

METODOLOGIAS APLICADAS AO PROJETO DE MOBILIÁRIO PÚBLICO: Modelagem paramétrica e utilização de materiais não convencionais

METHODOLOGIES APPLIED TO PUBLIC FURNITURE DESIGN: Parametric modeling and use of unconventional materials

THOMAZ, Joana da Silva; Graduanda em Design; Universidade de São Paulo

joana.thomaz@usp.br

BARATA, Tomás Queiroz Ferreira; Professor Doutor; Universidade de São Paulo

barata@usp.br

Resumo

Este artigo descreve e sistematiza etapas projetivas desenvolvidas a partir de processos experimentais no âmbito do design de produtos, através da utilização de fabricação digital, modelagem paramétrica e intersecção de materiais não convencionais, como a madeira proveniente das atividades de poda urbana e a impressão 3D em argamassa, tendo como objeto de estudo: o emprego de metodologias auxiliares no desenvolvimento de um projeto de mobiliário urbano. Utilizou-se como método principal o Duplo-Diamante, embasando a construção projetiva conjuntamente aos processos do design thinking. Compreendeu-se assim, que o processo projetivo da família de mobiliários urbanos descrita atingiu as expectativas referentes às especificidades dos materiais e processos utilizados no projeto, ao ambiente de implementação e às necessidades dos usuários, definidas com o Duplo-Diamante.

Palavras Chave: Projeto de Produto; Mobiliário Urbano; Fabricação Digital.

Abstract

This article describes and systematizes projective steps developed from experimental processes within the scope of product design, through the use of digital manufacturing, parametric modeling and the intersection of unconventional materials, such as wood from urban pruning activities and 3D printing in mortar, with the object of study: the use of auxiliary methodologies in the development of an urban furniture project. The Duplo-Diamante method was used as the main method, supporting the projective construction together with the design thinking processes. It was thus understood that the projective process of the described urban furniture family met the expectations regarding the specificities of the materials and processes used in the project, the implementation environment and the users' needs, defined with the Double-Diamond.

Keywords: Product Project; Urban Furniture; Digital Manufacturing.

1 Introdução

O presente artigo descreve os resultados da pesquisa de iniciação científica FAPESP intitulada “Fabricação Digital e Resíduos Arbóreos: utilização experimental de tecnologias subtrativas e aditivas do processo de modelagem de mobiliário urbano”, processo FAPESP nº2023/01932- 6, associado ao Núcleo de Apoio à Pesquisa NUTAU (NAP- NUTAU) e ao grupo de pesquisa e extensão PodaLab, inseridos na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da USP.

É notável que os ambientes públicos das grandes cidades se estabelecem sobretudo, calcados na utilização do mobiliário urbano pelos cidadãos. O dia a dia urbano é atravessado permanentemente pela maneira com que elementos são incluídos em vias públicas e como as concepções estético-formais se alinham às expectativas e necessidades dos usuários. Tratando-se de uma intervenção no espaço público, é necessário uma visão sistêmica entre projeto, usuário e ambiente, que compreenda o trabalho contínuo da inserção de objetos no dia a dia de uma cidade (Digiandomenico .D, Landim. G e Fischer. H, 2017). Para Forty (2007), “O design altera o modo como as pessoas veem a mercadoria”, tornando-se essencial para a conexão entre objeto e ambiente.

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a geração de resíduos sólidos urbanos em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas. Atualmente, a maior parte vai para terrenos baldios, lixões ou aterros sanitários, formas não sustentáveis de destinação (Rocha, *et al*, 2015). Em alguns casos, o material é usado como lenha ou compostagem, não havendo investimentos na infraestrutura, valorização dos resíduos ou no modelo logístico de coleta, processamento e distribuição, que possibilitem uma melhor dinâmica de processamento dessa matéria prima.

Apesar da baixa utilização do material, a madeira de poda tem potencial manufatureiro elevado, dentro das normas de estruturas de madeira para projetos (Martins, 2013). São as dificuldades de conformação intrínsecas aos resíduos arbóreos, como a coleta e transporte ineficazes, dimensões reduzidas da seção transversal, presença de defeitos advindos dos processos de corte, patologias do indivíduo arbóreo, etc; e a desvalorização dos produtos pelos consumidores; que ainda provocam certa desconfiança em sua utilização.

Aliado à percepção do Design como conformativo para a relação do usuário e do objeto, um dos desafios para a urbanização adequada de grandes cidades brasileiras é a presença de mobiliários que incentivem a ocupação dos espaços públicos. A problemática se estende tanto no que diz respeito à implantação – que acontece sobretudo em áreas centrais ou que passaram por processos recentes de gentrificação (Villaça, 2011) – quanto na manutenção desses equipamentos públicos.

É importante destacar que, para fins expositivos, neste artigo os termos “mobiliário urbano” e “mobiliário Público” serão utilizados como sinônimos. Apesar disso, entende-se que, o que se configura como mobiliário urbano no Brasil, de acordo com a NBR-9283 de 2015, são “abrigos de ônibus, acessos ao metrô, esculturas, painéis, playgrounds, cabines telefônicas, postes, lixeiras, quiosques, relógios, bancos, etc, em sua individualidade ou associação” (Ferroli, *et al*, 2019). A NBR-9050 de 2020 ainda conecta o mobiliário urbano a elementos adicionados a edificações que possam sofrer traslado, inserindo fachadas e outros elementos arquitetônicos.

Montenegro (2005), diz que o caráter utilitário também integra o móvel, proporcionando comodidade e conforto aos usuários. Essencialmente, as diferenças entre mobiliário urbano e público restringem-se ao contexto de implementação e uso. O mobiliário público não necessariamente está implementado em áreas urbanas, externas ou não, mas em espaços de grande circulação de pessoas, públicos ou privados.

O mobiliário urbano é uma tipologia de produto que concerne grande diversidade de matérias-primas plausíveis de utilização em seu desenvolvimento. Recentemente no design desse tipo de objeto, materiais como o cimento/argamassa foram incorporados, em parceria com outros materiais, como a madeira e o metal. Para projeto, a argamassa possui qualidades como boa durabilidade, resistência a intempéries, baixo custo e acesso fácil em grandes centros (Aspronea, *et al*, 2018). Na última década foram apresentados avanços no design e na modelagem digital, bem como na engenharia de materiais, acerca da utilização da matéria prima cimentícia em conjunto com tecnologias de fabricação digital, sobretudo por meio de impressoras 3D de grande porte para o campo da construção civil.

Nesse contexto, alia-se o projeto de mobiliário urbano no artigo aqui descrito às tecnologias de fabricação digital, estabelecendo-a como possibilidade projetiva de inovação. O termo fabricação digital (FD) refere-se a processos que utilizam ferramentas controladas por computador a partir de arquivos digitais, também denominada como Prototipagem Rápida (PR), amplamente utilizada na produção de modelos e protótipos. Uma das vantagens em relação às técnicas tradicionais de Design é a facilidade para gerar variações de uma mesma ideia em um curto período de tempo, dando liberdade ao designer. Além disso, a abordagem tem como diferencial possibilitar a criação de formatos mais sofisticados e de alta precisão, que seriam laboriosos por meio de técnicas tradicionais industriais, utilizando materiais de origens diversas, dentre eles a madeira de poda e a argamassa. O acesso generalizado às tecnologias FD desafia modelos tradicionais de negócios, indústria e educação, possibilitando a execução de projetos de menor custo e baixo impacto ambiental (Barbosa, *et al*, 2019).

Dessa forma, objetiva-se aqui descrever e sistematizar as etapas projetivas desenvolvidas por meio de processos experimentais no âmbito do design de produtos, através da utilização de fabricação digital, modelagem paramétrica e intersecção de materiais não convencionais, como a madeira proveniente das atividades de poda urbana e a impressão 3D em argamassa, tendo como objeto de estudo: o emprego de metodologias auxiliares no desenvolvimento de um projeto de mobiliário urbano. Dentre os métodos utilizados, compreende-se como método principal o Duplo-Diamante, aplicado para embasar a construção projetiva desenvolvida conjuntamente aos processos do design thinking. Ademais, metodologias auxiliares foram correlacionadas em fases de definição e desenvolvimento projetivo, uma vez que visou-se compreender o processo construtivo de maneira sistemática. Tais métodos são aprofundados no que tange sua utilização e objetivos no item 4.

2 Revisão de Literatura

A revisão de literatura do artigo aqui descrito se desenvolve em três tópicos principais: a) A madeira e o mobiliário; b) A fabricação digital e o design de produtos e; c) A impressão 3D com argamassa. Objetiva-se, dessa forma, conceitualizar os principais termos relacionados e

estabelecer o estado da arte nos campos determinados.

2.1 A Madeira e o Mobiliário

A madeira é um material historicamente utilizado para produção de mobiliários, tanto públicos quanto privados, devendo ser apoiada para a utilização sustentável. A madeira também tem a capacidade de contribuir para a mitigação do CO2 através das duas vias possíveis: reduzir as emissões e armazenar carbono, além de reduzir o impacto das chuvas no solo, apresentar função estética e proporcionar bem-estar à população (Gershenfeld, 2005). Pode-se dizer que a madeira possui vantagens ambientais, estéticas e econômicas, além de características culturais que a tornam preferida diante de outros materiais.

“Como sensação, transmitem as características de conforto e isolamento. Podem ser apresentadas com diversos acabamentos. Podem ser utilizadas ao natural (roliças e com cascas), descascadas, falquejadas ou em ripas e vigas, na forma de chapas, tábuas ou lâminas. [...] Em geral possuem um custo inicial baixo quando comparadas com outros materiais. Entretanto requerem manutenção constante e possuem menor durabilidade. (Ferroli, *et al*, 2019)”

No Brasil, a indústria de mobiliários utilizando a matéria-prima florestal apresenta avanços tecnológicos associados ao aumento na demanda por produtos ambientalmente sustentáveis (Alves, *et al*, 2016). A madeira serrada é a principal tipologia corrente, sendo as florestas plantadas uma alternativa para a demanda de matéria-prima de fonte renovável, porém, se entende que essa não pode ser a única fonte plausível de obtenção da madeira para grandes cidades. Os indicadores de densidade base, durabilidade, parasitoses, umidade, entre outros, denotam que o material lenhoso de diversas espécies oriundas da poda urbana adequa-se à construção civil, à produção de pequenos objetos de madeira (POM's) e ao mobiliário. Apesar dos seus benefícios, esses resíduos ainda são subutilizados (Malagutti, 2020).

