



Fourth-Generation Knowledge Districts 2024

20-21 May 2024, Campinas, SP

Protótipo habitacional RECubito: pedagogia do canteiro, reciclagem e fabricação digital

EDLER OLIVEIRA SANTOS¹, NATAN GABRIEL NIGRO², LETICIA TEIXEIRA MENDES³
and MARIA LUIZA MACEDO XAVIER DE FREITAS⁴

^{1,2,3,4} Universidade Federal de Pernambuco.

¹edler.oliveira@ufpe.br, <https://orcid.org/0000-0002-6723-8182>

²natan.nigro@ufpe.br, <https://orcid.org/0009-0006-9518-6697>

³leticia.mendes@ufpe.br, <https://orcid.org/0000-0002-1011-1420>

⁴luiza.freitas2@ufpe.br, <https://orcid.org/0000-0002-1504-0756>

Resumo. O projeto e fabricação do protótipo habitacional RECubito, instalado no Porto Digital durante o Festival de tecnologia, criatividade e inovação Rec n' Play, em outubro de 2023, foi resultado de um processo colaborativo, envolvendo múltiplas disciplinas em um workshop criado com a participação de diferentes atores: a universidade, empreendedores, setores público e privado. Essa experiência parte da aplicação da metodologia de Design Build, definida como "Pedagogia do Canteiro" conduzida por meio de cursos de capacitação ofertados por profissionais de áreas de conhecimento distintas, tais como: arquitetura, construção, design e artes plásticas. O artigo foi estruturado a partir do contexto no qual o projeto foi instalado – o parque tecnológico Porto Digital, localizado no centro histórico de Recife/PE e apresenta as etapas de projeto, planejamento, fabricação e instalação do protótipo refletindo sobre sua inserção no espaço urbano e atores envolvidos.

Palavras-chave: Fabricação digital, Protótipo, Habitação, Design Build, Porto Digital.

1 Introdução

A partir da segunda metade do século XX, período pós terceira Revolução Industrial, o espaço urbano, as cidades, as relações interpessoais, os modelos de negócios e modos de morar, bem como a difusão de aspectos da cultura, arte, comunicação e entretenimento têm apresentado transformações significativas, principalmente no que tange ao desenvolvimento econômico impulsionado pela inovação nos diferentes setores.

O modelo de negócios que emergiu da última revolução industrial – pautado na monitorização de sistemas complexos e avanços tecnológicos a fim de aumentar a produtividade, a eficiência, a precisão e o grau de controle na busca constante por melhores resultados – se contrapõe ao conceito de “ecossistema de inovação”, termo

usado na atualidade, cunhado por especialistas (Sawatani et. al. 2007; Namba, 2006) para descrever um tipo específico de ambiente, de interação particular entre indivíduos, negócios e a convergência de diversas disciplinas que qualificam o empreendedorismo e a inovação na criação de soluções, bens e serviços.

Em uma comparação com a biologia, o conceito de ecossistema é extensivamente empregado no âmbito da gestão e no discurso econômico para descrever conjuntos de participantes diversos interdependentes e que trabalham em cooperação. O trabalho de Moore (1993) abordou os Ecossistemas de Negócios, sendo considerado fundamental para o entendimento da relação entre as empresas, no que tange a evolução da cooperação e concorrência. O autor ainda define que "cada ecossistema tem sua própria dinâmica e agrega valor para cada um de seus membros e para a comunidade como um todo" (Koslosky et al., 2015).

Dentro desse contexto, o presente artigo apresentará uma experiência projetual colaborativa de criação do protótipo habitacional nomeado RECubito, instalado no Porto Digital, Recife/PE - considerado um dos principais parques tecnológicos e ambientes de inovação do Brasil.

O Porto Digital foi criado no ano 2000 com o objetivo de constituir uma política pública para o desenvolvimento do setor de tecnologia da informação em Pernambuco. A partir da iniciativa de empresários, membros da academia e representantes do setor público foi proposto ao governo estadual a elaboração de uma estratégia para o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) que promovesse a integração de participantes, empresas e organizações que, até então, atuavam de maneira independente e isolada (Porto Digital, 2024).

Tratando-se de um *cluster* global de serviços de tecnologia e software, "criado em uma região periférica de um país periférico" - definição segundo Heraldo Ourem, diretor de Inovação e Competitividade do Porto Digital (Arantes, 2022), a iniciativa também objetivou impulsionar um processo de recuperação urbana do bairro histórico de Recife tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan). Reconhecido por sua característica territorial singular entre os parques tecnológicos, o Porto Digital consiste em um parque urbano instalado na centralidade histórica constituída pelo Bairro do Recife e nos bairros de Santo Amaro, Santo Antônio e São José, totalizando uma área de 171 hectares e responsável pela restauração de mais de 138 mil metros quadrados de imóveis históricos (Porto Digital, 2024).

