

ESTUDO COMPARATIVO DE TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE MAQUETES FÍSICAS¹

*Luciana Nemer²
Philippe Cantreva³*

Resumo: A presente pesquisa analisa a técnica tradicional e as novas tecnologias para a produção de maquetes. Na construção de uma avaliação comparativa, foram utilizados critérios aplicados a três modelos elaborados a partir do projeto do Cais das Artes e do Ginásio do Clube Atlético Paulistano, ambos de autoria do arquiteto Paulo Mendes da Rocha. O trabalho apresenta o que existe de mais moderno em representação tridimensional, se apoiando em três Instituições de porte, que deram subsídio à realização das experimentações e, ao mesmo tempo, utiliza os autores clássicos Consalez, Knoll e Mills como fontes de embasamento. Critérios práticos como a estimativa do tempo para execução, o material empregado, o custo do mesmo, a acessibilidade ao equipamento / instrumento e a aprendizagem da técnica são estudados durante o processo. As comparações facilitam o estudante e o profissional na decisão de qual método utilizar, se baseando nos critérios e nos resultados finais.

Palavras-chave: arquitetura, laser, maquete, técnica, 3D.

Abstract: The present research analyzes the traditional technique and the new technologies for the production of models. In the construction of a comparative evaluation, criteria applied to three models elaborated from the project of Cais das Artes and Ginásio do Clube Paulistano were used, both by architect Paulo Mendes da Rocha. The work presents the most modern in three-dimensional representation based on three large Institutions that gave support to the experimentation and at the same time uses classic authors: Consalez, Knoll and Mills as sources of support. Practical criteria such as the estimated time for execution, the material used, the cost of the same, accessibility to the equipment / instrument and the learning of the technique are studied during the process. The comparisons facilitate the student and the professional in deciding which method to use based on the criteria and the final results.

Keywords: architecture, laser, model, technical, 3D.

¹ Versão expandida de artigo selecionado nos Anais do Graphica 2019.

² Departamento de Arquitetura e Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense. luciananemerdiniz@gmail.com

³ Graduando em Arquitetura e Urbanismo, Univ. Federal Fluminense. pcantreva@id.uff.br

1 Introdução

A função da maquete no desenvolvimento de um projeto arquitetônico é muito importante, sendo tão relevante quanto os primeiros desenhos e as plantas técnicas de um objeto de arquitetura. A maquete é o meio mais fácil, no sentido de ser simples e descomplicado, e rápido para a plena compreensão da proposta do que se deseja realizar. Não obstante, é importante distinguir cada tipologia de maquete e qual sua relevância para as etapas projetuais, uma vez que o uso inadequado da modelagem pode resultar na perda de tempo projetual e gastos desnecessários.

Estudos bibliográficos classificam as maquetes em função das etapas do projeto arquitetônico estabelecendo uma sequência cronológica e lógica que reflete o amadurecimento de uma proposta e permite a intervenção do autor durante o processo de concepção e desenvolvimento. Rocha, citando o processo de criação, descreve um primeiro momento quando se faz necessária a validação do impulso criativo; segundo o arquiteto, “é nessa hora que recorrem à representação através de modelos em madeira ou digitais” (ROCHA, 2007, p. 11).

Nas maquetes conceituais não se faz necessário o uso máquinas ou ferramentas especiais, mas sim de materiais que permitam facilidade e rapidez de execução, no entanto, quando se atinge a etapa seguinte – das maquetes de trabalho – surge a necessidade de permitir o intercâmbio de partes para que alguns traços possam ser mais elaborados posteriormente. Esta premissa exige maior definição do modelo e, portanto, cortes mais precisos.

As maquetes executivas ou de apresentação, última etapa no que se refere ao nível de representação tridimensional - equivalendo ao projeto executivo arquitetônico devem indicar as cores, os materiais e as técnicas construtivas exemplificando a futura construção com excelente nível de fidelidade, logo, as peças precisam estar em perfeita união, o que é consequência de cortes e colagens exatas. Neste nível de representação, quando produzidas em impressoras 3D, demandam um arquivo digital preciso com relação à forma arquitetônica e organizado para evitar distorções de escala, e garantir uma boa qualidade de impressão.

Tendo praticamente perfil artístico e escultórico, uma boa maquete é capaz não apenas de valorizar o objeto arquitetônico, mas de abrir possibilidades que um estudo realizado em duas dimensões não permitiria abordar com tanta facilidade. Também o caráter lúdico da construção do modelo garante de opções a mente do arquiteto e facilita a comunicação com o cliente. Para Santos (2011, p.57), “a palavra lúdico significa brincar. Neste brincar estão incluídos os jogos, os brinquedos e as

brincadeiras, e é relativo também à conduta daquele que joga, que brinca e que se diverte”. A maquete torna-se, então, instrumento eficaz de jogo, de troca de ideias em busca da solução ideal de projeto.

A experiência do manuseio prático de ferramentas e programas gráficos é altamente importante no meio em que o arquiteto trabalha e, possuir essa afinidade permite ao estudante e ao profissional uma dinâmica de tridimensionalização de um croqui. A capacitação na elaboração de maquetes deve ser valorizada no meio acadêmico de maneira a formar profissionais que utilizem os materiais (papel, cartão, madeira e plástico) de maneira consciente, otimizando os cortes, minimizando o retrabalho e as perdas de peças. Esta foi a inquietação motivadora do desenvolvimento da pesquisa.

2 Revendo e Inovando

Buscando fundamentação para a análise comparativa entre a técnica tradicional de produção de maquetes (corte manual) e as novas tecnologias (corte a laser e impressão 3D), autores como Criss B. Mills, Lorenzo Consalez, Wolfgang Knoll e Martin Hechinger foram estudados para compreender o processo de execução da maquete e suas mais variadas possibilidades de produção. A técnica de execução da maquete reflete no dia a dia do arquiteto e, conseqüentemente, no mercado de trabalho.

“Os esboços e maquetes de conceito revelam como é um escritório de arquitetura no qual formas e relações formais são criadas e analisadas e onde os próprios instrumentos de criação e análise são também verificados e desenvolvidos: desenhos e modelos” (KNOLL E HECHINGER, 2001, p. 7).

Paulo Mendes da Rocha evidenciou a relevância do processo de desenvolvimento do projeto em concomitância a maquetes de fácil execução, as de papel, sendo consideradas pelo mesmo como um croqui tridimensional. “É a maquete como instrumento de desenho. Em vez de você desenhar, você faz maquete [...] é um instrumento que faz parte do processo de trabalho; são pequenos modelos simples. Não é para ninguém ver” (ROCHA, 2007, p.22).

Igualmente, Mills (2007) estuda o mesmo eixo temático trabalhado pelos outros autores, entretanto, se aprofunda mais na diversidade de material e os instrumentos adequados aos mesmos, desde as pequenas ferramentas até maquinário de marcenaria. A abundância de referências e análises realizadas por Chris Mills auxiliará na compreensão sobre o uso das maquetes, tanto virtuais quanto físicas, em grandes

escritórios de arquitetura pelo mundo e bem como no tipo de modelo utilizado para cada fase, revelando assim a transição do estilete para o mouse.

Por um lado, o abandono completo das maquetes físicas foi reconhecido como uma limitação do ponto de vista das percepções visuais. Por outro, a capacidade de manipular as formas e gerar informações de desenho a partir de programas digitais, especialmente no caso de formas curvilíneas, tem resultado na adoção dos métodos de produção de maquetes digitais”. (MILLS, 2007, p. 187)

A obra de Consalez aborda a tecnologia do corte com instrumentos considerando a compatibilidade entre os mesmos e os materiais. Para o autor, “materiais finos e técnicas requintadas são necessários para a apresentação a um empreendedor” (CONSALEZ, 2001, p. 14).

O corte a laser, apesar de ser uma tecnologia de ponta para trabalhos com maquetes, possui uma aprendizagem prática simples, cujas instruções da própria máquina oferecem suporte. De acordo com Pássaro os materiais mais adequados, a calibragem, os programas aceitos pelo equipamento e a orientação na utilização da máquina (feita por monitores e professores) garantem o bom resultado (PÁSSARO, 2019).

Segundo Jacobs (1991, p.1), “a utilização do computador como uma ferramenta de modelagem eletrônica, explorando formas e sistemas gráficos e geométricos proporcionou mais liberdade e velocidade na exploração de formas” e, atualmente, atribuiu agilidade à construção de modelos pelo uso de cortadoras a laser e impressoras 3D. Também a tecnologia tem se colocado a serviço do processo criativo, atribuindo valor à criação, especificamente pela inovação experimental. Arquitetos, como Greg Lynn, corroboram que a natureza da tecnologia é explorada na prática de uma maneira pela qual essa modifica a percepção da arquitetura e reinventa as coisas.