O uso da madeira proveniente de resíduos arbóreos pode ser uma alternativa viável para diversas tipologias de mobiliário urbano em grandes cidades. Alguns designers e arquitetos utilizam a madeira oriunda de resíduos em projetos de mobiliário, introduzindo uma matéria prima não convencional na cadeia produtiva. Os arquitetos Carlos Motta, Maurício Azeredo e Pedro Petry, expoentes da produção de móveis utilizando resíduos arbóreos no Brasil, reforçam com suas peças o compromisso socioambiental da produção do design, valorizando as cores e texturas das espécies nativas brasileiras e se aproveitando de peças que não se adequam à produção industrial (Arruda, 2011). Nesse campo, a modularidade, o desenho atemporal e a durabilidade são princípios essenciais para o design com responsabilidade ambiental. O mobiliário produzido por estes três pioneiros abrange aplicações residenciais, externas e institucionais.

Figuras 1 - Mobiliário institucional desenvolvido por Carlos Motta.



Fonte: Arruda, 2011

Figuras 2 - Banco Velho Goiás, por Maurício Azeredo.



Fonte: Arruda, 2011

Figuras 3 - Instalação da bienal de arte no Ibirapuera por Pedro Petry.



Fonte: Página institucional Ateliê Pedro Petry.

É imprescindível destacar que, as soluções estéticas e formais empregadas pelos designers citados, em conjunto à complexidade formal da madeira proveniente de resíduos arbóreos, agrega

um valor não apenas monetário, mas também cultural às peças. A preferência por manter, em grande parte dos produtos, a textura e a cor natural da madeira, permite visualizar a estruturação, encaixe e inventividade do objeto, além de inserir materiais não convencionais na cadeia produtiva.

No município de São Paulo existem iniciativas desvinculadas do trabalho de um designer ou ateliê, que visam incentivar o uso de madeiras provenientes de podas, quedas ou cortes autorizados de árvores. Uma delas é a iniciativa *Madeira Urbana*, localizada em Campinas (SP), que dispõe de um escritório e galpões onde ficam os resíduos arbóreos — entre eles: madeiras de demolição, descarte, poda, etc —, disponibilizando uma grande variedade de tamanhos e espécies, todas com laudo técnico para a compra e utilização (Arruda, 2011). A diversidade de formatos e tamanhos possibilita uma grande abrangência de projetos, desde os mais orgânicos aos mais geométricos. A iniciativa Madeira Urbana oferece um selo de comprovação de origem do material vendido, sendo uma das poucas certificações brasileiras de histórico para madeiras provenientes de poda. Este tipo de projeto poderia ser institucionalmente difundido em outras prefeituras, uma vez que inserir os resíduos arbóreos como matéria prima na cadeia de produção é uma oportunidade de fomentar a economia e gerar empregos localmente.

Dessa forma, entende-se como a produção de mobiliários no Brasil esteve historicamente conectada ao campo da arquitetura e do urbanismo. Uma das possíveis motivações para essa atribuição é a percepção de que, o que se insere em ambientes urbanos é do escopo de áreas específicas, responsáveis pela ideação do espaço público. Entretanto, a partir da compreensão da necessidade de percepção sistêmica nos projetos, correlacionando os diversos campos de estudo, compreendeu-se que, como área do conhecimento, o design é capaz de desenvolver estratégias de projeto que favorecem a produção assertiva do objeto, entendendo as necessidades do público e adaptando-se ao contexto (Lowdermilk, 2013). Assim, o design capacita-se a estabelecer intersecções com outras áreas do conhecimento, visando a promoção de processos que instiguem a população de grandes centros urbanos a encararem os espaços públicos do dia a dia como parte integrante de sua identidade cultural.

2.2 A fabricação digital e o design de produtos

O termo fabricação digital (FD) refere-se a processos que utilizam ferramentas controladas por computador a partir de arquivos digitais e softwares de modelagem, para produção de objetos físicos, modelos e protótipos, também chamada de Prototipagem Rápida (PR) (Barbosa; et.al, 2019). Conforme Seely (2004), a FD é um método empregado no desenvolvimento de projetos em sistemas de desenho assistidos por computador (Computer Aided Design - CAD) associados à manufatura auxiliada por computador (Computer Aided Manufacturing – CAM). Buswell (2006) ainda denomina Manufatura Rápida quando a PR se aplica na produção final de peças (*end use parts*).

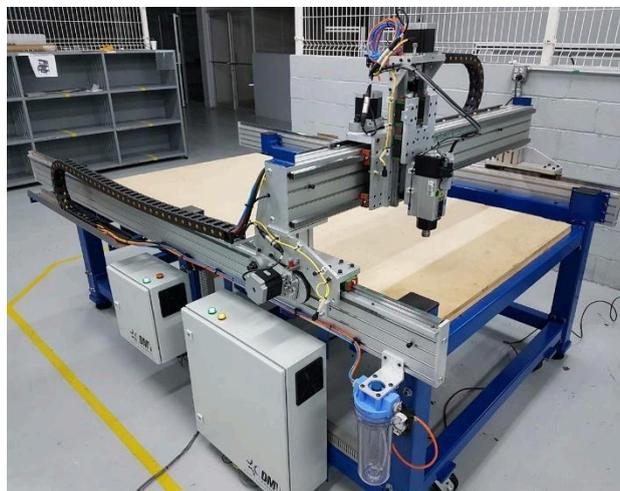
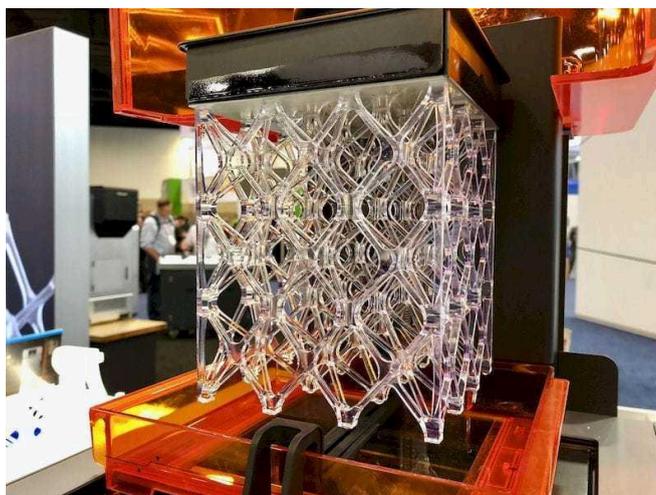
"O processo de desenvolvimento de produtos tem a necessidade de um ambiente de trabalho altamente flexível, especialmente nas fases iniciais de concepção onde o profissional fará uso de diversas tecnologias, permitindo explorar a criatividade que está intimamente relacionada com a inovação, exigindo uma abordagem integrativa que permita alta flexibilidade no desenvolvimento do produto." (Volpato *et al.* 2007).

O processo de prototipagem virtual e física no desenvolvimento de novos produtos é uma

etapa fundamental para solucionar as necessidades em design, de modo que seus modelos e protótipos contribuam para a verificação de aspectos formais, ergonômicos e estéticos (Penna, 2002). Esse tipo de fabricação tem se tornado uma opção interessante no século XXI, ensinada cada vez mais em escolas de design, uma vez que possibilita praticidade na criação e uma ampla e fácil visualização do projeto. A presença cada vez maior das tecnologias de Fabricação Digital sobretudo nas etapas intermediárias de ideação e desenvolvimento de projetos, compele a inclusão de capacitação para o uso dessas ferramentas. Essa necessidade modificou a maneira de ensinar design, introduzindo oficinas de criação focadas em modelagem digital e uma grande diversidade máquinas de prototipagem rápida.

Os processos de fabricação e prototipagem se dividem em subtrativos e aditivos. A prototipagem subtrativa é definida pelo desbaste de volume especificado do material, pelo processo de fresamento ou de eletroquímica. O fresamento é determinado pela quantidade de eixos, podendo realizar cortes 2D e 3D. Já a prototipagem aditiva ocorre pela adição de material em camadas. A impressão 3D, uma das principais tecnologias aditivas, perpassada necessariamente por etapas de modelagem digital em softwares específicos, conversão do modelo em formato poligonal (.STL) em camadas e impressão, sendo produzida em diversas matérias primas (Barbosa et.al, 2019).

Figura 4 e 5 – Máquinas de impressão 3D por resina e Router CNC de 3 eixos.



Fonte: Imagens de arquivo google imagens

A fabricação digital apresenta diversos desafios a serem superados, principalmente no que diz respeito às questões ambientais. A principal preocupação está relacionada ao alto volume de descarte de material, que ocorre sobretudo na fabricação subtrativa, mas também na aditiva. Em virtude da alta complexidade das formas e separação entre as peças, mesmo havendo planejamento dos cortes e restrição dos tamanhos da matéria prima, há geração de refugos com baixo aproveitamento, que resultam em sérios impactos ao meio ambiente (Abrão e Nunes, 2019). A exemplo da utilização de Routers CNC, denotam-se problemáticas acerca dos resíduos sólidos finos, como poeiras e serragens. As fresadoras admitem grande quantidade de matérias primas na conformação, como a madeira; espumas; poliuretano; isopor e acrílicos, que geram uma quantidade grande de pó fino a depender do formato. A reutilização e reciclagem desse resíduo é difícil e, em alguns casos, não biodegradável (Pupo, 2009). No caso de tecnologias aditivas, como impressoras 3D de filamento ou resina, também há perda de material em suportes, erros de impressão e poeira, apesar de consideravelmente em menor quantidade.