O projeto e fabricação do protótipo habitacional RECubito, instalado no Porto Digital durante o Festival de tecnologia, criatividade e inovação *Rec n' Play*, em outubro de 2023, foi resultado de um processo colaborativo, envolvendo múltiplas disciplinas em um workshop criado com a participação de diferentes atores: docentes e pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), empreendedores, setores público e privado.

1.1 **RECubito e *Precious Plastic*: tecnologia e inovação social**

O Festival *Rec n' Play* consiste em um evento de grande porte, cujo objetivo é promover o diálogo entre a cidade e seus habitantes, a partir de atividades diversas, como exposições, experiências tecnológicas, mesas-redondas, palestras, rodadas de negócios, shows e oficinas, discutindo temas atuais por meio de quatro eixos temáticos: *Tech*, Cidades Inteligentes, Economia Criativa e Empreendedorismo (Rec n' Play, 2024).

A edição de outubro de 2023 foi realizada pelo Porto Digital em parceria com diversas instituições públicas e privadas e teve como tema principal “*Pontes Pra Conectar as Margens*”. O tema do festival foi definido com o intuito de destacar "a importância de alcançar cada vez mais a periferia com ações e iniciativas com base tecnológica", bem como propor o uso da inovação "como ferramenta de transformação social, gerando impactos positivos na vida de populações vulneráveis" (Rec n' Play, 2024).

A instalação do protótipo habitacional RECubito no festival supracitado, justifica-se pela proposta de conectar a academia por meio da trílice *ensino, pesquisa, extensão* às questões ligadas à tecnologia, inovação e empreendedorismo, na busca por soluções para os desafios do mercado e da contemporaneidade.

O desenvolvimento do protótipo habitacional se baseia em dois projetos de pesquisa coordenados pela professora Leticia Teixeira Mendes; um deles discute a relação entre habitação e automação¹ – investiga o uso de tecnologias de fabricação digital para produção de habitação, em especial para baixa renda – e o outro consiste na implantação da iniciativa internacional de reciclagem denominada *Precious Plastic*² para capacitação e geração de renda de moradores da Comunidade do Pilar (Figura 1), na região do Porto Digital no bairro histórico do Recife.



Figura 1. (A) Laboratório de reciclagem instalado na Comunidade do Pilar - resultado da parceria entre o Laboratório de fabricação digital Grea3D, a ONG Instituição Plano B e a Secretaria de Inovação Urbana da Prefeitura do Recife; (B/C) Uso da extrusora de plástico para desenvolvimento de saboneteira e fruteira; (D) Uso de molde para desenvolvimento de lixeira; (E) Produto final: Lixeira. Fonte: Autores, 2019.

Além dos projetos de pesquisa supracitados, o workshop foi realizado em parceria com o Laboratório de Tectônicas Experimentais no Canteiro de Arquitetura (TECA Lab), coordenado pela professora Maria Luiza Freitas – responsável pelo projeto intitulado 'Implementação do Canteiro de Tectônica da Arquitetura no âmbito do ensino de

¹ O projeto de pesquisa intitulado: “Habitação e Automação: Sistemas Generativos e Fabricação Digital aplicados à moradia contemporânea”, sob coordenação de Leticia Teixeira Mendes, recebeu auxílio da Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE (Processo nº APQ-1175-6.04/21 - Edital APQ Jovens Pesquisadores 2021).

² O projeto Precious Plastic - inicialmente elaborado como um trabalho de conclusão de curso de graduação pelo designer holandês Dave Hakkens, consiste em um conjunto de equipamentos de baixo custo para reciclagem de plástico (trituradora, injetora, extrusora, compressora e prensa) e uma plataforma de informações open-source, cujo objetivo é ensinar e proporcionar a troca de experiências entre entusiastas, pesquisadores, profissionais, na montagem das máquinas. Assim, permite a viabilização e replicabilidade da proposta em qualquer lugar, consistindo em uma grande comunidade em diversos países. O projeto de pesquisa intitulado "Plástico Precioso: fabricação digital e reciclagem aplicadas no Design e na Arquitetura", sob coordenação de Leticia Teixeira Mendes, recebeu auxílio da Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE (Processo nº APQ 0581-6.12/21- Edital Inovação Inclusiva - Soluções Tecnológicas e Tecnologia Inclusiva).

graduação do curso de arquitetura e urbanismo da UFPE: o ensino da tectônica da madeira³.

Assim, o projeto experimental do RECubito propõe a discussão sobre o uso de tecnologias de fabricação digital, tais como: *router* CNC e cortadora a laser, para produção de um sistema modular, com flexibilidade para provisão tanto de artefatos habitacionais, como abrigo emergencial para situações de inundações e deslizamentos de barreiras – fenômeno recorrente em diversas regiões de Pernambuco – quanto criação de estruturas para fins artísticos, prestação de serviços ou espaço de lazer.