O interesse de Lynn em áreas como arquitetura, design, tecnologia, ciência humana e filosofia fez com que sua prática fosse percebida como um espaço interconectado no qual todos esses campos convergem usando a percepção da tecnologia para os projetos de design. (LYNN, 2020, p.1)

3 Construção de Maquetes de Projetos de Paulo Mendes da Rocha

Após a leitura das referências bibliográficas verificou-se a importância da construção de maquetes que servissem como modelo comparativo entre as técnicas tradicionais (a instrumentos de desenho como esquadros, ferramentas manuais como o Mini Arco

de Serra e máquinas como a serra Tico Tico) e as novas tecnologias (técnica do laser e impressão 3D).

A seleção dos modelos arquitetônicos contemplou critérios relevantes: obras conhecidas internacionalmente, arquiteto que valorizasse a maquete no processo criativo, projetos que tivessem a maquete física como referência e abundância de cortes de diversas dimensões. Baseado nestes chegou-se a dois projetos de Paulo Mendes da Rocha: o Cais das Artes e o Ginásio do Clube Atlético Paulistano. Ambos (mote das explorações em maquetes desta pesquisa) carregam uma série de parâmetros que o arquiteto leva em sua obra: integração com a paisagem, liberdade estrutural e sua integração com a forma arquitetônica e a funcionalidade dos espaços, adequados à escala humana.

No universo da produção do arquiteto Paulo Mendes da Rocha está o domínio da topografia e a integração do homem com a natureza. Segundo sua visão, a arquitetura deve se dedicar à consolidação do lugar, e o contraste entre o construído e o natural potencializa as virtudes locais. No presente texto os locais dos projetos abordados serão respectivamente Vitória, sua cidade natal e São Paulo, onde se estabeleceu profissionalmente.

O arquiteto é reconhecido internacionalmente, acumulando uma série de premiações pelo mundo, como o Prêmio Mies Van der Rohe Award, em 1999; Pritzker, em 2006; o Leão de Ouro, na Bienal de Veneza; o Prêmio Imperial do Japão e RIBA (Royal Institute of British Architects), em 2016 e Gold Medal, a Medalha de Mérito Cultural – Portugal, em 2017.

Um aspecto importante na condução do processo projetual do arquiteto é o uso da maquete como croqui, auxiliando nas decisões. “É a maquete como croqui, a maquete feita em solidão! Não é para ser mostrar a ninguém. A maquete que você fez como ensaio daquilo que está imaginando na materialização do que é imaginado” (ROCHA, 2007, p.22).

3.1 Cais das Artes: Modelo Arquitetônico para Análise de Cortes

Ao explicar o projeto do Cais das Artes para a mostra que aconteceu em 2011, no Centro George Pompidou em Paris, o arquiteto fez uso de uma maquete de apresentação (Figura 1) sugerindo à entrevistadora que direcionasse o seu olhar para o nível do observador que navega pela baía de Vitória, para experimentar a paisagem que se terá após a construção do complexo (Figura 2).

Dono de um estilo singular, com obras regidas por um gosto pela materialidade e monumentalidade, seus trabalhos são exemplos da aplicação contemporânea da estética brutalista, a qual soube oferecer originalidades plásticas pelas quais se destaca. Confere-se, assim, a beleza formal nas obras de Mendes da Rocha, frutos de uma rica imaginação, sensibilidade espacial e de um profundo processo de análise das possibilidades de materialidade de suas ideias, vivenciado desde a concepção pela execução de maquetes.

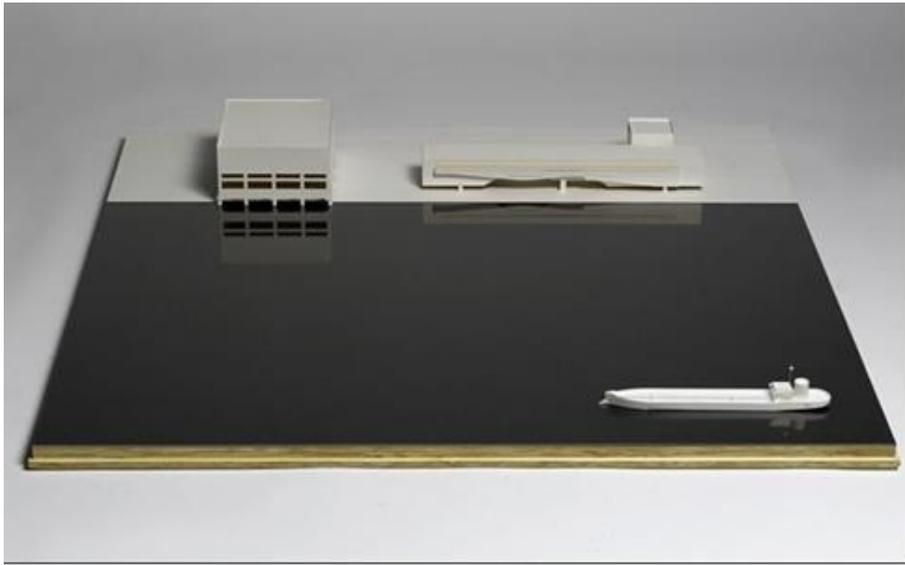


Figura 1 – Maquete Cais das Artes. Fonte: <http://vitruvius.com.br>, 2019

Trabalhar com a maquete física num projeto contemporâneo valoriza a linguagem tridimensional, o contato com o modelo do objeto projetado e a experiência lúdica que as maquetes digitais não proporcionam. Segundo Diniz e Marins, “o ensino de confecção de maquetes físicas é importante no sentido de enriquecer a experiência de aprendizagem dos estudantes” (DINIZ e MARINS, 2018, p. 1).

Os cortes realizados para a maquete do Cais das Artes conferem a precisão necessária para a qualidade da leitura das arestas e vértices que enfatizam a linearidade da forma, os materiais de construção e os aspectos projetuais. Tais aspectos, relacionados a um elaborado léxico construtivo, garantem as qualidades da obra do arquiteto, conforme explica Solot: “[...] o uso dos materiais em estado bruto aliado às soluções elementares de iluminação e ventilação e às técnicas de transformação do solo natural, exhibe uma força primitiva que confere, à obra, um caráter tectônico de simplicidade intimista” (SOLOT, 2013, p. 10). O modelo apresentado (Figura 2) expõe a linguagem brutalista e contemporânea do arquiteto.

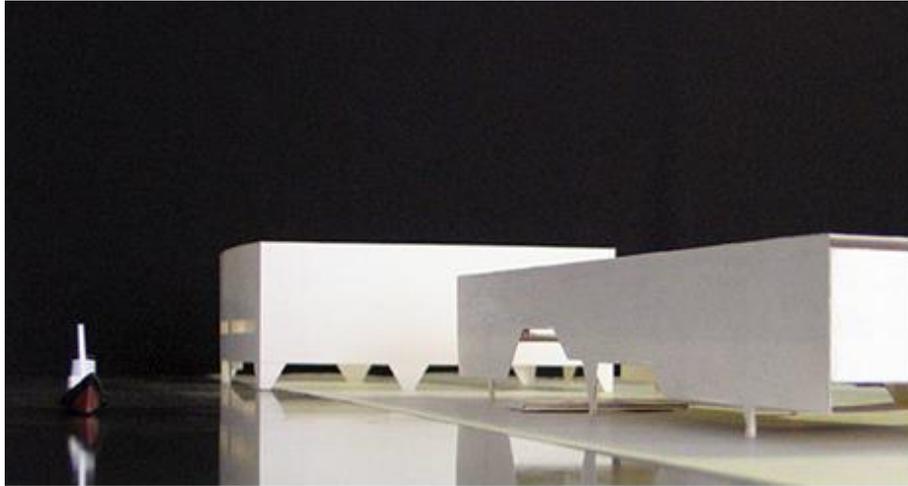


Figura 2 – Maquete Cais das Artes – nível d'água. Fonte: Metro Arquitetos, 2019

Reproduzir uma maquete existente foi o caminho encontrado pelos autores do presente artigo para valorizar a maquete física, mas também comparar as técnicas atuais para confecção das mesmas. Por outro ângulo, elaborá-las auxiliou de sobremaneira o entendimento do projeto. Embora a autora tenha visitado a obra em três momentos (2013, 2014 e 2017), ao construir a maquete o autor se deparou com dúvidas que remetem a soluções construtivas que foram alteradas do projeto para a obra e para as quais as fotos das visitas em muito auxiliaram. Ainda assim, vale ressaltar que nem sempre a melhor solução construtiva da obra pode ser repetida na construção da maquete. Elaborar um modelo físico, independente da técnica, permite entender o projeto.

