer of Learning: Effects of Instruction in Descriptive Geometry on Spatial Test Performance. In: *Journal of Geometry and Graphics*, v. 2, n° 1, pp. 71-84, 1998.

GORSKA, R. A. & JUSCAKOVA, Z. A Pilot Study of a New Testing Method for Spatial Abilities Evaluation. In: *Journal for Geometry and Graphics*, v. 7, n° 2, pp. 237-246, 2003.

GUAY, R. B. *Purdue Spatial Visualization Test: Rotations*. West Lafayette: Purdue Research Foundation, 1977.

KAUFMANN, H & SCHMALSTIEG, D. Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality. In: *Computers & Graphics*, v. 27, pp. 339- 345, 2003.

LEHMANN, W. *Group Differences in Mental Rotation*. Institut für Psychologie, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2000.

MAFALDA, R.; KAWANO, A. Aplicações de Comando Numérico na Disciplina Desenho para Engenharia. *Boletim Técnico PCC/EPUSP*, 2000.

MAIER, P. H. *Räumliches Vorstellungsvermögen*. Lang, Frankfurt a.M., Berlim, Bern, New York, Paris, Wien 1994.

MARTÍNEZ, Alfonso. *Ensayo sobre el proyecto*. Buenos Aires: Editorial CP67, 1990.

MONTENEGRO, G. *Habilidades Espaciais: exercícios para o despertar de idéias*. Santa Maria: sCHDs, 2003.



- MORAES, D. Metaprojeto: o design do design. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.
- BERGAMASCHIA, M. & SILVEIRA, I. F. O uso de Realidade Aumentada como apoio ao ensino de Desenho Técnico para o curso de Engenharia: um Estudo de Caso. LACLO 2012 - Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje. Vol 3, No 1, Guayaquil Ecuador, 8-12 de octubre, 2012.
- PRATINI, E. & FALEIRO, J. Uma nova metodologia de apoio à visualização no ensino de desenho técnico e geometria descritiva. Libro de Ponencias del 5to Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital SIGRADI-2001. Experiências pedagógicas, p.201-203. Ediciones Universidad del Bío-Bío, 2001, 500 pp.
- PUPPO, Regiane Trevisan. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. Campinas: UNICAMP, 2008.
- QUAISER-POHL, C. The Mental Cutting Test “Schnitte” and The Picture Rotation Test – Two New Measures to Assess Spatial Ability. In: International Journal of Testing, v. 3, nº 3, pp.219-231, 2003.
- RIZZO, A. A. et al. Virtual Reality Applications for the Assessment and Rehabilitation of Attention and Visuospatial Cognitive Processes: an update. In: Proceedings of the third international conference on disability, virtual reality and associated technologies, Alghero, Italy, pp. 197-207, 2000.
- SANTOS, E. T. Novas tecnologias no ensino de desenho e geometria. Anais do I Encontro Regional do Vale do Paraíba de Profissionais do Ensino da Área de Expressão Gráfica, p. 71-81, out. 2000, Lorena, SP.
- SEABRA, R. D & SANTOS, E. T. Proposta de desenvolvimento da habilidade de visualização espacial através de sistemas estereoscópicos. Actas del EGRAFIA - 4º Congreso Nacional y 1ro. Internacional Rosario, Argentina – 6 a 8 de octubre de 2004.
- SFORNI, M. S. F. Aprendizagem Conceitual e Organização do Ensino: Contribuições da Teoria da Atividade. Araraquara: JM Editora, 2004.
- SHELTON, A. L.; McNAMARA, T. P. Systems of Spatial Referente in Human Memory. In: Cognitive Psychology, v. 43, pp. 274-310, 2001.
- SHEPARD, R. N. & METZLER, J. M. Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. In: Science, v. 171, nº 3972, pp. 701-703, 1971.
- SILVEIRA, I. F. & ARAÚJO JR., C. F. Tecnologia da Informação e Educação: Pesquisas e Aplicações. São Paulo: Andross, 2006.
- STRONG, S. & SMITH, R. Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics. In: Journal of Industrial Technology, v. 18, nº 1, 2001.
- THRE3D - 3D Printing, Simplified., 2014. Disponível em:<<https://thre3d.com>>. Acessado em 04/05/2016.
- TSUTSUMI, E. A. Mental Cutting Test on Female Students Using a Stereographic System. In: Journal for Geometry and Graphics, v. 3, nº 1, pp. 111-119, 1999.



TSUTSUMI, Emiko. A Mental Cutting Test using drawings of intersections. Journal for Geometry and Graphics, v. 8, n. 1, p. 117-126, 2004.

VANDENBERG, S. G. & KUSE, A. R. Mental Rotations, a Group Test of ThreeDimensional Spatial Visualization. In: Perceptual and Motors Skills, v. 47, pp.599- 604, 1978.

VELASCO, A. D. & KAWANO, A. Avaliação da Aptidão Espacial em Estudantes de Engenharia como Instrumento de Diagnóstico do Desempenho em Desenho Técnico. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.