A partir da experiência de implantação do laboratório de reciclagem *Precious Plastic*, na Comunidade do Pilar, em 2018 e, recentemente, no contexto do presente projeto, a inovação social⁴ se dá no envolvimento de diferentes atores da sociedade (universidade, setor público e privado) extremamente importante, segundo Dagnino *et al.* (2004). Bem como “identificar e “seguir” os grupos sociais relevantes envolvidos no desenvolvimento de um artefato, consistindo no ponto de partida das pesquisas realizadas pela “abordagem do contexto que consideraram a possibilidade de a tecnologia ser uma construção social, e não o fruto de um processo autônomo, endógeno e inexorável como concebe o determinismo” (Dagnino *et al.*, 2004, p.25).

Nas próximas seções deste artigo, serão apresentadas as etapas de projeto, planejamento, fabricação e instalação do protótipo, no intuito de elucidar o processo de criação colaborativa, do uso da metodologia de *Design Build*, definida como "Pedagogia do Canteiro" (AtelierVivo, 2024) e dos resultados da experiência.

2 Da criação à prototipagem de ideias: do Cubito® ao RECubito

O projeto experimental “Cubito®” é definido por seus autores como um protótipo habitacional modular, cuja principal premissa é a flexibilidade espacial e social. Configura-se como uma alternativa para atender necessidades de público e usos diversos e prover espaço de qualidade para usuários que, normalmente, não possuem condições econômicas de acesso a serviços de arquitetura. O protótipo foi criado em 2018, pelo coletivo "AtelierVivo" – formado, sobretudo, por jovens arquitetos e urbanistas – cuja atuação está pautada pelo método do *Design Build* (Desenho-construção). O coletivo "AtelierVivo" foi resultado da parceria entre o escritório de arquitetura "O Norte: Oficina de Criação"⁵, localizado em Recife/PE, e os arquitetos Michael Philips e Natan Nigro. O

³ O projeto "Implementação do Canteiro de Tectônica da Arquitetura no âmbito do ensino de graduação do curso de arquitetura e urbanismo da UFPE: o ensino da tectônica da madeira" foi contemplado no "Edital Nº 19/2022 - Chamada Pública Interna - Estímulo à Inovação no Âmbito de Práticas de Ensino na Graduação" publicado pelas Pró-Reitorias de Graduação (Prograd) e de Pesquisa e Inovação (Propesq) da UFPE. Essa iniciativa possibilitou a compra do maquinário para marcenaria/carpintaria utilizado na construção do RECubito, tais como: parafusadeiras, politriz, tupia, serra de bancada, dentre outros.

⁴ Segundo Dagnino Et Al. (2004), o conceito de inovação social, pode ser definido como um conjunto de atividades englobando, desde a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, alcançando até a etapa de introdução de novos métodos de gestão da força de trabalho. Dessa forma, objetiva a “disponibilização por uma unidade produtiva de um novo bem ou serviço para a sociedade”, portanto, esse conceito abrange diferentes produtos, tais como o desenvolvimento de equipamentos, artefatos, sistema de processamento de informação ou tecnologia de gestão de instituições públicas e privadas.

⁵ O Norte: Oficina de Criação é mais do que um escritório de arquitetura, é “um centro de produção de arquitetura, design, artes visuais e projetos culturais” formado por três arquitetos egressos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco, os quais são: Bruno Lima, Lula Marcondes e Chico Rocha, os três são professores universitários. O campo de atuação do escritório tange desde edificações unifamiliares a experimentações materiais, tais como a casa desmontável, além do projeto premiado da Escola

protótipo Cubito© possui dimensões de 2.5m x 2.5m x 2.5m e foi produzido com materiais e técnicas disponíveis no mercado, permitindo a independência entre os subsistemas de estrutura, fechamentos, piso e cobertura (O Norte, 2019; Baratto, 2019).

Desse modo, partiu-se do entendimento das características, das dimensões e do comportamento físico-mecânico dos materiais escolhidos para cada subsistema. Um exemplo disso, consiste na escolha de barrotes e/ou caibros em madeira plantada da espécie pinus, como principal elemento usado em diversas partes do sistema estrutural: pilares, vigas de piso, peças de contraventamento e cobertura. Cada componente foi produzido no canteiro com ferramentas próprias para trabalho em madeira – serra de mesa, serra esquadrejadeira, parafusadeiras, furadeiras etc. –, e posteriormente vinculados por meio de parafusos em locais do protótipo onde cumprem funções específicas. A lógica da montagem do protótipo, no canteiro, seguiu um processo de sobreposição de elementos parafusados a partir da estrutura de piso (apoiada em elementos metálicos de base), passando pelo subsistema de paredes até chegar ao subsistema de cobertura. Os fechamentos laterais de parede foram feitos com chapas de compensado resinado e a sua colocação foi feita a partir da previsão de dispositivos de ventilação natural (bandeiras e peitoris ventilados), enquanto as telhas onduladas recicladas foram utilizadas na cobertura. O desenvolvimento do passo a passo e a resolução dos problemas diretamente na construção fizeram parte da metodologia do *Design Build*. O resultado disso foi um protótipo que pudesse ser reproduzido em escala 1:1, de pouco peso próprio (carga) e adequado ao clima quente e úmido típico da cidade do Recife/PE (Figura 2).