3.1.1 Construção da Maquete pela Técnica Tradicional

A técnica tradicionalmente conhecida para a produção de maquete, o corte manual, mostrou-se rápida e de fácil análise processual. Este resultado em muito se deve ao fato de ser a técnica ensinada, desenvolvida e aprendida na EAU (Escola de Arquitetura e Urbanismo) da UFF (Universidade Federal Fluminense).

Assim como será abordado posteriormente, os critérios utilizados para a análise comparativa entre os métodos de produção foram: tempo para a execução, material empregado, custo do material, acessibilidade ao instrumento/equipamento, aprendizagem da técnica e a utilização no ensino e no ambiente profissional.

O Cais das Artes é um projeto finalizado de um edifício em construção onde, durante a obra, estão sendo realizados ajustes, sendo assim, a interpretação inicial demandou cerca de quatro horas em função desta particularidade, mas também por

ser tratar de objeto arquitetônico cuja temática (museu, teatro e praça) apresenta soluções plásticas sofisticadas, sobre as quais se necessitou de um olhar atento.

Conforme Mills, “a possibilidade de continuar servindo como ferramenta de aperfeiçoamento, mesmo depois da obra já executada, ressalta a utilidade da maquete como instrumento de estudo dinâmico” (MILLS, 2007, p. 129). Ressente-se o fato da inexistência de uma maquete do conjunto no escritório da obra.

Os dois modelos, objetos de estudo deste artigo, foram realizados no Rio de Janeiro e a obra localiza-se em Vitória, logo, o projeto e as imagens foram os elementos norteadores para os desenhos das peças que comporiam o modelo. Com as plantas e cortes em mãos, foram empregadas quatro horas nesta etapa. É importante destacar que por carência de informações e medidas do anteprojeto, alguns detalhes precisaram ser ignorados e outros foram pressupostos para a construção do modelo em si.

O tempo total de execução da maquete pela técnica tradicional, do entendimento do projeto até a finalização da maquete, foi de 24 horas, devido ao fato de ser uma maquete de trabalho. Acrescenta-se a informação que os autores se propuseram a repetir a maquete das Figuras 1 e 2, a divulgada por Paulo Mendes da Rocha e pela Metro Arquitetos, e, esta se encontra no nível de classificação: maquete de trabalho.

Para Knoll e Hechinger, “as maquetes de trabalho são modificáveis, porém, muitas vezes elas já refletem o estado final. Nelas são retrabalhados problemas de detalhes, sendo possível utilizá-las como maquetes de execução, elaborando-as um pouco mais” (KNOLL E HECHINGER, 2001, p. 20). As maquetes de execução estão um nível acima das de trabalho, tendo em vista o aumento do detalhamento. “As maquetes que não limitam sua descrição às características volumétricas do projeto, são aquelas que vulgarmente são utilizadas para o modelismo ferroviário ou as maquetes encomendadas pelas agências imobiliárias” (CONSALEZ, 2001, p. 6). De acordo com o autor, “a tradição moderna na arquitetura indica a construção da maquete com a utilização de um único material, monocromática e volumétrica” (CONSALEZ, 2001, p. 6). Desta forma, o nível de elaboração da maquete do Cais das Artes está adequado à proposta de comunicação do projeto.

Este nível de maquete é nomeado por Mills como maquete de desenvolvimento e, ao descrevê-la, o autor afirma que “decisões iniciais já foram tomadas, e que se encontra em condução um segundo ou terceiro tipo de análise” (MILLS, 2007, p. 27). Como é possível observar na maquete de divulgação do projeto, os tratamentos das paredes e dos vãos não são especificados. Ainda assim, não é possível afirmar que já

não os tinham sido na ocasião da construção da maquete, foi opção tendo em vista que o projeto estava concluído.

O nível maquete de execução, nomeado: maquetes de execução por Knoll e Hechinger (2001), é apresentado no livro de Mills (2007) como maquete de apresentação ou maquete com acabamento.

Os termos maquete de apresentação ou maquete com acabamento são usados alternadamente para descrever maquetes que representam um projeto finalizado e que são elaboradas com cuidados especiais. São usadas para confirmar decisões de projeto e comunicar com os clientes que talvez não consigam entender bem estudos menos elaborados. (MILLS, 2007, p. 27)

Em função da definição do nível, seguiu-se para a etapa posterior, o projeto da maquete. Nesta fase, a compra do material necessário para a elaboração foi definida em função da escala e dos instrumentos, ferramentas e máquinas que se tinha a disposição. Para o primeiro modelo, técnica tradicional, selecionou-se o Papel Paraná de 2 mm de espessura pela sua trabalhabilidade; foram consideradas também as limitações e vantagens no processo com o uso deste material. Apesar de ser elaborada na escala adequada para a dimensão do edifício (1:500), algumas aberturas não foram executadas na maquete por fragilizar o material.

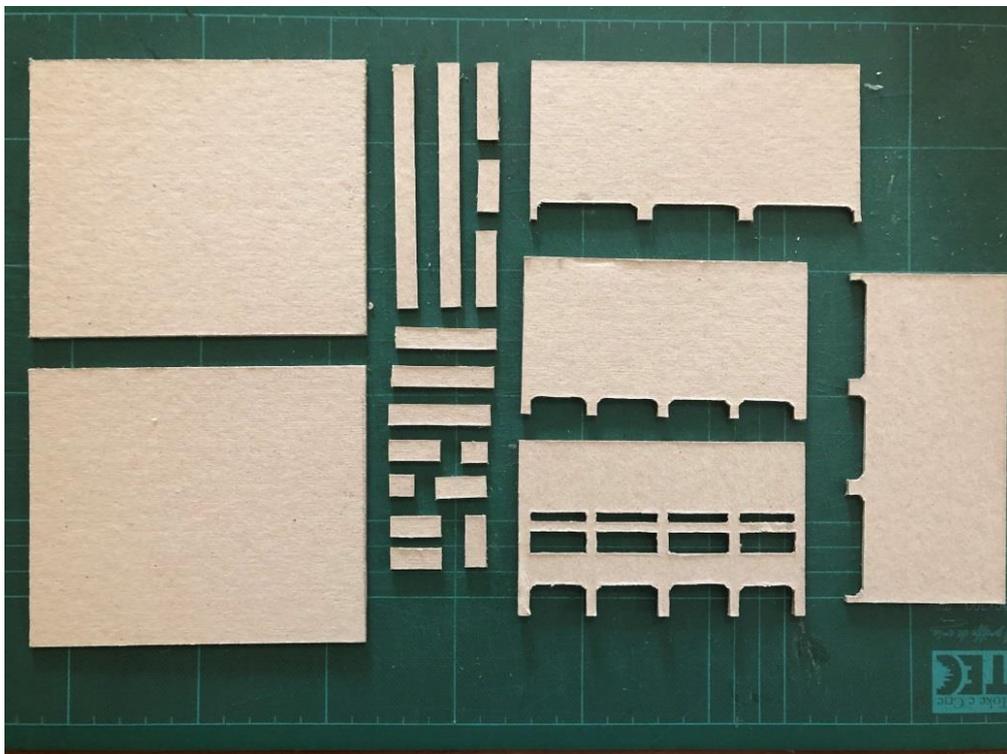


Figura 3 – Maquete Cais das Artes – corte – técnica tradicional. Fonte: CANTREVA, 2019

A decisão se pautou numa possível má execução por parte da ferramenta e na escala inapropriada para a dimensão do detalhe. O instrumento utilizado estava adequadamente afiado e, portanto, não “desfiou” o Papel Paraná e nem causou rasgos na peça cortada (Figura 3). Estes problemas fazem ser necessária a reelaboração de uma maquete.