Ademais, ambas as tipologias de fabricação digital despendem um tempo considerável para produção das peças, podendo chegar a horas de trabalho. Apesar das diversas problemáticas levantadas acerca das tecnologias de FD, as potencialidades de tais processos ainda fundamentam a prototipagem rápida como um meio de produção viável para o campo do design de produtos. O principal desafio a ser transposto para o uso efetivo dessas ferramentas será o quão bem se adaptarão a problemas específicos e quão bem se integrarão aos processos de design (Schwitter, 2005). Encontrar pontos de intersecção entre a construção dos processos em design e possibilidades de viabilização projetivas é essencial para a utilização assertiva das tecnologias de fabricação digital.

2.3 A impressão 3D com argamassa

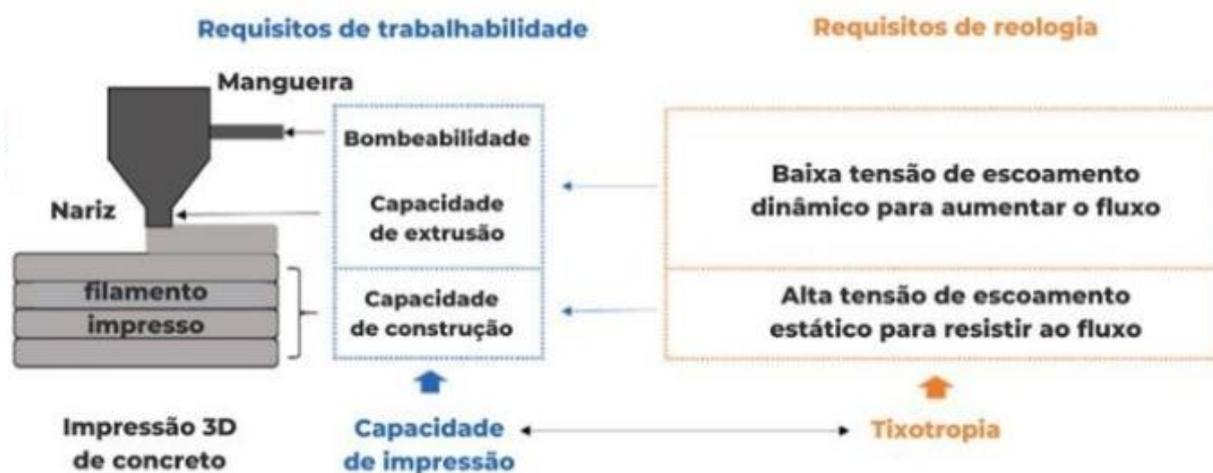
Inicialmente, a manufatura aditiva em concreto/argamassa, representa um inovador método construtivo a ser utilizado no contexto da urbanização, permitindo a formação de uma estrutura tridimensional mediante a sobreposição de camadas finas, dispensando a necessidade de moldes. O interesse em empregar impressão 3D com argamassa para construção civil aumentou exponencialmente nos últimos anos, visto o setor apresenta baixa produtividade e tecnologias atrofiadas, quando comparados a outros que digitalizaram seus processos (El- Sayegh *et al*, 2020).

O método apresenta desafios da inovação e parâmetros que influenciam diretamente na qualidade e eficácia do processo de impressão 3D, dentre eles o transporte, instalação e tamanho, mas possui uma vantagem de poder aumentar a área de impressão facilmente. Várias misturas estão sendo testadas e desenvolvidas buscando fluidez, estrudabilidade, capacidade de construção, resistência estrutural e velocidade de impressão. Incorporar reforços em aço também é um desafio da impressão 3D com argamassa, assim como a falta de informações sobre modelagem e simulação da impressão, ainda experimentais (Formiga e Carneiro, 2020).

A maioria das impressoras 3D com argamassa dispõem de um sistema de extrusão, em que a mistura de cimento ou argamassa são bombeadas para um bico de impressão, semelhante a uma impressora 3D por filamento. O maquinário consiste em um braço robótico, com duas bombas

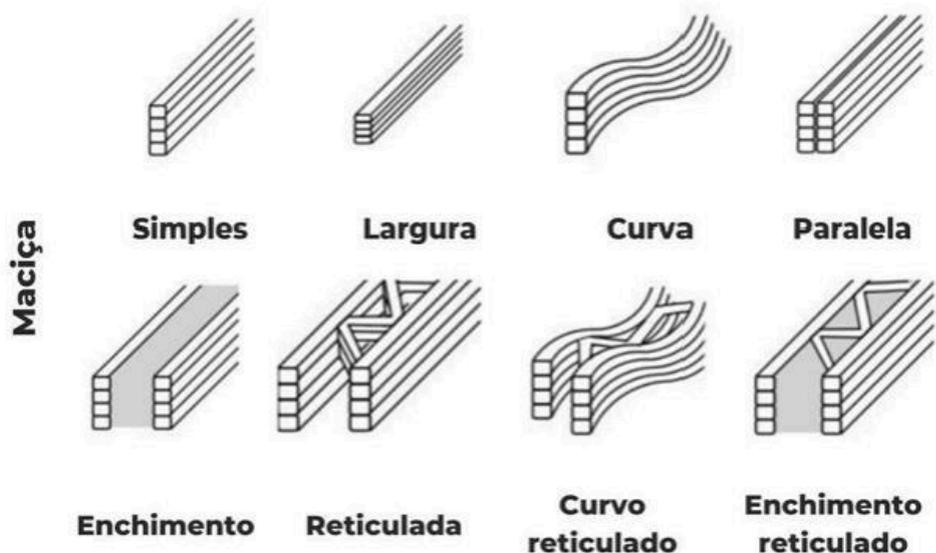
para alimentação de materiais homogêneos, um sistema de rosca que controla o fluxo de material e um bico que recebe a impressão. O software permite fazer estruturas de acordo com especificações estruturais e térmicas, combinando um desenho paramétrico com os dados de materiais (Costa e Simona, 2024). Além disso, a escolha adequada de configurações para as paredes desempenha um papel significativo na obtenção de resultados desejados, tanto no que diz respeito às particularidades do material quanto ao projeto desenvolvido junto ao processo de produção.

Figura 6 - Requisitos e fluxograma de impressão 3D com filamento.



Fonte: Zhang et al. (2021) *apud* Costa e Simona (2024)

Figura 7 - Paredes maciças produzidas por impressão 3D com filamento.



Fonte: GuamánRivera et al. (2022) *apud* Costa e Simona (2024)

A impressão 3D utilizando concreto/argamassa e outras tipologias de fabricação digital com cimento, comumente utiliza fibras de aço ou polímeros para beneficiamento do material e estruturação. Até o momento, o desempenho estrutural e o comportamento dos reforços para esse material foram pouco estudados. Por outro lado, as normas também devem evoluir para se adaptar às particularidades da fabricação digital com argamassa. Assim, a utilização do cimento aliada à fabricação digital ainda é um campo jovem, sobretudo no Brasil, onde explorações e técnicas para melhoria de rendimento, estrutura e impactos ambientais aguardam maiores desenvolvimentos.

A USP e ABCP (Associação Brasileira de Concursos Públicos) – em conjunto com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) – iniciaram um Convênio de Cooperação Técnica para o desenvolvimento e criação de ambientes cooperativos de inovação como o [Hub de Inovação e Construção Digital \(HUBIC\)](#), em particular para o desenvolvimento de pesquisas na cadeia de valor do cimento. O objetivo desse convênio é tornar iniciativas de produção digital com cimento/argamassa competitivas a nível global para países em desenvolvimento, difundindo soluções que preparem o setor e a sociedade para a transição de uma economia digital e circular. O convênio estabelece a integração no campo da pesquisa aplicada, entre academia e iniciativa privada e colabora com a indústria a fim de oferecer as melhores soluções para todo o setor (HUBIC, 2023).

Entende-se, também, as potencialidades criativas de construção projetual em design, impulsionadas em ambientes de inovação, onde as possibilidades formais, visuais e projetivas perpassam novas concepções e conectam, não apenas diferentes processos produtivos, mas também materiais com características diversas. Compreende-se, portanto, que relacionar materiais como o concreto/argamassa para a produção de mobiliários públicos, a processos produtivos não convencionais e digitais é uma estratégia que permite abundância de soluções projetuais em design.

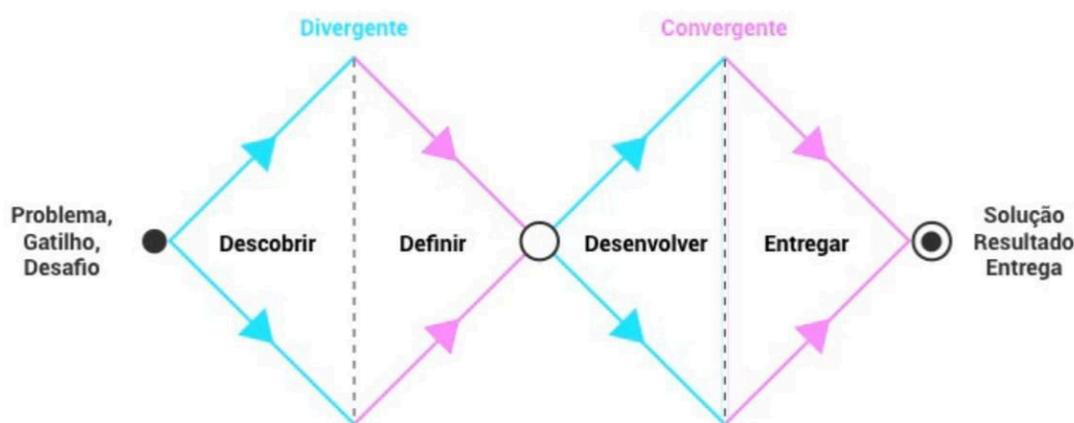
3 Metodologia

A proposta investigativa do estudo aqui descrito se desenvolve em caráter qualitativo, experimental, projetivo e laboratorial e está vinculada ao campo do design de produtos, assim como também aos campos das tecnologias de fabricação digital e manejo de resíduos arbóreos. O procedimento metodológico escolhido para nortear o desenvolvimento foi o Duplo-Diamante, desenvolvido pelo Conselho de Design do Reino Unido ([DESIGN COUNCIL](#)). Esse método é parte integrante de processos internos ao design thinking (DT), metodologia que centra o projeto em design no usuário, promovendo um sistema não linear e integrando a fase de projeto a um componente experimental (Gomes, 2017). O método foi escolhido por possibilitar a implementação de diferentes estratégias que levem a mais de uma solução para o problema, além de permitir a revisitação de etapas e a categorização de possibilidades projetivas conforme a proposta. Como método projetivo, o DT procura estudar o design como disciplina e processo a partir da maneira como reenquadra contextos de uso, identifica novas necessidades e alcança soluções inovadoras.