Figura 2. Etapas de projeto e construção do protótipo habitacional modular Cubito©, pelo programa educacional AtelierVivo e O Norte: Oficina de Criação. Fonte: AtelierVivo, 2020.

Partindo da abordagem e conceitos aplicados no projeto Cubito©, bem como da expertise do programa educacional AtelierVivo como parceiro da proposta, em outubro de 2023, desenvolveu-se o protótipo RECubito – uma releitura da iniciativa de 2018 baseada na co-criação e empoderamento dos atores (AtelierVivo, 2020), com o adendo da introdução de práticas da inovação no processo de *Design-Building*, a partir do uso de tecnologias de prototipagem, fabricação digital e construção com materiais reciclados. O desenvolvimento e reconstrução do protótipo supracitado, consiste no resultado do projeto de pesquisa intitulado "Habitação e Automação", sob coordenação da docente Letícia Teixeira Mendes

Novo Mangue, implantado na comunidade do Coque, região central de Recife. O grupo já participou de *Architalks*, da Bienal de Veneza de 2016, cuja curadoria foi do arquiteto chileno Alejandro Aravena e da 11ª Bienal de Arquitetura de São Paulo.

(do Laboratório do Grupo de Experimentação em Artefatos 3D GREA3D) em parceria com Maria Luiza Macedo Xavier de Freitas (coordenadora do TECA Lab - Tectônicas Experimentais no Canteiro de Arquitetura e Laboratório *Precious Plastic* UFPE), com financiamento dos órgãos de fomento FACEPE e Pró-Reitorias de Pós-graduação (PROPG), Graduação (Prograd) e de Pesquisa e Inovação (Propesqi).

2.1 Pedagogia do Canteiro: Aprender com a prática

Os projetos Cubito© e RECubito partem da aplicação da metodologia de *Design Build*, definida como "Pedagogia do Canteiro" (AtelierVivo, 2020), ou seja "aprender com a prática" e foi amplamente utilizada pelo coletivo em diversas ações pedagógicas, como intervenções urbanas conduzidas por meio de cursos de capacitação ofertados por profissionais de áreas de conhecimento distintas, tais como: arquitetura, construção, design e artes plásticas (Baratto, 2019).

O programa educacional "AtelierVivo", tem como principal cidade de atuação a do Recife/PE, mas por conta dos seus facilitadores, Lula Marcondes, Natan Nigro e Michael Phillips, possuem ativações também na Austrália e em Pau dos Ferros, no estado do Rio Grande do Norte. A ideia do *Design Build*, ou na tradução livre feita pelo programa, a "pedagogia do canteiro" consiste em aprender com a prática do canteiro. Assim, a Pedagogia do Canteiro (ou Pedagogia da realidade) representa a metodologia utilizada no processo projetual e construtivo do RECubito, fundamentada na abordagem direta de questões e desafios reais por meio da imersão de indivíduos de diferentes *backgrounds* de conhecimento em um canteiro de obras. Assim, essa pedagogia para a produção de arquitetura "se transmite pelo ato do desenho e por uma sequência de ações 'mão na massa' no canteiro de obras, seguidas por reflexões coletivas sobre as consequências dessas mesmas ações" (AtelierVivo, 2020).

É pela interação entre desenho, prática no canteiro e discussão sobre as decisões tomadas que a pedagogia do canteiro tem sua conexão. Tenta-se romper com a separação entre o canteiro e o desenho delineada por Sérgio Ferro (2010) na década de 1970, que se mostra cada vez mais latente na produção da arquitetura contemporânea. Na pedagogia do canteiro, pautada pelas ideias de Paulo Freire, não há hierarquia, mas um coletivo; não há autoria, mas um conjunto de autores, os quais podem ser arquitetos formados, estudantes de arquitetura, marceneiros, serralheiros, pedreiros etc. Todos os atores que constituem o universo possibilitam que uma edificação seja projetada e construída.