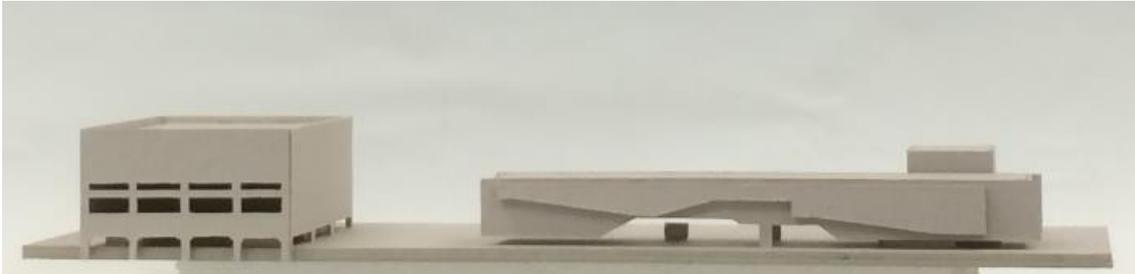


Figura 4 – Maquete Cais das Artes – técnica tradicional. Fonte: CANTREVA, 2019

O material e a ferramenta adequada proporcionaram uma rápida construção, liberdade quanto à angulação do corte, moldagem prática e reparabilidade simples. Outro fator que contribuiu, este já planejado quando da escolha do modelo, foi o de se tratar de uma arquitetura contemporânea de linhas retas, proporcionando a simplificação da elaboração (corte e montagem) da maquete (Figura 4).

Para a montagem, a cola de silicone se fez eficaz pelo seu fácil manuseio enquanto fria e sua resistência pós-secagem. Este material proporciona uma maquete firme e limpa. Como os instrumentos e ferramentas (prancha de corte, régua metálica, tesoura, estilete, esquadros e escalímetro) já pertenciam ao autor, o custo da produção foi baixo.

3.1.2 Construção da Maquete pela Técnica do Corte a Laser

A compreensão do projeto e dimensionamento das peças independe da técnica para o corte e montagem da maquete.



Figura 5 – Cortadora a Laser. Fonte: LAMO – FAU - UFRJ, 2019

O tempo para a realização dos cortes das peças é muito mais rápido tendo em vista a velocidade da máquina. Na área de fabricação digital, temos à disposição duas cortadoras Universal Laser System VLS6. 60 (60 w 813x457x229mm) e duas impressoras 3D delta. O uso é mediado por monitores capacitados, a partir de agendamento prévio (LAMO, 2019).

Devido à dimensão da máquina, foram utilizadas duas placas de MDF, na medida de 45 x 80 centímetros. O software utilizado para o desenho vetorizado foi o AutoCAD (computer aided design), e para a diagramação das peças o Illustrator. A Figura 6 é o *print* da tela do arquivo do AutoCAD.

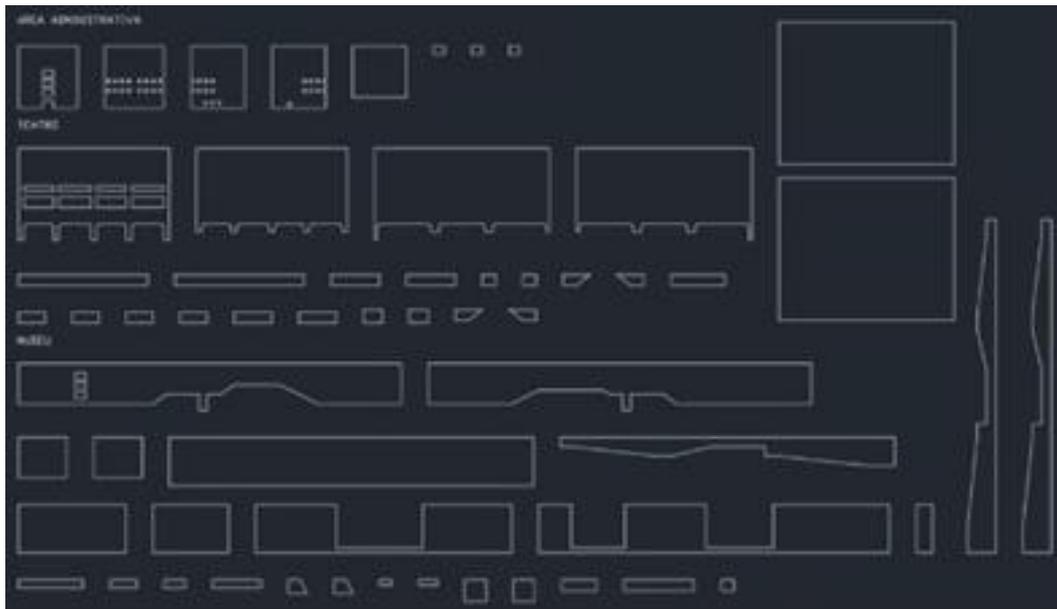


Figura 6 – Arquivo Cais das Artes. Dwg. Fonte: CANTREVA, 2019

O software que acompanha a cortadora define, através de cores, a finalidade do laser: azul para cortar, vermelho para vincar e preto para gravar (raster). A configuração é um procedimento de execução simples.

A facilidade em compreender o funcionamento na cortadora, a praticidade da diagramação das peças e a agilidade dos cortes são pontos fortes do processo da produção de maquetes pela técnica do corte a laser. Conforme Pacini, de Paula e Lucena, “a máquina Versa Laser da Universal Laser Systems realiza o corte dos seguintes materiais: Papel Paraná e MDF até 3 mm, acrílico até 5 mm, Papel Duplex, Papel Triplex, Papel Craft, Papel Cartão, Papel Microondulado, Papelão, Folha de Madeira e Madeira Balsa” (PACINI, DE PAULA e LUCENA, 2018, p. 6).

As possibilidades de corte, vincos e marcas oferecidas elevam a modelagem a um nível superior da produção manual, pela precisão e riqueza dos detalhes no modelo.

Comparada à técnica anterior, a execução das peças nessa etapa foi muito mais precisa e ágil.

Seguindo a linha de execução da maquete anterior, a união das peças foi realizada com cola, e o resultado pode ser observado na Figura 7. Vale ressaltar que devido à rigidez do material, havia a possibilidade de encaixes como em um quebra-cabeça, tendo resultado uma maquete ainda mais “limpa”, no entanto, os autores mantiveram a técnica da colagem como na maquete anterior.

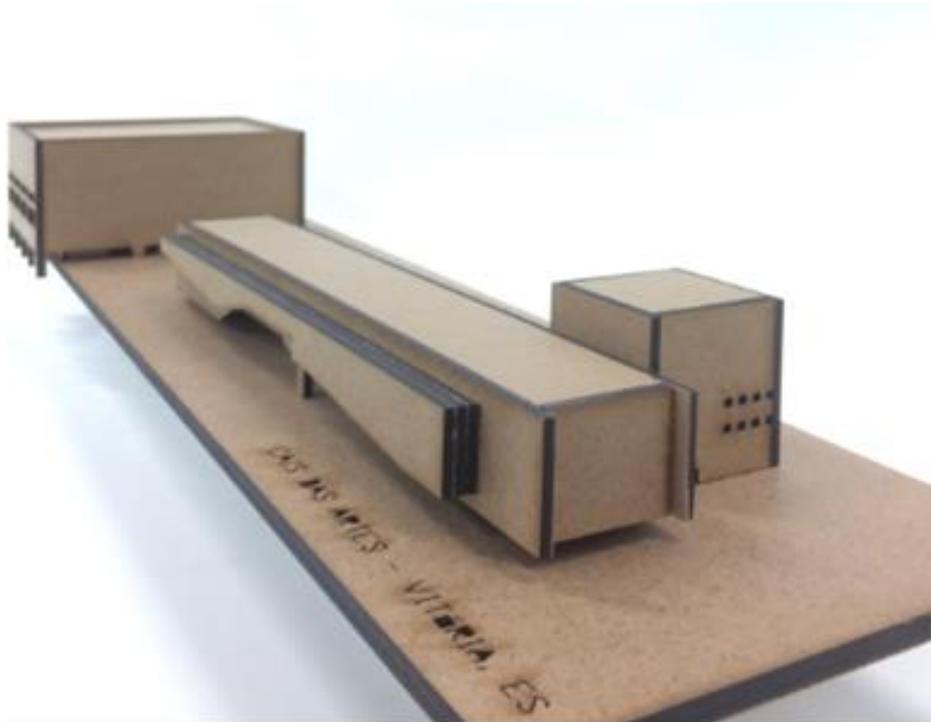


Figura 7 – Maquete Cais das Artes – técnica do corte a laser. Fonte: CANTREVA, 2019

A tabela 1 apresenta os critérios e especifica, em cada tipo de corte, a avaliação dada pelo autor que elaborou ambas as maquetes.