Comumente associada ao método do design thinking, está a metodologia do duplo-diamante (*double-diamond*), empregada também no projeto aqui descrito. O duplo-diamante sistematiza conceitos do design thinking em etapas de desenvolvimento projetivo,

potencializando os processos de inovação. De modo geral, esse método se desenvolve em quatro fases distintas, divergindo quando é necessário compreender amplamente a cadeia de possibilidades e convergindo, quando precisa-se definir diretrizes e alternativas, encaminhadas posteriormente para testes com o usuário. As fases se desenvolvem em: *Descobrir*, *Definir*, *Desenvolver* e *Entregar*.

Figura 8 - Diagrama básico da metodologia Duplo-Diamante.



Fonte: Adaptado Página institucional Sebrae inovação

O processo metodológico se inicia na etapa “Descobrir”. Neste momento inicial da investigação é feito um levantamento dos contextos de estudo, de modo a estabelecer uma maior compreensão do problema, à exemplo deste estudo, por meio do aprofundamento teórico descrito no item 2. Em seguida, durante a etapa “Definir”, é analisada e sintetizada a informação recolhida, de modo a identificar requisitos de projeto específicos e estabelecer a conceituação de projeto, que possibilite enquadrar, de forma abrangente, o momento de ideação posterior (Gomes, 2017). Os dados coletados na pesquisa preliminar, somados aos requisitos de projeto do objeto de estudo, no caso, o mobiliário urbano, são incorporadas ao processo de geração e seleção de alternativas, onde delimitam-se possíveis soluções.

A fase seguinte, “Desenvolver”, costuma ser mais ampla do que as anteriores. Desenvolvem-se experimentações construtivas no ambiente digital, no caso do estudo em questão, para modelagem digital de uma família de mobiliários urbanos. É importante destacar que a fase de prototipagem pode ser revisitada várias vezes, até que se alcance uma solução satisfatória. Nesta etapa, são elaborados, ainda, procedimentos de coleta e análise de dados acerca dos processos projetivos desenvolvidos até então. Por fim, a partir da análise de dados na fase anterior, a etapa “Entregar” visa estruturar o refinamento do projeto que melhor se adequa ao contexto da pesquisa e desenvolver documentos padronizados que permitam a reprodução.

O duplo-diamante, ancorado na perspectiva do design thinking, mostrou-se um método adequado para o desenvolvimento da pesquisa aqui descrita, uma vez que permite uma abordagem não-linear e revisitação de fases anteriores em qualquer momento do estudo, de modo a enriquecer o desenvolvimento. Apesar da construção metodológica apontar as potencialidades do DT, diversas metodologias auxiliares foram correlacionadas em etapas de

definição e desenvolvimento projetivo, que compreendem: Entrevistas síncronas e assíncronas, por meio de formulários online e entrevistas semiestruturadas; Desenvolvimento de diretrizes de projeto; Nuvem de palavras; Brainstorm de ideias conformativas; Matriz GUT (gravidade, urgência e tendência); Matriz de valor e esforço; Painel semântico e; Clínicas de sketches, utilizando os dados reunidos até então na pesquisa vinculada. Os métodos serão conceituados durante a exposição dos processos ao longo do item 4 – Resultados.

4 Resultados

Os resultados apresentados no presente artigo desenvolvem a construção projetiva de uma família de mobiliários urbanos voltadas para a comunidade discente da FAU-USP e são organizados da seguinte forma: a) Aplicação de metodologias no projeto de mobiliário urbano; e b) Síntese e elaboração projetiva. No tópico 4.1, descrevem-se métodos auxiliares aplicados na construção e direcionamento projetivo dos mobiliários. Os métodos, como um todo, visam facilitar a criatividade e construir uma linha de raciocínio projetual coesa, sistematizando processos e facilitando a visualização das etapas. No tópico 4.2, estabelece-se uma síntese do projeto desenvolvido a partir das metodologias, denotando-se os processos de sketches, modelagem virtual, renderings, detalhamento técnico e conformação final do projeto.

4.1 Aplicação de metodologias no projeto de mobiliário urbano

Neste tópico, descrevem-se as metodologias auxiliares aplicadas no projeto aqui descrito em 5 itens: a) Pesquisas síncronas e assíncronas com os usuários; b) Definição de diretrizes de projeto; c) Nuvem de palavras e Brainstorm de ideias conformativas; d) Matriz GUT e Matriz de valor e esforço e; e) Painel de referências. Os itens descritos aqui inserem-se nas fases de “Descobrir” e “Definir”, delimitadas pela metodologia Duplo-Diamante.

4.1.1 Pesquisas síncronas e assíncronas com os usuários

Para iniciar a construção projetiva orientada neste artigo, utilizou-se o método “Entrevistas com os usuários”. Desenvolveu-se etapas de pesquisa síncronas e assíncronas, visando validar as observações empíricas acerca da baixa utilização do espaço urbano ao redor do instituto da FAU-USP; compreender as especificidades de uso do público alvo; as características espaciais do ambiente de inserção do mobiliário e; as referências visuais e conceituais percebidas individualmente pelos usuários.

De forma assíncrona, aplicou-se um formulário online por meio da plataforma “Formulários do Google”, contendo 16 perguntas organizadas em 2 seções. O formulário foi enviado aos grupos das turmas de ambos os cursos, por meio do aplicativo de mensagens WhatsApp e ficou aberto para resposta única do período de 24 de fevereiro a 16 de março. Se esperava entender quais são as principais necessidades, potências e faltas percebidas pelos estudantes em relação às áreas externas do instituto, visando tornar esses ambientes mais atrativos, aumentar a utilização no dia

a dia e atender as demandas estudantis. No total, o formulário obteve 41 respostas. O perfil geral do usuário estabelecido sente falta de um mobiliário externo projetado, principalmente, para descanso e passar o tempo, mas também para desenvolver trabalhos em grupo, estudar e se alimentar. Também declara que o utilizaria regularmente, se houvesse um mobiliário urbano que atendesse tais necessidades.

Figura 9 – Resultado da pergunta “Se houvesse um mobiliário para dar suporte aos alunos nas áreas externas da FAU, você o utilizaria?”



Fonte: Retirado da plataforma “Formulários do Google”

Figura 10 – Resultado da pergunta “Você sente falta de um mobiliário projetado para os estudantes nas áreas externas da FAU?”



Fonte: Retirado da plataforma “Formulários do Google”

Finalizando a etapa assíncrona de pesquisa, entrou-se em contato com os participantes que preencheram o formulário e declararam disponibilidade para participar da etapa síncrona. Dentre estes, 10 (dez) discentes retornaram o contato e se dispuseram a participar de entrevistas síncronas online, utilizando roteiro semiestruturado, por meio da plataforma Google Meet.

Certas problemáticas e conceitos foram amplamente comentados e reiterados pelos alunos durante as entrevistas síncronas, dentre eles: O concreto é visto como um elemento indissociável da percepção que o corpo discente tem do instituto, no que diz respeito à própria construção do edifício. Entretanto, também é um material que sintetiza as principais dificuldades dos entrevistados, como: o desconforto térmico, advindo de questões estruturais do instituto FAU-USP e do concreto armado, que retém o calor durante o verão, mas permanece frio no inverno; a possibilidade de intervenção espacial, delimitado pela grande quantidade de grafites e pichações nas paredes do instituto e; a amplitude e transitoriedade dos ambientes, que, de acordo com os alunos entrevistados, afasta a ocupação dos espaços. Também se destaca que, para todos os entrevistados em menor ou maior grau, a principal justificativa para a pouca utilização dos espaços externos baseia-se na falta de suporte físico, tais como bancos, mesas, lixeiras e outros mobiliários. Todos os entrevistados da fase síncrona de pesquisa afirmaram que utilizariam com mais frequência os espaços externos, caso houvessem mobiliários voltados para suas necessidades, possibilitando a utilização dos espaços de maneira tanto individual quanto em grupo.

Destaca-se ainda, que o mobiliário será desenvolvido para implementação em um ambiente transitório entre o prédio principal e o anexo da FAU-USP, ambiente transitório entre o prédio principal e o anexo da Seção Técnica de Modelos Ensaios e Experimentações construtivas, popularmente chamado pelos discentes de “gramado entre a FAU e o STMEEC”. Esse ambiente foi escolhido a partir dos resultados da pesquisa com os usuários como o espaço com a maior necessidade de mobiliários urbanos, ampliando a utilização e proporcionando um novo ambiente de lazer ao ar livre para o público alvo.

4.1.2 **Definição de diretrizes de projeto**

Diante dos resultados descritos até então foi possível visualizar a necessidade de um mobiliário urbano voltado para a comunidade discente e estabelecer um problema de projeto a ser desenvolvido, delimitado como: *O projeto de uma família de mobiliários urbanos, abrangendo um mote sobretudo de descanso e tempo de qualidade, tanto individual quanto coletivo e referenciando características visuais e conceituais dos usuários quanto ao espaço do instituto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da USP.* A partir da definição do problema e escopo da construção projetual, buscou-se descrever “Requisitos ou Diretrizes de projeto”, uma metodologia de análise de dados em design que busca sintetizar a fase de pesquisa desenvolvida em diretrizes escritas. Assim, será possível nortear a construção futura a partir da tabulação das necessidades, possibilidades de desenvolvimento e exploração do material apontadas. Os requisitos de projeto aqui descritos precedem as fases de desenvolvimento em um projeto de design e foram construídos de maneira a não limitar a diversidade de conceitos e possibilidades construtivas.