Assim, no âmbito das universidades, tais iniciativas vêm suprir uma carência pela experimentação prática, e o canteiro experimental é o local dessas experiências. O que vai ao encontro de uma prática contemporânea da arquitetura, em que a materialidade e as proposições de sistemas estruturais são testados por meio da prototipagem de partes importantes do projeto arquitetônico, possibilitando testar a validade e a concretização efetiva de uma ideia delineada no papel. Dessa forma, pode provocar a inovação, para além da repetição, nas soluções arquitetônicas, tornando estas mais sustentáveis e realizáveis de fato.

A pedagogia do canteiro é pautada por três pilares: desenho, colaboração e autonomia. Através do desenho, compreendendo todas as limitações dessa ação, que parte da intuição da materialidade, se concebe o projeto. É, portanto, consciente a relação matéria

e desenho, este sendo mais do que uma simples representação abstrata de um espaço, e é a concepção espacial pensada a partir da sua materialidade. A forma, logo nasce com a concepção estrutural, e vice-versa. Assim, não constituem etapas ou partes distintas. Há a efetivação do que autores como Kenneth Frampton (2001), Eduard Sekler (1965) e Peter Collins (2004) definem por Tectônica. Quanto à colaboração, entende-se que não há autoria, mas uma colaboração entre todos os envolvidos na construção-projeto (design-build) e portanto há o crescimento de um sentimento coletivo do processo, importante até para o desenvolvimento de práticas políticas. E por fim, a autonomia é entendida como esse eixo de participação ativa e empoderamento dos atores (arquitetos ou estudantes de arquitetura e outras áreas) que participam do processo de desenho-construção de maneira coletiva e ao mesmo tempo individual, pelas decisões/ações a serem tomadas.

2.2 RECubito, fabricação digital e pedagogia do canteiro

O projeto RECubito foi desenvolvido no período de setembro à outubro de 2023 em um workshop realizado na disciplina eletiva *Tópicos avançados em Arquitetura e Urbanismo: Prototipagem e Fabricação digital para Habitação* do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano (MDU), em parceria com uma equipe multidisciplinar composta por profissionais experientes de arquitetura, design, construção e marcenaria (Removido para avaliação cega), com a participação de estudantes de graduação dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, Design, Expressão Gráfica e colaboradores externos à universidade.

Pensado como um artefato habitacional que pode ser anexado em mais de um módulo para criar diferentes composições formais, o RECubito permite flexibilidade de uso a partir das necessidades do cliente e apresenta-se como uma solução viável para uso em situações emergenciais e abrigo temporário. Assim, diante do desafio de construir um protótipo de baixo custo, modular e flexível – premissas do projeto antecessor Cubito© – buscou-se explorar o uso de tecnologias de fabricação digital, a saber: uso de cortadora a laser nas etapas de projeto/prototipagem de soluções e *router* CNC, aliada à reciclagem de plástico na construção em escala real.

A partir dessa premissa, definiu-se usinagem em fresadora CNC da estrutura em compensado pinus naval, garantindo precisão na montagem por encaixe e aparafusamento, bem como possibilitando o desenvolvimento de uma obra limpa, rápida e que pode ser facilmente reproduzida em quantidade. Além disso, utilizou-se placas produzidas com material 100% reciclado pelo Laboratório *Precious Plastic* UFPE, aliado às técnicas tradicionais de carpintaria, e marcenaria (uso de serra de bancada, plaina, parafusadeira, dentre outras ferramentas), possibilitando o reuso de cerca de 400 kg de embalagens plásticas descartadas.

A estrutura do workshop consistiu nas seguintes etapas: (a) divulgação do workshop para criação do protótipo habitacional (outubro/2023); (b) visita ao projeto Cubito©, localizado no escritório de arquitetura O Norte (Recife/PE); (c) discussão do projeto e planejamento das etapas em reunião conduzida pelo arquiteto Natan Nigro, com a participação dos colaboradores e estudantes; (d) processo de projeto colaborativo; (e) testes de usinagem e fixação; (f) produção de placas recicladas e elementos construtivos; (g) montagem/desmontagem; (h) transporte para o Bairro do Recife; (i) exposição do protótipo (Figura 3).