Tabela 1 – Corte Manual X Corte a Laser

Crítérios	Corte Manual	Corte a Laser
Tempo para execução	24 horas	6 horas
Material empregado	Papel Paraná	Madeira MDF
Custo do material	R\$ 25,00	R\$ 40,00
Acessibilidade ao instrumento/equipamento	Fácil	Moderada
Aprendizagem da técnica	Fácil	Fácil
Utilização no ensino e no ambiente profissional	Viável	Viável

Fonte: dos autores, 2019.

Considerando que o tempo para execução, a especificação e o custo do material empregado já foram abordados, debruça-se a análise sobre a aprendizagem da técnica do corte à Laser, esta é rápida uma vez que o próprio manual dá suporte à utilização da mesma. A presença de monitores treinados e professores, no ambiente de ensino, também se faz fundamental para facilitar a aprendizagem, reduzir erros e evitar acidentes, logo, a experiência do manuseio da cortadora é fator relevante no bom desempenho da utilização da mesma.

A acessibilidade ao equipamento foi considerada moderada em função de ainda não ter sido entregue à EAU a cortadora a laser especificada. Para a realização do presente trabalho contou-se com a colaboração do LAMO (Laboratório de Modelos e Fabricação Digital) da FAU (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo) da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Neste laboratório, a demanda é maior que a capacidade instalada, logo, segundo Pacini, de Paula e Lucena, “a laser está disponível para a comunidade acadêmica da FAU via agendamento online, porém, na semana anterior às bancas intermediárias e finais (exceto os horários de pesquisa e capacitação) são de uso preferencial de TFG2 (Trabalho Final de Graduação 2)” (PACINI, DE PAULA e LUCENA, 2018, p. 4).

3.2 Ginásio do Clube Paulistano: Modelo Arquitetônico para Impressão 3D

O primórdio contato da líder do grupo de Pesquisa Análise e Representação da Forma com a impressão 3D ocorreu no Graphica 2009, em Bauru, quando no curso *Técnicas de Fabricação Digital e Prototipagem* foi realizada pela primeira vez, por esta pesquisadora, uma maquete utilizando a impressora 3D (gesso). A partir de um arquivo dwg, enviado por e-mail, produzido no software Auto CAD (*computer aided design*), a peça – maquete do MAC (Museu de Arte Contemporânea) - do arquiteto Oscar Niemeyer foi impressa no LaFormA - Laboratório de Estudos da Forma Arquitetônica, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas), coordenado pela professora Ana Lúcia Nogueira de Camargo Harris.

Dez anos depois, após a experiência de produção da maquete do Cais das Artes, no item anterior relatada, buscamos uma obra de Paulo Mendes da Rocha, arquiteto que viemos pesquisando desde 2013, com características geométricas espaciais e tectônicas singulares que nos instigasse a novos desafios, por esta razão a escolha do Ginásio do Clube Atlético Paulistano. Em paralelo, a EAU firmou convênio com a

FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro), de apoio tecnológico, sendo assim, na sede da mesma, onde são promovidos debates, pesquisas, estudos e projetos, estão instaladas cortadoras e impressoras 3D para fins de treinamento, objetivando o desenvolvimento de empresas fluminenses. Desta forma, materializa-se a importância da tecnologia e sua viabilidade, objetivando a economia industrial.

A pesquisa, então, se encaminhou para a exploração geométrica da forma através da utilização do difundido 3Ds Max da AutoDesk em combinação com a impressão gerada pela *Cliever*, baseada no modelo configurado no próprio software da impressora, *Cliever Studio*.

A primeira imagem da obra de Mendes da Rocha que surgiu para os autores foi o croqui a seguir (Figura 8), em seguida fotografias e diversas peças gráficas do projeto (plantas, cortes e fachadas).

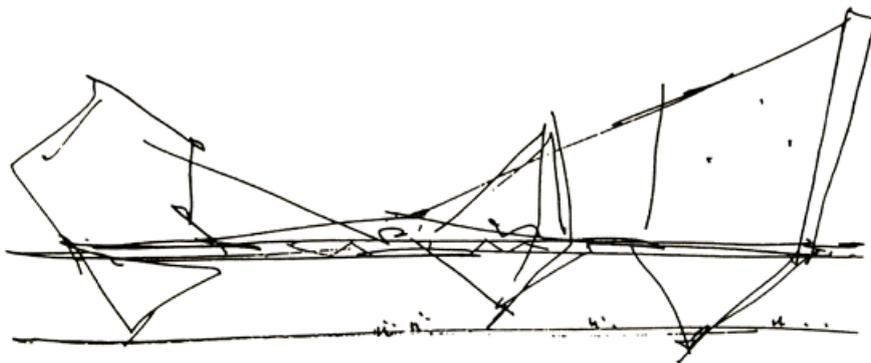


Figura 8 – Croqui do Ginásio do Clube Paulistano. Fonte: SOLOT, 2004

“O projeto do ginásio do Clube Atlético Paulistano (1957-1958) foi o primeiro trabalho do arquiteto. O projeto, feito em parceria com João de Gennaro, ficou pronto em 1961 e recebeu o prêmio internacional de arquitetura na VI Bienal de São Paulo” (CAVALCANTI, 2001, 325).

A geometria proposta para o projeto do ginásio acomoda uma arena com capacidade para 2000 pessoas. De acordo com Solot, “a construção, embora com grandes dimensões, possui a leveza e a transparência necessária para a integração com a malha urbana com a eficácia estrutural de uma roda de bicicleta” (SOLOT, 2004, p. 32). Mendes da Rocha possui em todo o seu repertório a interação com a geografia e a paisagem dos locais, como se afirmasse, através de suas obras, que a natureza em si não é suficiente. A laje do piso, um verdadeiro terraço jardim, visível na Figura 9, oferece ao usuário uma generosa vista do *skyline* da cidade de São Paulo.

Outro ponto forte em seus projetos é a concepção estrutural, dessa forma, a descrição do ginásio (Figura 9), feita por Solot, bastante o representa:

a cobertura projetada combina, simultaneamente, as duas principais concepções estruturais espaciais: a aberta, onde a tensão das forças é distribuída linearmente pelos cabos de aço; e a fechada, caracterizada pelos planos do anel e pelos pilares-placas, onde as forças diluem-se por todas as superfícies dos planos. (SOLOT, 2004, p. 32)

Na imagem, é possível observar que da cumeeira da cobertura partem 12 cabos, apoiados no anel circular de concreto, em pares, em direção aos seis pilares, garantindo firmeza. A estabilidade gerada pela geometria do círculo e do triângulo, como na roda da bicicleta, reduziu a quantidade de pilares de apoio.

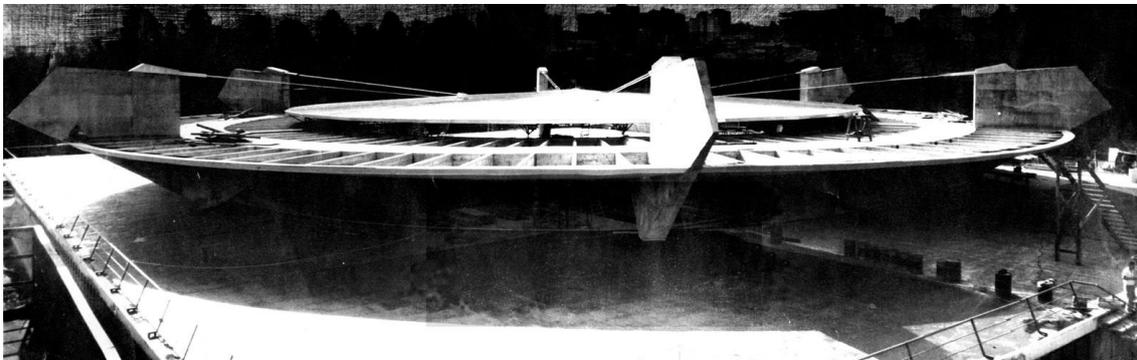


Figura 9 – Ginásio do Clube Paulistano. Fonte: SOLOT, 2004

Para além da compreensão da forma arquitetônica, foi importante conhecer a funcionalidade dos espaços, de forma compreender que a laje do piso é a cobertura do prédio prismático retangular que abriga os vestiários e serviços, contrastando com a cobertura circular. Para Cavalcanti, “o prédio do ginásio nasce do interior do prisma cujas paredes grossas, em concreto armado, contrastam com a leveza da estrutura metálica da cobertura circular da quadra e arquibancadas” (CAVALCANTI, 2001, p. 325).

Diferentemente da maquete anterior, o ginásio é obra concluída, no entanto, conforme Cavalcanti, “a arquitetura se encontra descaracterizada pelo próprio clube, em função da instalação de uma nova construção” (CAVALCANTI, 2001, p. 327). Posteriormente a pesquisa de algumas maquetes elaboradas por maquetistas e estudantes, se iniciou o processo de modelagem, tendo em mãos as medidas em plantas, cortes e fachadas.