Figura 11 – Requisitos de projeto

Requisitos de projeto

Requisitos estético-visuais e conceituais

- projeto deve aparentar visual e esteticamente ser uma família de objetos coesa;
- projeto deve apresentar componentes em formas orgânicas e arredondadas;
- projeto deve valorizar visualmente as formas e cores da madeira proveniente de resíduos arbóreos;
- projeto deve utilizar prioritariamente a madeira de poda como elemento visual predominante;
- projeto deve prever a possibilidade de deitar/recostar.

Requisitos técnico-formais

- projeto deve ser modular;
- projeto deve ser paramétrico e de fácil replicação;
- projeto deve interseccionar a madeira à outros materiais;
- projeto deve interseccionar várias espécies de madeira em sua conformação;
- projeto deve utilizar as tecnologias de fabricação digital disponíveis no STMEEC como principal processo de conformação;
- projeto deve utilizar pouco ou nada os processos analógicos de conformação da madeira/cimento/ outros materiais;
- projeto deve apresentar ergonomia adequada à maior quantidade de pessoas possível;
- projeto deve permitir integração entre usuário e material;
- projeto precisa estabelecer conexões com o solo feitas de cimento;
- projeto precisa dar suporte ao corpo;
- projeto precisa dar suporte para bolsas e mochilas;
- projeto precisa ser produzido com materiais e acabamentos que suportem intempéries (chuva, sol, vento, granizo, etc);
- projeto pode apresentar elementos em madeira/cimento colados;
- projeto pode apresentar elementos em madeira/cimento fixados por meio de suportes e parafusos.

Requisitos de implementação

- projeto deve permitir que a família de objetos seja reorganizável;
- projeto deve permitir ao menos 3 possibilidades de uso diferentes;
- projeto deve ser voltado para lazer e descanso dos alunos;
- projeto deve ser voltado para integração em grupo de alunos;
- projeto deve permitir a utilização individual, se necessário;
- projeto deve permitir o uso por tempo prolongado;
- projeto deve ser adaptado à topografia e desníveis do local;
- projeto precisa dar suporte à alimentação individual/em grupo;
- projeto precisa possibilitar o suporte para o material dos cursos de Arquitetura e Design;
- projeto precisa possibilitar conforto térmico tanto para dia quanto para noite;
- projeto precisa possibilitar conforto físico/ambiental adaptado ao local de inserção;
- projeto precisa ser difícil de ser levado embora/roubado por terceiros.

Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.3 Nuvem de palavras e brainstorm de ideias conformativas

A metodologia denominada “Nuvem de Palavras” foi utilizada para sintetizar os principais conceitos e ideias requeridos a partir da análise com os usuários e estabelece conexões hierárquicas entre os termos. Ela permite uma visualização ampliada das ideias e ajuda a nortear a construção projetiva futura para o designer.

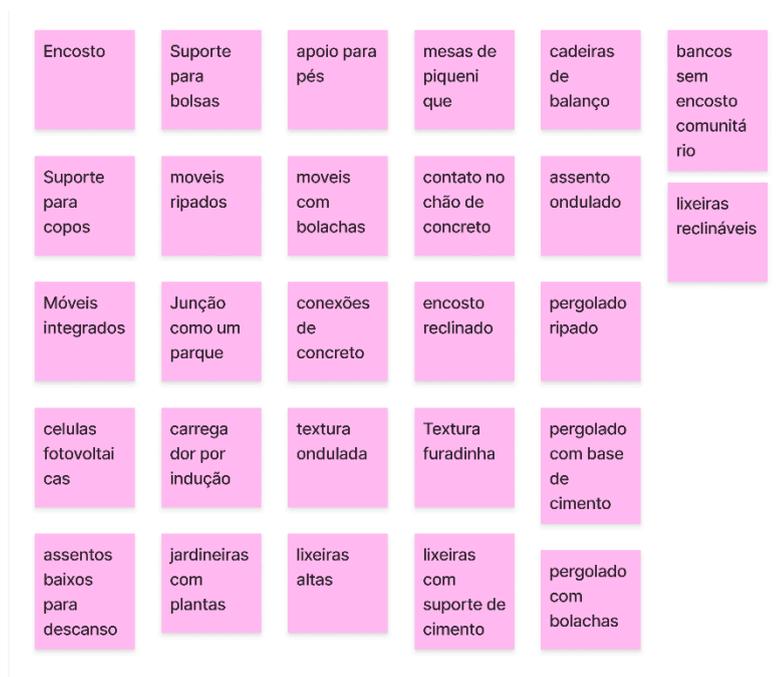
Figura 12 – Nuvem de palavras



Fonte: Elaborado pelos autores

Em seguida, a partir da análise geral das Nuvem de Palavras e considerando as opiniões e direcionamentos do corpo discente reunidos na etapa de entrevistas síncronas e assíncronas, foi elaborado um brainstorm de ideias conformativas. A metodologia foi implementada da seguinte forma: durante o período de dez minutos, pontuou-se uma grande diversidade de soluções de mobiliário urbano, tanto referente às tipologias plausíveis quanto a possíveis soluções técnicas e visuais. O processo foi repetido 3 vezes, em um período de uma hora, resultando em 27 (vinte e sete) possíveis direções conformativas. É interessante destacar que, durante a etapa de brainstorm, é desaconselhado reprimir ou filtrar ideias que aparentam ser inviáveis ou extremamente simples, permitindo que todo tipo de direcionamento seja considerado. Dessa forma, as ideias geradas por essa metodologia estão descritas a seguir:

Figura 13 – Brainstorm de ideias conformativas



Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.4 Matriz GUT e Matriz de valor e esforço

Em seguida, foi utilizada a metodologia da Matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) para filtrar as principais ideias geradas pelo brainstorm. Essa metodologia se desenvolve por meio da atribuição de pontuações de 1 a 5 aos conceitos filtrados, por meio dos critérios de “gravidade”, “urgência” e “tendência”, nesse caso, voltados ao mobiliário urbano. No projeto aqui descrito, o critério *gravidade* se refere à latência da necessidade de uma função específica percebida pelo designer; o critério *urgência* se refere à importância atribuída pelos usuários e pelo designer quanto à necessidade rápida de implementação ou não da funcionalidade no projeto futuro; e o critério de *tendência* se refere à quantidade de vezes em que a necessidade de certa função foi citada pelos usuários na fase de pesquisa. Ao final, as pontuações atribuídas em cada critério foram multiplicadas e estabeleceu-se uma nota de corte de 45 (quarenta e cinco) pontos. As funcionalidades com pontuação acima foram mantidas para posterior filtragem.

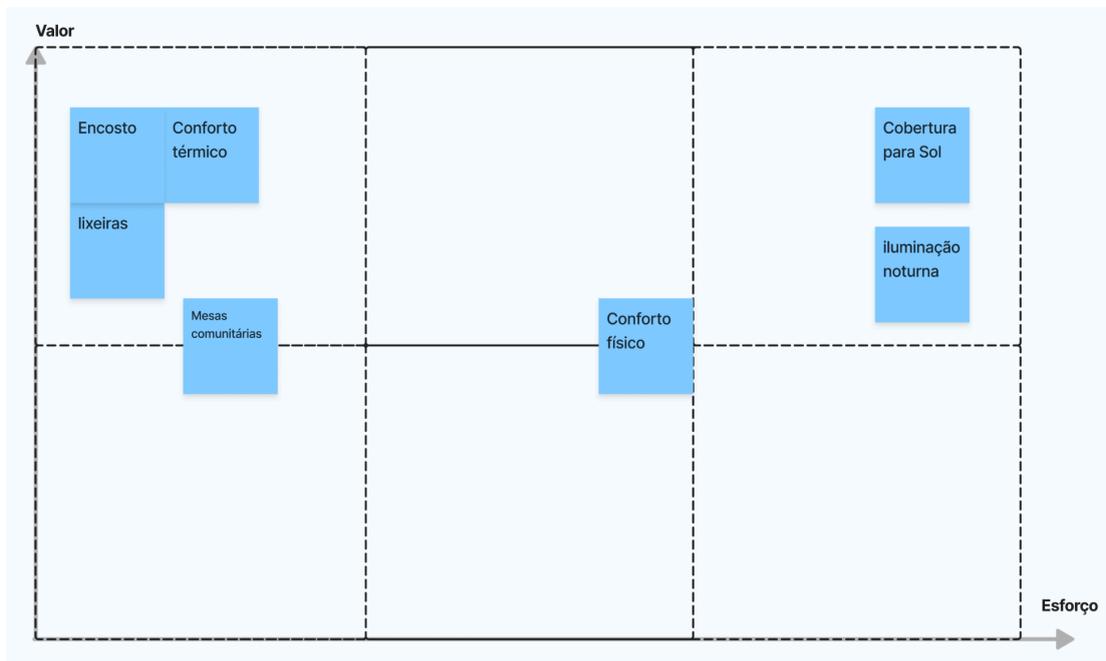
Figura 14 – Matriz GUT (gravidade, urgência e tendência)

	GRAVIDADE G	URGENCIA U	IMPORTANCIA T	TOTAL (GxUxT)
Encosto	5	5	5	125
Mesas comunitárias	4	3	4	48
Deitar	3	3	4	36
Cobertura para Sol	5	4	5	100
Iluminação noturna	5	5	5	125
Cobertura para chuva	3	3	4	36
acesso à internet	4	2	3	24
lixeiras	4	4	4	64
Conforto físico	5	4	4	80
Estações de trabalho comunitárias	3	2	3	18
Conforto térmico	5	4	3	60
Estações de carregamento	3	3	3	27
Conforto ambiental	3	3	3	27
Jardineiras	2	1	2	4

Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, visando finalizar a filtragem de possíveis funcionalidade e conceitos projetuais, foi desenvolvida uma matriz de valor e esforço com as funcionalidades que passaram pela nota de corte da Matriz GUT. A matriz de valor e esforço é um método que correlaciona o valor projetual percebido de alguma funcionalidade, ao esforço necessário para sua elaboração e implementação. Dessa forma, é possível compreender a necessidade real das funções em relação ao tempo de projeto e priorizar as funções com maior valor e menor esforço, facilitando a produção e inserção do mobiliário em um contexto real. As funções que estão na parte superior esquerda do gráfico, de maior valor e menor esforço, foram mantidas e as funções presentes na parte superior direita, descartadas do projeto.