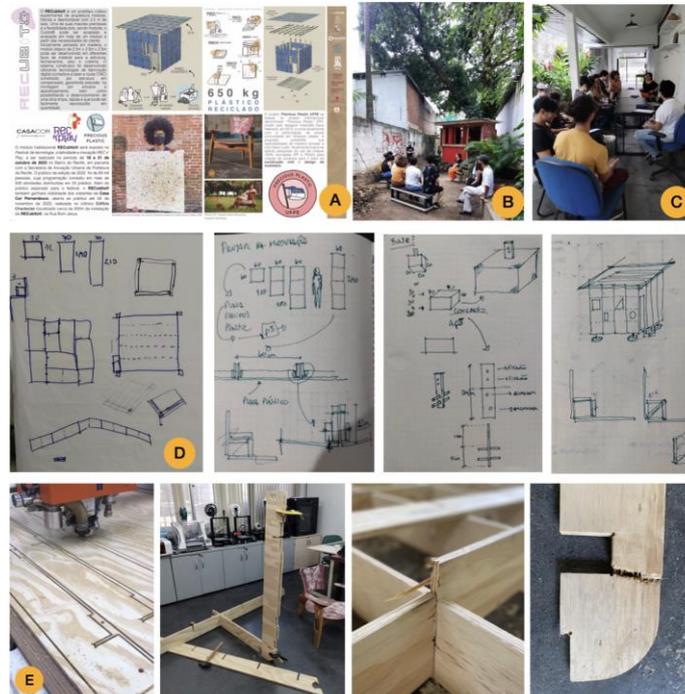


Figura 3. a) Divulgação do workshop para construir o protótipo habitacional (outubro/2023); B/C) Visita ao projeto Cubito desenvolvido pelo escritório de arquitetura O Norte e AteliêVivo e discussão da disciplina “*in loco*” conduzida pela docente Maria Luiza de Freitas e pelo arquiteto/pesquisador Natan Nigro; D) Croquis iniciais para discussão de modulação das placas de fechamento e piso, estudo de fixação da estrutura em compensado, croqui de estudo da base (fundação) e volumetria do protótipo; E) Testes de usinagem na fresadora CNC de peças da estrutura em compensado pinus, teste de encaixe das peças, detalhes dos testes: cisalhamento da madeira das peças da estrutura. Fonte: Autores e equipe organizadora, 2023.

3 RE Cubito: do workshop, produção e instalação do protótipo

A experiência prática do Workshop “Prototipagem e fabricação digital: RECubito” envolveu agentes diversos nas etapas de planejamento e projeto, fabricação e montagem de um protótipo habitacional em escala 1:1 durante aproximadamente 20 dias (13 de setembro a 18 de outubro de 2023). A inserção dos agentes no processo (36 pessoas incluindo profissionais colaboradores, estudantes de graduação e pós-graduação e professores dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, Expressão Gráfica e Design da UFPE) ocorreu de acordo com as demandas e escolhas individuais feitas a partir dos interesses e habilidades específicas no uso das ferramentas de trabalho. Apesar da descrição apresentada adiante de forma linear e sequencial, algumas atividades ocorreram de forma simultânea, uma vez que a etapa de montagem realizada no canteiro demandou ajustes no projeto e na fabricação de alguns componentes construtivos. Desse modo, houve vários momentos de interação entre as etapas do processo ao longo dos dias de trabalho. O planejamento e projeto aconteceu, sobretudo, nos 3 primeiros dias com a definição das soluções projetuais, mas foi retomado no sexto dia com a elaboração do manual de montagem que orientou as tarefas no canteiro. A fabricação de componentes construtivos no laboratório

de experimentação e fabricação digital Grea3D/UFPE exigiu uma produção contínua devido ao volume significativo de itens produzidos. Enquanto a etapa de montagem se caracterizou pela descontinuidade nos momentos em que a fabricação foi interrompida por contingências, tal como a ausência de material disponível e o tempo gasto em novas aquisições (Figura 4).

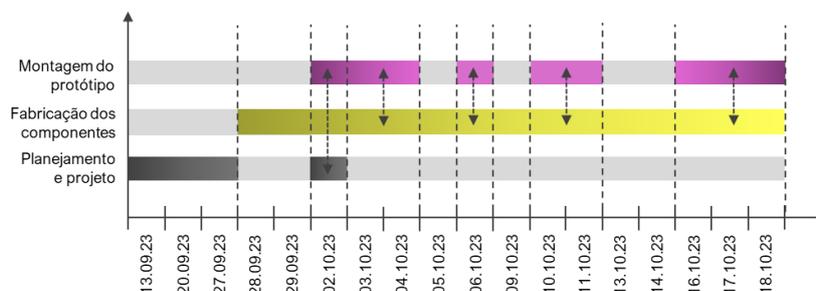


Figura 4. Diagrama das etapas do processo. Fonte: Autores, 2024.

A seguir, foram descritas as atividades realizadas, os agentes envolvidos e os resultados de cada uma das etapas do processo, assim como as respectivas ferramentas e técnicas utilizadas.

3.1 Planejamento e projeto

A etapa de planejamento e projeto aconteceu durante 3 encontros, nas semanas que antecederam o trabalho nos laboratórios e no canteiro. No primeiro encontro (13.09.23), as professoras que ministraram o workshop e a equipe de apoio apresentaram o planejamento geral, assim como o conjunto de atividades previstas.