3.2.1 Modelagem com o Software 3Ds Max

No software 3Ds Max os passos da modelagem se deram de forma análoga à tectônica projetual, divididos em três momentos: embasamento, pilares e cobertura. Sendo a base um prisma retangular, os elementos de maior complexidade do projeto, e, por consequência, da modelagem, foram os pilares e a cobertura (Figura 10).

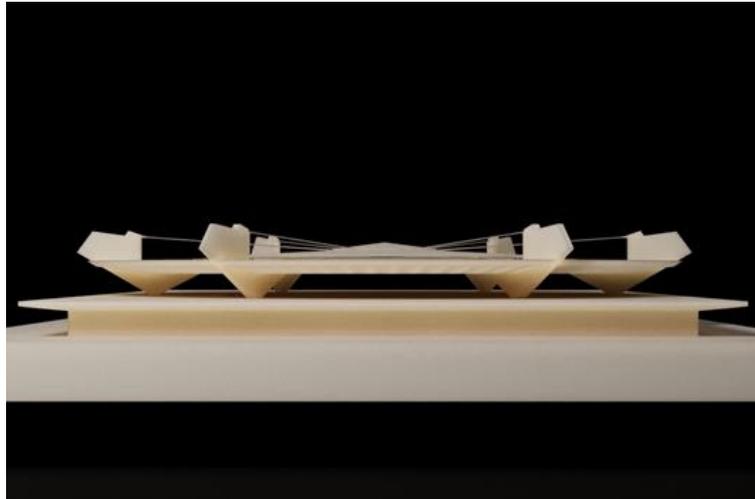


Figura 10 – Ginásio do Clube Paulistano - Modelagem 3Ds Max. Fonte: NEMER, CANTREVA e JABOR, 2020

A concepção da forma dos pilares foi traçada a partir de um plano na forma do polígono em corte, que, em seguida, recebeu volume ao ponto de sua seção em planta equivaler os pilares da edificação. O recurso geométrico foi através de uma linha auxiliar que cortou latitudinalmente o modelo. A repetição radial em torno do eixo da edificação concluiu esta etapa. Posteriormente, foi realizada a laje da cobertura, que se encaixa com os pilares, e este processo se deu através do desenho da seção em corte, num exercício lúdico permitido pelo software, estendendo essa forma em direção ao centro. A confecção do telhado metálico foi realizada através do desenho de um plano circular cujo ponto central foi ligado aos seis pontos da circunferência, correspondentes aos pilares. O deslocamento deste ponto central para cima gerou a forma final da cobertura do ginásio.

3.2.2 Modelagem nas Impressoras Cliever, Open Source e Z Morph

Diferente de uma edificação, assim como de uma maquete tradicional, a Impressora 3D trabalha - em sua maioria - com um único tipo de material, o plástico, possuindo variantes entre os modelos do equipamento, capazes de suportar mais de um tipo de filamento e, assim, permitindo o uso de matérias primas de diferentes rigidezes.

No FabLab da Casa Firjan, a equipe do grupo de pesquisa obteve acesso apenas às impressoras que trabalham com um único filamento, o que não viabilizou a produção de um modelo inteiriço, onde se pudesse ter a concretização do volume do projeto de imediato. Ou seja, o jogo arquitetônico entre concreto e aço, onde se trabalha o bruto e o esbelto, é difícil de ser atingido quando se possui o limitante do material plástico. Mesmo frente ao avanço no campo tecnológico, tal técnica não foi capaz de ser aperfeiçoada a ponto de atingir a representação fiel das possibilidades físicas apresentadas pela arquitetura. Para a delicadeza e a esbeltez dos detalhes da cobertura, não havia meio de sustentação pelo material fino do modelo através do componente do filamento, assim, para uma peça sólida impressa, a única alternativa viável seria a utilização da impressora de resina, onde, por raios Ultravioleta e Fatiador de Fótons, criar-se-ia uma peça rígida e 100% fiel ao projeto original. Num primeiro momento, o software da impressora acusou a capacidade e pré-visualização do objeto e não sinalizou problemas (Figura 11).

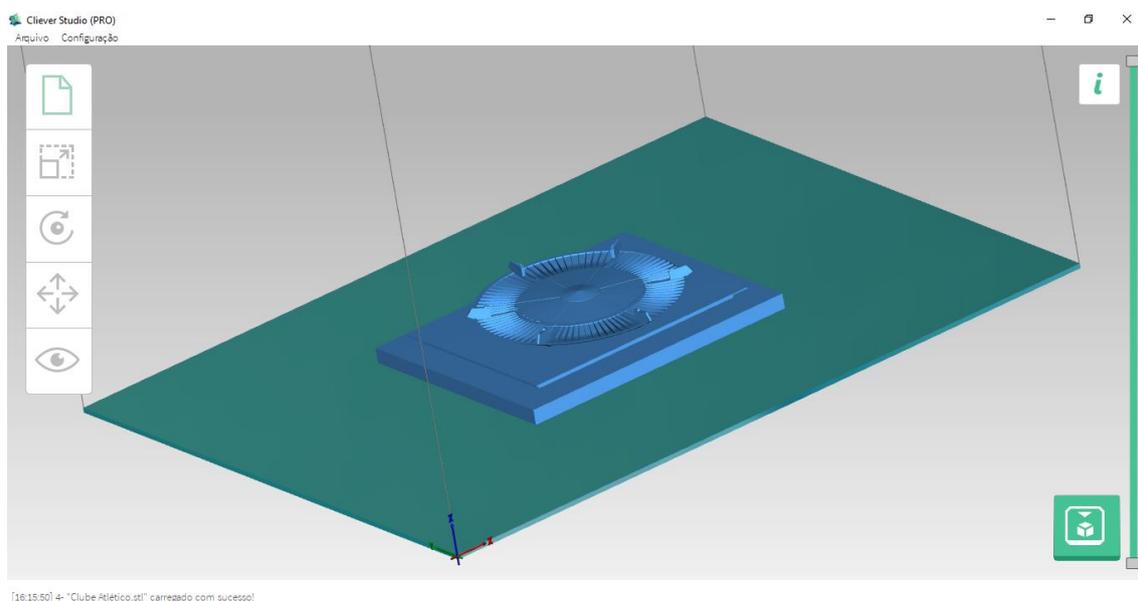


Figura 11 – Pré-visualização pelo Software Cliever Studio. Fonte: Casa Firjan, 2020

Em seguida, foi aferido que a escala ficaria muito reduzida em função da dimensão da mesa de impressão (20cm x 20cm). Também o tempo para a confecção se estenderia a 17 horas, o que ultrapassa o horário gratuito de atendimento (três horas). No caso de horas além, estas são cobradas e o valor é de R\$ 19,00 (dezenove reais), o que faria o custo da maquete ser de R\$ 266,00 (duzentos e sessenta e seis reais). O terceiro problema apresentado seria a fragilidade do modelo impresso, com relação às treliças que compõem a cobertura juntamente com os cabos de aço e os

vãos presentes. Apesar de concorrentes mais potentes, como *Z Morph 3D* e *Ender*, a demanda inicial solicitada foi atendida com eficiência como teste, mostrando que em 17 horas concluiria a maquete com a medida de 12 cm x 10 cm x 2 cm (largura, comprimento e altura).

Após pesquisa e diálogo com os técnicos, a solução encontrada foi a adoção da Foto Impressão 3D, que se constitui na impressão 3D tendo a resina como material de base, onde sua rigidez permite, com mais facilidade, a consolidação do objetivo final, no caso a maquete do Ginásio do Clube Atlético Paulistano.

A impressão partiu de um arquivo de extensão stl, formato adequado para 3D em uma ampla proporção de uso, e que se adequa perfeitamente a impressoras tridimensionais. A modelagem ocorreu de forma sobreposta, ou seja, para se obter a forma final, foi impressa camada, sobre camada definindo o nível de acabamento das mesmas, especificando os espaçamentos, no caso finos de 0,3 (configuração da impressora), e preenchimento de 10% da peça para atingir uma rigidez mínima e uma boa qualidade final da impressão, a forma do ginásio.