Figura 15 – Matriz de Valor e Esforço



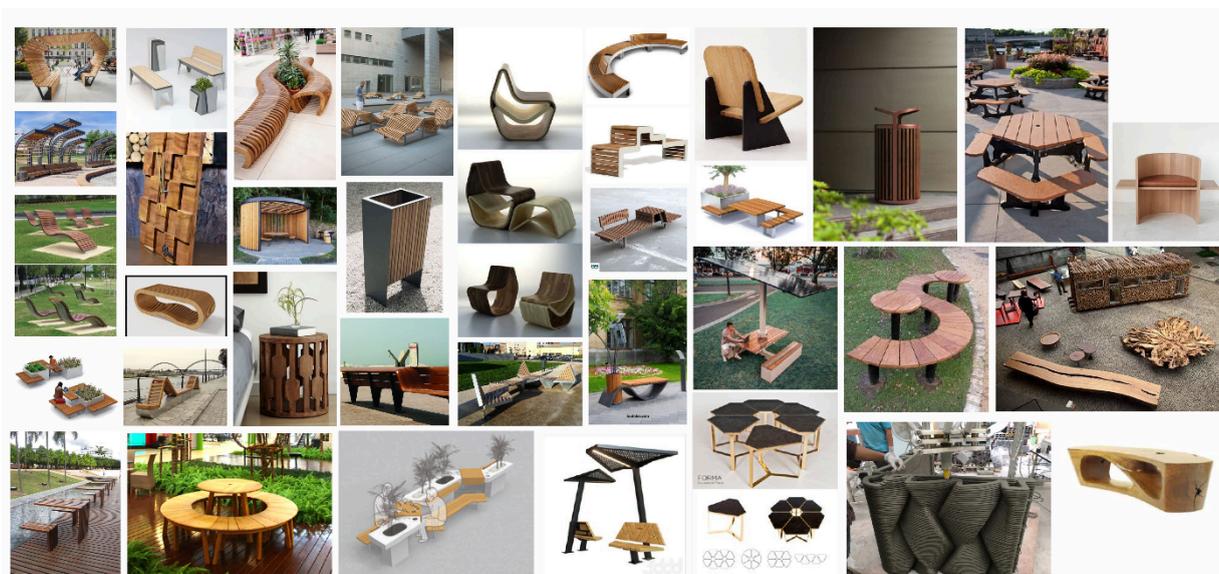
Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa forma, os resultados advindos das metodologias aplicadas na fase de definição conceitual foram analisados e se estabeleceu, a partir das funcionalidades delimitadas, as tipologias de mobiliários que seriam de maior valia para o projeto em desenvolvimento. Conclui-se, então, que o projeto definido para a família de mobiliários urbanos apresentará: **Um banco coletivo com encosto; Um banco coletivo sem encosto; Uma lixeira; Uma cadeira individual com encosto e; Uma mesa comunitária.**

4.1.5 Painel de referências

A fim de iniciar as experimentações construtivas, buscou-se sintetizar as referências visuais por meio do *moodboard* ou “painel de referência”, a partir de projetos similares acadêmicos ou de estúdios, sites institucionais e plataformas onde é possível encontrar exemplos de design. Dessa forma, foi possível compilar e organizar uma boa quantidade de referências estético-visuais que se adequassem ao contexto da pesquisa vinculada, assim como à fase de entrevistas com usuários, apresentadas em um painel semântico a seguir:

Figura 16 – Painel de referências visuais



Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 Síntese e elaboração projetiva

A partir da construção projetiva apresentada, sintetizou-se as necessidades e referências necessárias para elaboração dos formatos finais. O mobiliário foi batizado de **Mobiliário Traço**, referenciando o conceito de “Desenho” e “Traçado”, além de “Traço” como característica de uma personalidade. O ambiente de implementação futura do projeto, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design, se relaciona intimamente com o ato do desenho, traçando linhas para a construção de objetos, edifícios e produtos, além de estar presente nas paredes do edifício por meio dos grafites e pichações. Dessa forma, o desenho é um traço da personalidade, do ambiente e da percepção que os estudantes dispõem do instituto, sendo uma referência adequada para nomear um projeto desenvolvido para as necessidades desse público.

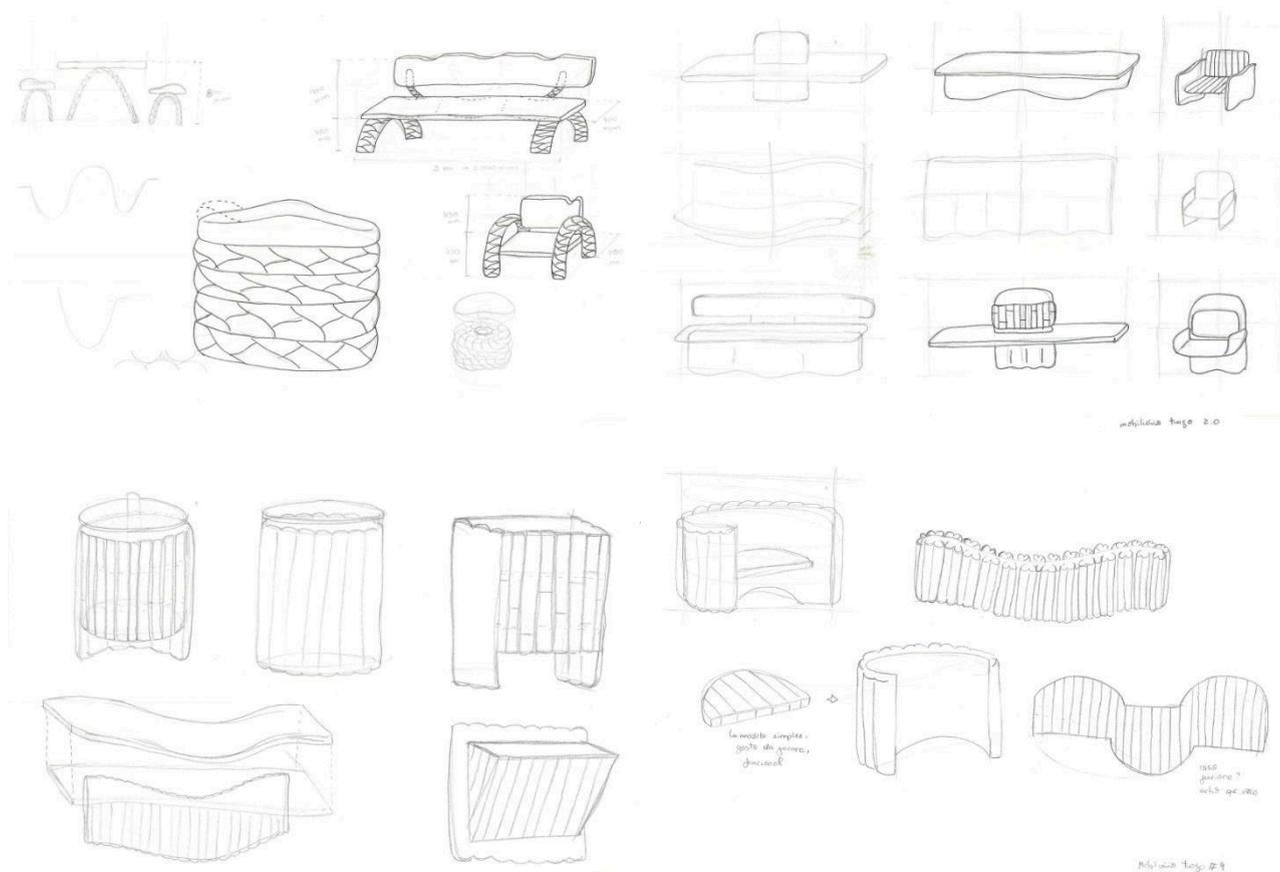
Como possibilidade projetual experimental da pesquisa vinculada, visou-se estabelecer uma inter-relação entre a madeira oriunda de poda urbana e a argamassa impressa em 3D nas peças. Compreende-se, por conta das dimensões baixas e das características visuais da madeira de poda, que a utilização deveria ser feita por meio da união de ripas de pequenas dimensões e se utilizando da variedade de espécies disponíveis, a fim de valorizar o formato da grã, as cores e as texturas. Ademais, a partir das necessidades estruturais do projeto utilizando a impressão 3D em argamassa, a formatação e o uso do cimento aqui descritos foram estruturados de maneira a se adequar ao processo produtivo idealizado.