A equipe de apoio foi definida previamente em função da expertise dos seus membros, selecionados para conduzir o workshop e orientar os discentes no uso das ferramentas e técnicas necessárias à execução do projeto, fabricação e montagem do RECubito. Fizeram parte dessa equipe pessoas com diversos perfis e níveis de formação acadêmica: um grupo de estudantes de graduação em Licenciatura em Expressão Gráfica e Arquitetura e Urbanismo, que possuem habilidades na fabricação das placas de plástico reciclado utilizadas no sistema de vedação, piso e esquadrias do protótipo habitacional; Luiz Valdo Maciel (estudante da pós-graduação em Design) e Natan Nigro (facilitador do programa educacional AtelierVivo - criador da primeira edição do projeto e construção do protótipo habitacional Cubito©) - profissionais que possuem habilidades de marcenaria e carpintaria necessárias à montagem dos componentes estruturais e Luiz Fernando Albuquerque (arquiteto colaborador - egresso do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPE) que, além dessas habilidades, também possui grande experiência no uso da fresadora CNC utilizada no processo de usinagem/fabricação digital das peças de madeira. Cabe destacar que os arquitetos Natan Nigro e Luiz Fernando Albuquerque foram responsáveis pela coordenação e concepção do projeto, bem como pela elaboração dos desenhos do projeto com a colaboração pontual dos demais participantes.

No segundo encontro (20.09.23) foi realizada uma visita técnica ao Cubito©, construído no espaço físico do escritório de arquitetura pernambucano O Norte: Oficina de criação. A visita teve como objetivo resgatar a memória dos detalhes, dificuldades e

aprendizados obtidos ao longo do processo, assim como apresentar as diferenças entre o Cubito© e o RECubito relacionadas às características volumétricas, técnicas construtivas empregadas e manutenção dos componentes de madeira em função dos desgastes provocados pelo contato com o ambiente externo. No momento final do encontro, houve uma conversa entre um dos responsáveis pelo projeto e os participantes do workshop a fim de elaborar coletivamente detalhes ainda sem definição relativos à modulação estrutural do piso, dos painéis de vedação, da cobertura e ao sistema de encaixe das peças que compõem os painéis modulares.

No terceiro encontro (27.09.23) foi apresentado o modelo digital do protótipo com as soluções refinadas a partir dos ajustes discutidos no encontro anterior. A discussão prosseguiu com trocas de ideias sobre o design das esquadrias que estava indefinido até esse momento, as quais foram incorporadas adiante na finalização do projeto. Foram dadas instruções sobre o uso obrigatório de equipamentos de proteção individual e de vestimentas adequadas nas etapas de fabricação e montagem.

O resultado do planejamento consistiu na seguinte organização de subgrupos de trabalho, com funções específicas complementares: Subgrupo 1 (S1) – Montagem do protótipo; Subgrupo 2 (S2) – Organização do canteiro; Subgrupo 3 (S3) – Trabalho de marcenaria; Subgrupo 4(S4) – Fabricação das placas de vedação; Subgrupo 5 (S5) – Usinagem das peças de madeira na fresadora CNC; Subgrupo 6 (S6) – Finalização do design e fabricação das esquadrias. Contudo, a equipe de apoio anteviu que essa subdivisão não seria estanque, uma vez que os participantes poderiam transitar espontaneamente entre as atividades de acordo com as demandas das próximas etapas. Além do planejamento de atividades, essa etapa resultou na definição das seguintes soluções de projeto gerais e específicas: 1. soluções volumétricas – volumetria cúbica com face superior inclinada compondo a cobertura em estrutura de madeira e telhas pré-fabricadas adquiridas comercialmente; 2. soluções para fundação – fundação em sapatas de concreto com parafusos em hélice acoplados para regulagem e adaptação aos desníveis do solo; 3. soluções estruturais e construtivas – estrutura de madeira em chapas de compensado pinus naval formada por painéis reticulados (*grids*) composto por peças veiculadas por um sistema de encaixe próprio, que seguem a modulação de 0.30m x 0.30m, no piso, e 0.60m x 0.60m, nas paredes e na cobertura; 4. soluções de piso e vedação – placas de plástico reciclado em medidas compatíveis com a modulação estrutural; 5. soluções de esquadrias: janelas escamoteáveis com movimento de abertura no sentido vertical compostas, cada uma, pela junção de duas placas de plástico de 0.70m x 0.70m (Figuras 5 e 6).