O objeto foi fragmentado em pilares, laje da cobertura e telhado “metálico”. A impressão dos pilares um foi um desafio, pelo fato dos mesmos possuírem a base de apoio muito esbelta, secção hexagonal e ponta fina. Com auxílio dos técnicos foi possível encontrar a melhor posição e configuração para que o pilar fosse impresso com boa qualidade. A ressalva, nesse momento, ficou para impressão da dita ponta fina do pilar, pois ao imprimir uma unidade do mesmo, a impressora teve dificuldades para sobrepor as camadas do plástico, uma vez que não secavam a tempo, resultando na sua deformação.

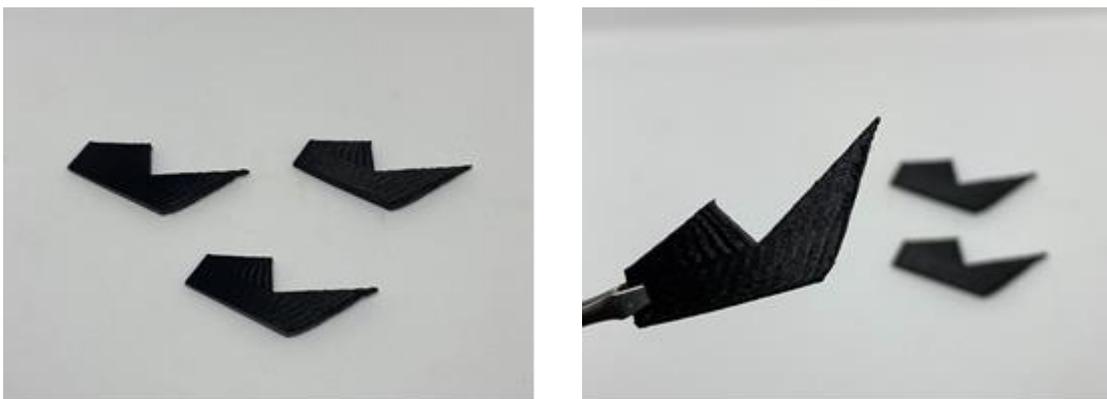


Figura 12 – Pilares da Maquete do Ginásio do Clube Paulistano. Fonte: Casa Firjan, 2020

Devido ao entrave encontrado, se decidiu imprimir os seis pilares simultaneamente, permitindo uma maior circulação da injetora do material plástico e

oferecendo tempo suficiente para sua secagem. Tal operação decorreu no tempo de 1h30min, depois de terem sido feitos muitos testes durante duas sessões de atendimento e em duas impressoras diferentes, o que resultou em um produto satisfatório, como pode ser observado na figura 12. Em seguida, foram impressos o telhado “metálico” e a laje da cobertura. Para o primeiro, foi necessário o tempo de 1h30min, por se tratar de peça inteira formada por camadas e, para a laje de cobertura, mais rica em detalhes que se se assemelham a roda da bicicleta, foram empregadas 2h40min. O modelo final, apresentado na Figura 13, é o resultado esperado da maquete, que foi realizada em 5h40min.



Figura 13 – Maquete do Ginásio do Clube Paulistano. Fonte: Casa Firjan, 2020

A este tempo, acrescentou-se 2 horas para junção das peças, realizada manualmente com cola de silicone e jato de ar frio para acelerar o processo de colagem.

3.2.3 Entendendo o Funcionamento das Impressoras

Portadora de três equipamentos, a Casa Firjan oferece para uso ao público modelos como *Cliever CL2 Pro Plus* e *Zmorph VX* durante as sextas feiras, com o objetivo de disseminar a acessibilidade e prática de uso da tecnologia em ascensão. Entretanto, para elaboração da maquete do Ginásio do Clube Atlético Paulistano, outro modelo de impressora também precisou ser utilizado: *Open Source*, um equipamento que é construído através de encomenda e impressão de peças – uma proposta *Do It Yourself* – que na sua conclusão remete ao funcionamento de uma modelo *Ender 3*.

Com similaridade entre as máquinas apenas no número de filamentos disponíveis para uso, os modelos suportam apenas um fio por vez, e na área da mesa de impressão (20cm x 20cm) cada uma possui um tipo de funcionamento diferenciado. A Cliever CL2 Pro Plus (Figura 14), impressora 3D fabricada no Brasil, mais especificamente de Belo Horizonte – MG, possui um software próprio, chamado Cliever Studio – onde se visualiza e configura o método de impressão do modelo – e faz uso de um maquinismo de motor duplo de eixo CO-XY, o que permite maior fluidez na impressão, pois dois motores agindo simultaneamente permitem um deslocamento mais fluido de impressão e ofertam um modelo final de qualidade.



Figura 14 – Impressora Cliever. Fonte: <https://www.cliever.com>

No entanto, a falta de ferramentas para calibragem e refinamento de impressão do software prejudica o acabamento final, além de demonstrar lentidão para a conclusão do trabalho frente às outras impressoras. Em resumo, o hardware tem grande potencial, o que deixa a desejar, e, conseqüentemente, prejudica a experiência de uso como um todo, é o software - parte fundamental no processo de concepção do objeto.

Por outro lado, o modelo *Open Source* (Figura 15, à esquerda), apesar de ser um projeto que precisa sucessivamente de calibragem e atualização, mostrou-se muito promissor. Utilizando um software aberto, o *Cura*, não apenas permitiu uma impressão em maior tempo hábil como também em maior qualidade. Não obstante, apesar da limitante do filamento, existe a viabilidade de adaptação para acomodar mais fios e assim permitir uma qualidade de impressão ainda mais precisa, o que também ajudou na concepção do Ginásio do Clube Atlético Paulistano.

A impressora Z Morph VX (Figura 15, à direita) possui custo mais alto que as outras duas, mas tanto ela quanto o Open Source são equipados com o motor

cartesiano tradicional, onde os eixos X, Y e Z trabalham de maneira independente, sendo X e Y por um tipo de “esteira” e o Z por um longo “parafuso” onde cada rotação é calibrada para ser considerado um deslocamento específico no espaço. Já na Cliever CL2 Pro Plus o motor CO-XY movendo os eixos bidimensionais XY simultaneamente deixa a utilização independente apenas do eixo Z, onde é controlada a altura da impressão/camada. A Cliever, apesar de possuir maior potencial em questão de hardware (motor), é inferior a Z Morph e a Open Source no que se refere a uma maior integração hardware X software, estas obtêm maior qualidade no objeto final, otimizando inclusive o tempo gasto e o material utilizado.



Figura 15 – Impressoras *Open Source* / Impressora Z Morph VX. Fontes: <https://pt.aliexpress.com> e <https://zmorph3d.com>

O material utilizado nas impressoras, a matéria prima da impressão, é, de forma genérica, um fio plástico. Atualmente, no mercado, é possível encontrar diferentes tipologias de filamento para utilização em impressoras 3D; os disponíveis no FabLab para estudo foram o ABS, o PLA e o PVA, sendo que cada um detém uma origem e característica diferente que o torna indicado para um modo específico de uso.

Dentre os três disponibilizados para o uso, o denominado ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) é o mais utilizado e difundido no meio das impressoras 3D; sua popularização se tornou possível graças ao amplo e histórico uso desse tipo de material pela indústria, o que, conseqüentemente, permitiu seu barateamento quando aplicado ao desenvolvimento da tecnologia de impressão tridimensional. O ABS tem como origem o Petróleo, logo sua utilização requer alguns cuidados, pelo fato de emitir um cheiro característico durante seu derretimento, ou seja, quando forma o objeto: a impressora deve estar fechada para que seja mantida à temperatura durante todo o procedimento, evitando situações como o descolamento do objeto da mesa, fissura ou deformação e o resfriamento uniforme do sólido após ser concluído. Este material,

além de barato, é altamente rígido, resistente a impactos e durável, o que se elucida através de seu uso em para-choques de carros no meio industrial.

O PLA (Polylactic Acid) é considerado a versão sustentável do ABS, devido a sua origem vegetal e biodegradável; amido vegetal (milho). Graças a este material, foi possível criar condições para impressão de objetos sem a emissão de cheiro, dispensando a necessidade de uma “estufa” na impressora 3D, ou seja, a possibilidade de impressão em temperatura ambiente. Também a redução da temperatura do equipamento, se comparado ao ABS, reduz a possibilidade de trincas no processo de resfriamento da peça impressa. Além desta vantagem, permite uma impressão com menos chance de erro, devido ao fato da temperatura mais baixa diminuir a probabilidade de entupimento do bico durante o processo, porém, as desvantagens do material são a menor resistência às forças mecânicas, quando comparado ao ABS, por ser rígido, além do custo do rolo do filamento ser superior ao Acrylonitrile Butadiene Styrene.