4.2.1 Geração de alternativas físicas e virtuais

Partindo, assim, da definição projetual e dos métodos apresentados no item 4.1, iniciou-se a fase de geração de alternativas por meio de sketches, buscando lapidar os formatos possíveis para a família de mobiliário aqui descrita. Dirigiu-se assim, clínicas elaboradas por meio de *thumbnails*, um método que visa elaborar uma grande quantidade de soluções projetivas em um

curto período de tempo, dispondendo-as lado a lado para comparação visual e definição dos desenhos mais promissores tanto esteticamente quanto formalmente. Foi compreendido que as conexões com o solo deveriam ser feitas em argamassa, enquanto, nos pontos de interface entre objeto e usuário, preferencialmente seria utilizada a madeira. Parte dos sketches elaborados nessa fase estão descritos a seguir, de acordo com o direcionamento de projeto adotado:

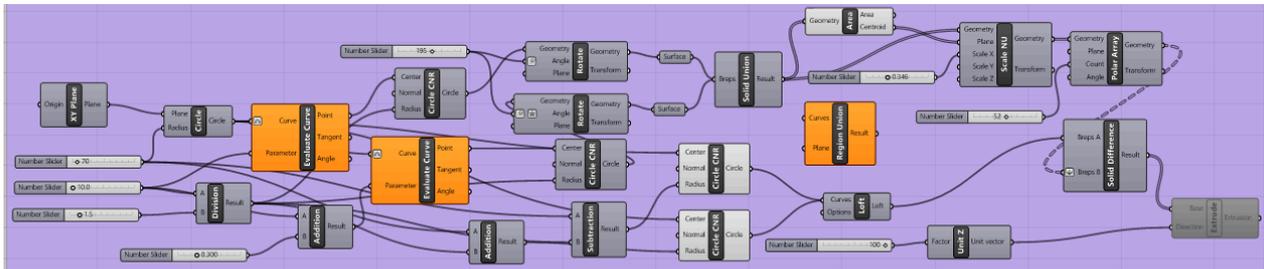
Figura 17, 18, 19 e 20 – Geração de alternativas por meio de sketches físicos



Fonte: Elaborado pelos autores

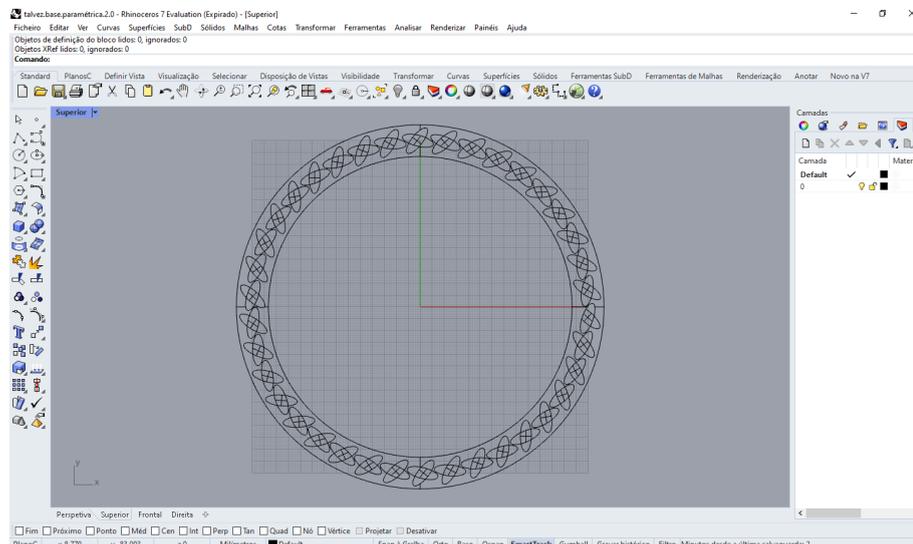
A seguir, os formatos foram direcionados para elaboração das alternativas em modelagem paramétrica, utilizando os softwares Rhinoceros 3D, por meio do plugin Grasshopper, e Fusion 360, ambos em licença educacional disponibilizada pelas empresas aos laboratórios e estudantes de universidades públicas. A metodologia de desenvolvimento da parametrização perpassou a conformação em *mandala*, método que constrói uma padronagem ao redor de um centro pré-determinado e permite destrinchar os formatos com grande diversidade de resultados, elaborada dentro do plugin Grasshopper. Foram construídas três modelagens semelhantes, utilizando o mesmo código programado e modificando seus parâmetros internos, exemplificado na figura 21. Levando em conta o uso da modelagem paramétrica como experimentação junto às potencialidades e restrições da tecnologia de impressão 3D com argamassa, definiu-se então, o formato paramétrico que deveria seguir para a elaboração projetiva, apresentado na figura 22:

Figura 21 – Código elaborado para a modelagem paramétrica.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 22 – Padrão paramétrico utilizado.

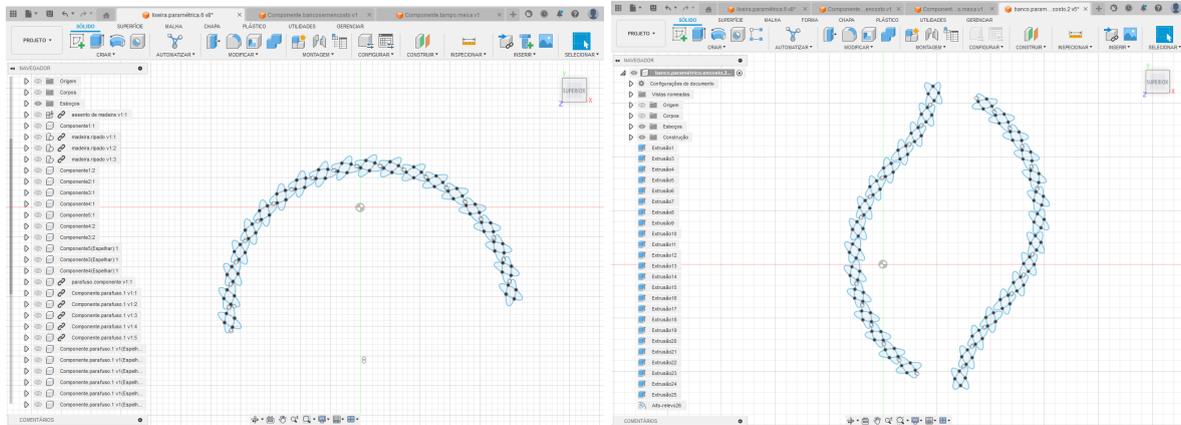


Fonte: Elaborado pelos autores e retirada da interface do Rhinoceros 3D

Em seguida, o padrão paramétrico desenvolvido foi exportado em arquivos no formato .DXF e o projeto passou por etapas de modelagem virtual e aprimoramento no software Fusion 360. Tanto o Fusion 360 quanto o Rhinoceros 3D dispõem de uma alta portabilidade, compartilhando várias extensões de arquivo, o que facilitou a modelagem aqui descrita. Dessa forma, utilizou-se sobretudo o software Fusion 360 para a elaboração dos modelos virtuais, por sua interface intuitiva e sistema aberto em licença acadêmica, além da possibilidade de testes de resistência nativos ao software. O Fusion 360 apresenta um fluxo de modelagem em formato de “árvore de componentes”, que parte do sketch das formas, corpos extrudados, modificações no corpo e os componentes criados para a peça final. Essa organização facilita a visualização dos modelos para o designer e permite a modificação direta, específica e rápida dos formatos em ambiente digital.

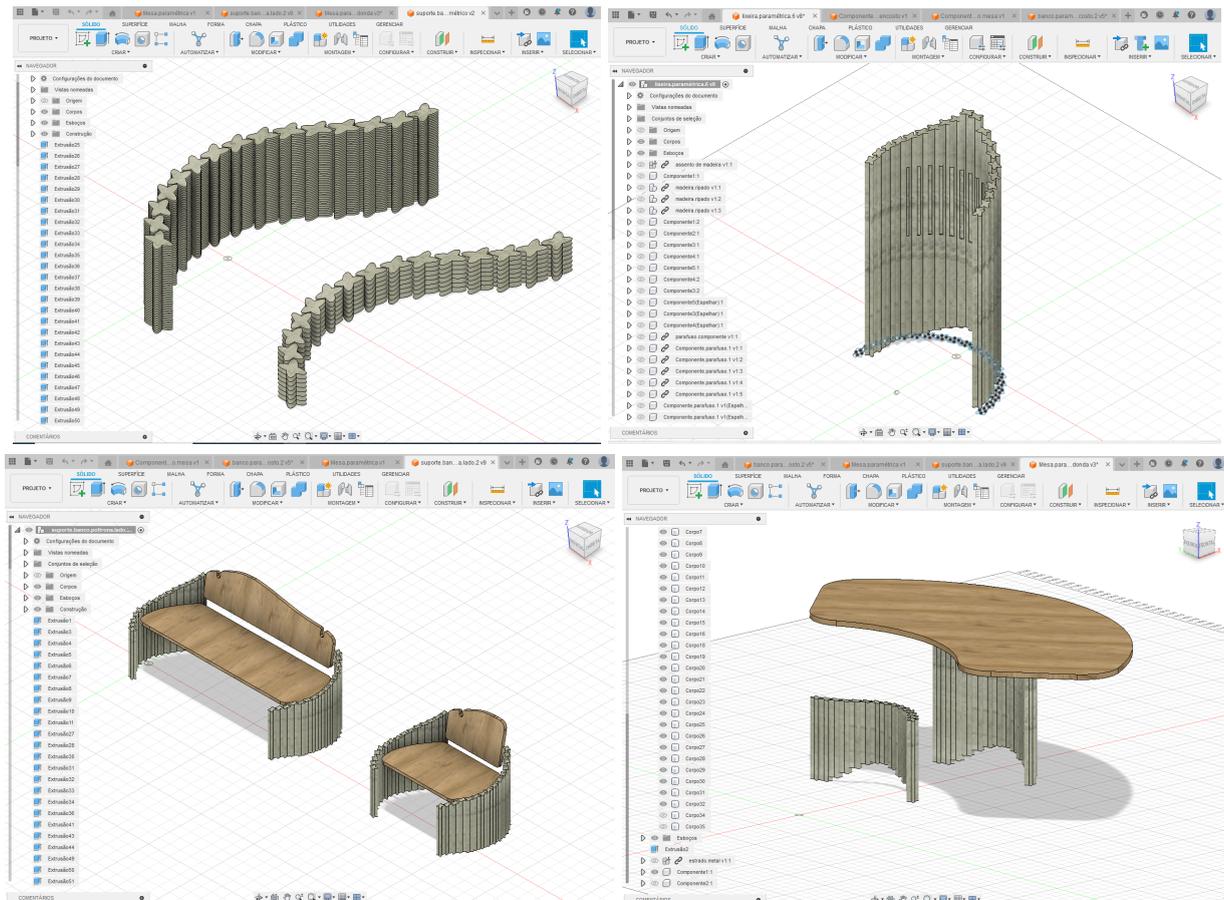
A partir do formato criado, dirigiu-se experimentos formais com o padrão paramétrico, modificando a relação entre os elementos e gerando resultados visuais e conformativos que se adequem à produção de mobiliários urbanos. Em seguida, os sketches e formatos construídos no Fusion 360 foram extrudados em corpos e dirigiu-se estudos nos modelos visando a conformação futura por meio da impressão 3D com argamassa. A madeira de poda urbana foi introduzida como elemento construtivo na modelagem, assim como conexões de metal, parafusos e encaixes.

Figura 23 e 24 – Formatos desenvolvidos a partir do padrão paramétrico



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 25, 26, 27 e 28 – Evolução do processo de modelagem



Fonte: Elaborado pelos autores

4.2.2 Proposta final desenvolvida

A modelagem virtual das 5 (cinco) tipologias de mobiliário urbano delimitadas na fase de conceituação foi desenvolvida e aprimorada, passando por redesenhos conforme a compreensão das capacidades produtivas e projetivas avançou. A proposta final desenvolvida para o **Mobiliário Traço** foi um conjunto de 5 peças que compartilham características estético-visuais, apresentando elementos modulares paramétricos em argamassa impressa e interfaces em madeira oriunda de podas urbanas. A família prevê a utilização de um estrado de metal inserido com a madeira, para melhor sustentação e conexão com a argamassa impressa em 3D, fixado por parafusos específicos para cimento. Os mobiliários desenvolvidos estão apresentados a seguir:

Figura 29 e 30 – Renderização final dos mobiliários produzidos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 Conclusões

É possível compreender a partir do desenvolvimento projetivo apresentado que, o design como disciplina tem potencial para estabelecer intersecções com diversas áreas do conhecimento, como a arquitetura e urbanismo e a engenharia de produção, visando relacionar a *expertise* do projeto em design de produtos às características técnicas e dimensões holísticas de áreas correlatas. Essa conexão possibilita implementar estratégias de projeto que favorecem a produção assertiva do objeto, entendendo as necessidades do público e adaptando-as ao contexto.

Depreende-se que a conexão entre matéria primas não convencionais — como a madeira oriunda de poda urbana — e processos produtivos experimentais — dentre eles a impressão 3D com argamassa e outras tipologias de fabricação digital — também denotam a capacidade inventiva e inovadora do design de produtos, sobretudo a partir das especificidades do contexto brasileiro, possibilitando aprimoramentos tanto estéticos quanto formais voltados aos objetos dispostos no dia a dia das cidades. Assim, o design capacita-se a estabelecer intersecções com outras áreas, visando a promoção de elementos que instiguem a população dos centros urbanos a encararem os espaços públicos como parte integrante da identidade cultural, permitindo, ainda, que matérias primas não usuais sejam introduzidas na cadeia produtiva, aquecendo a economia local e promovendo a inovação.

Por fim, retira-se das experimentações construtivas apresentadas que a utilização

sistemática de metodologias auxiliares foi de suma importância para a visualização dos processos que atravessam o projeto em design de produtos, sobretudo utilizando métodos produtivos não convencionais. Além disso, compreendeu-se que o processo projetivo da família de mobiliários urbanos, objeto de estudo descrito, atingiu as expectativas quanto às características inerentes aos materiais e processos utilizados no projeto, ao ambiente de implementação e às necessidades dos usuários, definidas a partir do Duplo-Diamante. Para o artigo aqui descrito, decidiu-se não apresentar as etapas de modelagem física em escala reduzida previstas na pesquisa vinculada, entretanto, as soluções projetivas e produtivas implementadas no projeto se mostraram viáveis para implementação em ambiente físico e escala 1:1, além da produção aplicada em modelos e protótipos 1:5.

Considera-se, ainda que a utilização experimental de tecnologias de fabricação digital e modelagem paramétrica aplicadas ao contexto projetivo necessita de mais estudos, sobretudo no que diz respeito às tecnologias de impressão 3D com argamassa, ainda iniciais no Brasil. Ademais, a iniciativa de interseccionar o cimento/argamassa junto à madeira oriunda de poda para o projeto de mobiliário urbano se mostrou inovadora. Entretanto, entende-se que são necessárias pesquisas mais robustas, a fim de sistematizar os processos construtivos ao redor da utilização da impressão 3D com argamassa associada à madeira advinda de resíduos arbóreos.

6 Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio dado por meio da bolsa de iniciação científica concedida, assim como à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da USP (FAU-USP) e à Seção Técnica de Modelos, Ensaios e Experimentações Construtivas (STMEEC), pela disponibilização de materiais, laboratórios e equipamentos essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

7 Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9050: TERMOS, DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS, 2020**. Rio de Janeiro. 2020
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9283: TERMOS, DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS, 2020**. Rio de Janeiro. 2015
- ABRÃO, Júlia; NUNES, Viviane. **Implicações ambientais na Fabricação Digital: Insustentabilidade no processo da CNC Fresadora**. 7º simpósio de design sustentável SDS. Recife. October 2019.
- ALVEZ, A., VIEIRA, V., NAKATA, L., MICHELAN, H., & BARATA, T. **MOBILIÁRIO URBANO COM MADEIRA DE REFLORESTAMENTO: DESENVOLVIMENTO DE PROJETO E PRODUÇÃO DE MODELO EM ESCALA REDUZIDA**. MIX Sustentável, 2(1), 37–44. São Paulo, 2016. v2.n1.37-44.
- ARRUDA. Amanda M. MANDOLINI. **Mobiliário para espaços expositivos com madeira de poda**. Bacharelado em Design – Habilitação Design Industrial. Centro Universitário Senac. São Paulo. 2011.

ASPRONEA, Domenico; MENNAA Constantino; BOSB, Feek; SALETB, Theo; MATA-FÁLCOND, Jaime; KAUFMANN, Walter. **Rethinking reinforcement for digital fabrication with concrete**. Available online 11 June 2018 0008-8846/ © 2018 Elsevier Ltd.

BARBOSA. Mãe Ana. FACCA. Alquezar Claudia. FERNANDES. Adriana. ALVES. Jorge Lino. RANGEL. Barbara. **A IMPRESSÃO 3D E AS TECNOLOGIAS EMERGENTES DE FABRICAÇÃO DIGITAL: A (r)evolução nos processos de ensino de design, engenharia e manufatura**. São Paulo. 2019.

BUSWELL, Richard A.; LEAL DE SILVA, W.R.; JONES, S.Z.; DIRRENBARGER, J. **3D printing using concrete extrusion: a roadmap for research**. Cement and Concrete Research. 2006

COSTA. Gabriel C; SIMONA, Douglas Alexandre. **UM PANORAMA SOBRE A IMPRESSÃO 3D DE CONCRETO**. Revista FT. Rio de Janeiro. RJ. 2024 BIDERMAN, C.; COZAC, L. F. L.; REGO, J. M. **Conversas com economistas brasileiros**. 2.ed. São Paulo: Ed. 34, 1997.

DIGIANDOMENICO, D.; LANDIM, G.; FISCHER, H. **Traçado: recursos computacionais aplicados no processo de projeto de mobiliário urbano**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 47-58 2017.

EL-SAYEGH, S.; ROMDHANE, L.; MANJIKIAN, S. **A Critical Review of 3D Printing in Construction: Benefits, Challenges and Risks**. Archives of Civil and Mechanical Engineering. Volume 20, 2020.

FERROLI, Paulo Cesar Machado; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; FRADE, José Manuel Couceiro Barosa Correa; BARTOLO, Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha. **Materiais e Sustentabilidade em Mobiliário Urbano**. MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 4, p. xx-xx, nov. 2019. ISSN 24473073.

FORMIGA. Caio Vinicius Efigênio; CARNEIRO. Marcos Lajovic. **Impressão 3D em Concreto: Revisão da Literatura e Desafios**. XL ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020.

FORTY, Adrian. **Objetos de Desejo – Design e Sociedade desde 1750**. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

GERSHENFELD, N. **Fab: the coming revolution on your desktop: from personal computers to personal fabrication**. Basic Books, 2005.

GOMES, Rute. **Design de mobiliário para um uso flexível da habitação Enquadramento, Requisitos Funcionais e Protótipo**. Doutorado em Design. FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DE LISBOA FAUL. Lisboa PT. Julho 2017

LOWDERMILK, Travis. **Design Centrado no Usuário**. Editora Novatec. São Paulo. 2013.

MARTINS. Carlos Humberto. **O aproveitamento de madeiras das podas da arborização viária de Maringá/PR**. Artigo Científico. ISSN 1981-8203. Revista Verde (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 2, p. 257 - 267, abr – jun , 2013.

MALAGUTTI. S. Cyntia. **Resíduos da arborização urbana na prática do design: Uma abordagem exploratória**. Artigo apresentado no 13º Seminário Internacional NUTAU 2020. São Paulo, SP.

MONTENEGRO, Glielson. **A produção do mobiliário urbano em espaços públicos: o desenho do mobiliário urbano nos projetos de reordenamento das orlas do RN**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte Natal, 2005.

PENNA. Nelba Azevedo. **URBANIZAÇÃO, CIDADE E MEIO AMBIENTE**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, N° 12, 2002.

PUPO, Regiane Trevisan. **Inserção da PROTOTIPAGEM e FABRICAÇÃO DIGITAIS no processo de**

projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura. Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2009

ROCHA, Ana Júlia; SOUZA, Renata; REDA, André Luiz; SILVA, Gilberto. **DESTINAÇÃO SUSTENTÁVEL DO RESÍDUO DA PODA DE ÁRVORES URBANAS.** XV Safety, Health and Environment World Congress. © 2015 COPEC. July 19 - 22, 2015, Porto, PORTUGAL

SEELY, Jennifer Ck. **DIGITAL FABRICATION IN THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS.** 2004. Dissertação (Mestrado) - Arquitetura, Massachusetts Institute Of Technology, Cambridge, 2004.

SCHWITTER, Craig, **“Engineering Complexity: performance-based design in use”**, in Performative Architecture: Beyond Instrumentality Eds Kolarevic, B, Malkawi, A M (Spon Press, London). 2005.

VILLAÇA, Flávio. **São Paulo: segregação urbana e desigualdade.** Estudos avançados 25. 2011

VOLPATO, N. **Integração da prototipagem rápida com o processo de desenvolvimento de produto.** In: **Prototipagem Rápida: Tecnologias e aplicações**, São Paulo: Edgar Blücher, 2007.