O PVA (Polyvinyl Alcohol) é caracterizado como um material de sacrifício, visto que é utilizado – em impressoras capazes de suportar dois filamentos simultaneamente – em momentos em que a impressão possui uma angulação que necessita de suporte para evitar sua deformação ou queda. É um material plástico, solúvel em água, que ao final do processo de impressão do objeto é facilmente destacado e descartado, não deixando marcas.

Para qualquer tipo de filamento, é recomendado que o equipamento seja pré-aquecido para melhor funcionamento do processo de impressão. O que se diferencia é o grau de temperatura para cada material, ou seja: ABS - bico aquecido a 235°C e mesa a 90°C e PLA - bico aquecido a 190°C e mesa a 60°C. Para o PVA, não há necessidade específica de temperatura, visto que é um filamento secundário utilizado especialmente para suporte, logo, para descarte, e, desse modo, acompanha a temperatura do filamento principal. Não é impossível a impressão com a utilização do equipamento frio, diga-se a mesa, o que comprometeria a qualidade final do objeto impresso. Entretanto, o ABS ainda depende da temperatura da mesa para garantir a aderência da base do objeto.

Com relação à mesa, é importante a aplicação de spray para aderência, porém, o custo deste produto, específico para a impressora, disponibilizado e comercializado pelo próprio fabricante do equipamento, pode ser considerado oneroso no processo. Uma alternativa é a utilização de spray capilar (laquê), que se mostra útil e não afeta a qualidade final do objeto, porém possui menos vida útil que o produto oficial. Em uma

rápida comparação em relação impressão *versus* aplicação, o produto oficial é utilizado, em média, uma vez a cada dez impressões, enquanto o produto alternativo, e de menor custo, é aplicado a cada impressão, podendo, em raras exceções, ser aplicado a cada duas impressões.

Existem ainda não apenas os cuidados necessários para o trabalho de impressão propriamente dito, mas também os do armazenamento do material. Os filamentos, justamente por serem compostos por plástico próprios para derretimento, devem ser reservados em ambientes livres de umidade e, se possível, a vácuo. O contato do material com a água pode tornar inutilizável todo o componente, fazendo-o muito quebradiço; em casos como o ABS, ainda é possível minimizar o dano, isolando-o em um local com sílica; já o PLA, devido a sua origem natural, não permite tal remoção d'água. Tal situação pode ocasionar, no caso de sua utilização para impressão, o não derretimento do filamento, devido à quebra no momento em que o maquinário puxa o material e/ou em pequenos “estouros”, devido à diferença de temperatura de derretimento do material (enquanto o ABS e PLA possuem ponto entre 190°C e 235°C, a água evapora a 100°C), causando falhas e deformações no objeto impresso. É importante ressaltar, também, a necessidade do uso constante do filamento uma vez posto na impressora, evitando a absorção de água presente do ar e ocasionando a perda da qualidade do respectivo material.

Por fim, existe ainda um procedimento pós-impressão que muitos adotam no intuito de dar mais acabamento ao modelo, o polimento. Como a técnica de impressão 3D consiste na sobreposição camada por camada do material plástico derretido, muitas vezes a superfície do objeto acaba por demonstrar – tanto visualmente quanto no toque – irregularidade e falta de uniformidade. Para tornar a superfície regularmente lisa pode ser utilizar vapor de acetona pura para “polir” suavemente o material. Há quem utilize lixa para realizar tais retoques, entretanto, o material plástico, depois de resfriado e solidificado, não tem muita receptividade à agressividade do lixamento, muitas vezes oferecendo uma aparência desgastada ao invés de lisa.

4 Conclusão

As maquetes antecipam a realidade, exercem fascínio de um objeto artesanal/uma miniatura e, ao mesmo tempo, simplificam a obra em busca de soluções técnico-construtivas. A maquete física explora além da visão, o tato.

A escolha dos projetos para serem reproduzidos em modelos, no presente trabalho, foi acertada em função dos partidos arquitetônicos adotados pelo arquiteto:

arquiteturas moderna e contemporânea, de valor e brasileira. O reconhecimento internacional de Paulo Mendes da Rocha é fruto de sua rica produção, e o Ginásio do Clube Atlético Paulistano e o Cais das Artes foram inspiradores para esta pesquisa.

O questionamento inicialmente colocado, “Qual o melhor método para execução de uma maquete física?”, gerou uma lista de vantagens e desvantagens que levaram a acreditar que todos são satisfatórios e que o fator decisivo para a decisão é essencialmente guiado pela realidade à qual se encontra o estudante e/ou profissional de arquitetura e, não somente, pela sua demanda.

A maior facilidade da produção tradicional de maquete é sua acessibilidade e sua maior desvantagem é o tempo empregado na sua produção (dependendo do material e do nível de detalhes que se deseja alcançar). Já a técnica do corte a laser permite uma maior riqueza e precisão no que se deseja representar, indo além do que qualquer produção manual foi capaz de produzir até os dias de hoje, entretanto, apesar da grande economia de tempo, há que se considerar a dificuldade ao acesso e o custo do equipamento, o que a torna uma técnica ainda utilizada por poucos. Quando a tecnologia do corte a laser for amplamente difundida no ensino/aprendizado de arquitetura trará novas leituras e propostas ao que se conhece hoje como modelagem.

A impressora 3D, hoje, é uma ferramenta cada vez mais difundida no ramo da arquitetura, seja por sua praticidade, seja pelo seu quê tecnológico. Nesta pesquisa, a acessibilidade ao equipamento foi moderada por se tratar de laboratório externo à UFF, assim como o LAMO, e por não ser ainda um maquinário de fácil alcance aos estudantes/arquitetos, devido ao custo do mesmo, o que não torna o ensino da técnica inviável. A aprendizagem foi facilitada por conta do excelente apoio dos técnicos do FabLab, e o custo não existiu em função da gratuidade da utilização na Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro.

Em ambos os modelos, construídos com apoio da tecnologia, o tempo de execução foi semelhante (6 e 7h40min) e, embora tenham sido maquetes de diferentes projetos, pode-se afirmar que se tornaram objetos fiéis aos produzidos digitalmente, o que mantém o patamar das novas tecnologias.

Agradecimentos

Agradecemos a Andres Martin Passaro pelas orientações fornecidas.

Agradecemos ao LAMO - FAU - UFRJ, a acolhida e a possibilidade de utilização da Universal Laser System.

Agradecemos ao FabLab – Casa Firjan.

Agradecemos ao CNPq, a bolsa de Iniciação Científica de Philipe Lopes Cantreva.

Referências

CAVALCANTI, Lauro. **Quando o Brasil era Moderno: Guia de Arquitetura 1928-1960**. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.

CONSALEZ, Lorenzo. **Maquetes: A Representação do Espaço no Projeto**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

DINIZ, Luciana Nemer e MARINS, Igor Klein da Silva Marins. Mostuário de Maquetes como Instrumento de Aprendizagem. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**. , v.6, p. 1 - 24, 2018.

JACOBS, Stephen Paul. **The CAD design studio: 3D modeling as a fundamental design skill**. Portland: Book News, 1991.

KNOLL, Wolfgang e HECHINGER, Martin. **Maquetas de Arquitectura – Técnicas Y Construcción**. México: Gustavo Gili, 2001.

LAMO - Laboratório de Modelos e Fabricação Digital. **Equipamentos**. Disponível em: <<http://www.lamo.fau.ufrj.br>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

LYNN, Greg. **Applying Technology in Architecture and Design**. Disponível em: <<https://www.clotmag.com>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

MILLS, Criss B. **Projetando com Maquetes: Um guia para construção e o uso de maquetes como ferramenta de projeto**. São Paulo: Bookman, 2007.

PACINI, Giordana; DE PAULA, Tainá e LUCENA, Vinícius. **Laboratório de Modelos e Fabricação Digital - Corte a Laser - Guia do Usuário**. Monitoria, LAMO/FAU, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2018.

PASSARO, Andres Martin. **Cortadora a Laser**. Entrevista concedida aos autores. Rio de Janeiro, 2018.

ROCHA, Paulo Mendes da. **Maquetes de Papel: Paulo Mendes da Rocha**. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

SANTOS, S. M. P. dos. **A criança, o adulto e o lúdico**. Petrópolis: Vozes, 2011.

SOLOT, Denise Chini. **Paulo Mendes da Rocha: estrutura: o êxito da forma**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley, 2004.

SOLOT, Denise Chini. X Seminário Docomomo Brasil: **A Paixão do Início na Arquitetura de Paulo Mendes da Rocha**, 2013, Curitiba, Anais.