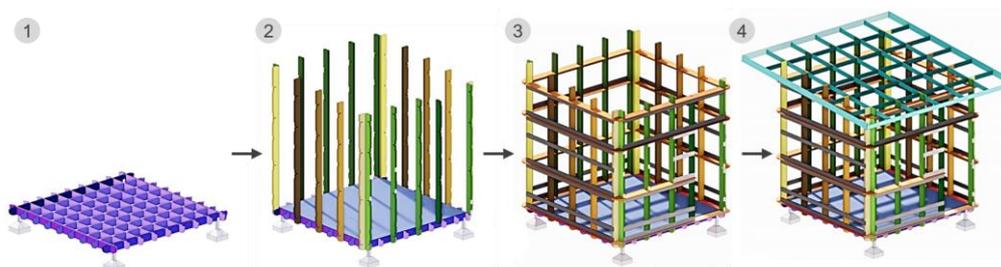


Figura 5. 1) Fundação + estrutura do piso; 2) Piso + pilares; 3) Piso + pilares + travamentos horizontais; 4) Estrutura das paredes + estrutura da cobertura. Fonte: Equipe de apoio, 2023.



Figura 6. Perspectiva do protótipo habitacional. Fonte: Equipe de apoio, 2023.

Até esse momento, permaneciam sem definição o design da porta e o tipo de telha que seria vinculada ao *grid* da cobertura. As esquadrias foram posicionadas na parede do acesso principal, que possui uma porta e dois módulos de janela, e na parede situada no lado oposto, que possui quatro módulos de janela manipulados de maneira independente. Nas paredes perpendiculares a essas, foram criadas aberturas fixas definidas pela discreta angulação das placas de vedação dispostas na mesma altura da porção superior das janelas, a fim de possibilitar o aproveitamento da ventilação natural.

3.2 Fabricação

A fabricação dos componentes construtivos aconteceu durante 15 dias de trabalho, no período de 28.09.23 a 18.10.23. As atividades dessa etapa ocorreram de forma simultânea em locais de trabalho distintos: nos Laboratórios *Precious Plastic* UFPE e Grea3D e em um canteiro instalado pelo TECA LAB em um pátio contíguo a uma das áreas externas do edifício do Centro de Comunicação e Artes da UFPE.

A fabricação manual dos componentes de piso, vedação e esquadrias de plástico reciclado, produzidos no Laboratório *Precious Plastic* UFPE, se estendeu ao longo de todos os dias de trabalho devido à dinâmica de produção e à quantidade significativa de placas definidas no projeto. Isto é, essa atividade exigiu a colaboração de, no mínimo, 3 pessoas na produção de 5 placas por turno de trabalho, em média, para atender a demanda total de 16 placas reforçadas para o piso, 12 placas para as janelas escamoteáveis e aproximadamente 60 placas para as paredes.

A fabricação digital da estrutura de madeira foi realizada durante aproximadamente 6 dias de trabalho, no Laboratório Grea3D, onde as peças em compensado pinus naval foram

cortadas na fresadora CNC em atendimento a seguinte quantidade: estrutura do piso – 18 peças divididas em 4 vigas de perímetro e 14 vigas internas; estrutura das paredes – 4 painéis formados, cada um, por 4 pilares + 5 peças de travamento horizontal, totalizando 36 peças; estrutura da cobertura – 10 peças ao todo.

Todos os componentes mencionados foram fabricados seguindo um fluxo contínuo de produção, que iniciou com a fabricação manual/digital em laboratório e finalizou com o acabamento das peças de madeira e plástico no canteiro, com o uso das técnicas e ferramentas de carpintaria/marcenaria, tais como lixadeira, tupia, serra elétrica de bancada, além de instrumentos indispensáveis como furadeira, parafusadeira, prego, cola etc. (Figura 7).



Figura 7. Fabricação de componentes no canteiro. Fonte: Participantes do workshop, 2023.

Essa etapa foi caracterizada pela interação e pelas trocas entre os mais experientes e os participantes que tinham pouco ou nenhum conhecimento sobre o tipo de trabalho realizado. Apesar da divisão inicial em subgrupos, a realização de atividades simultâneas em locais distintos possibilitou que as pessoas também participassem das tarefas específicas desenvolvidas nos laboratórios. Nesse sentido, o canteiro se configurou como lugar de aprendizagem sobre diversas técnicas e ferramentas de fabricação manual e digital.

3.3 Montagem e desmontagem

Essa etapa durou aproximadamente 9 dias e foi caracterizada por dois momentos, o teste de montagem no canteiro instalado na universidade (2 a 4.10.23; 6, 10 e 11.23) e a montagem temporária no Festival Rec n'Play no Bairro do Recife (16.10.23 a 18.10.23) (Figuras 8 e 9). O trabalho foi realizado com o auxílio de um manual, produzido no momento de planejamento, que continha a representação tridimensional de todos os componentes do protótipo, assim como a codificação das peças de madeira.

O grid estrutural do piso e dos 4 painéis de parede foram montados como partes independentes que pudessem ser facilmente transportadas e acopladas na fase final da montagem. Assim, a execução de cada parte ocorreu a partir do seguinte processo: estrutura do piso – junção das nervuras perimetrais (“vigas” mestras) e execução sequencial do *grid* completo a partir do encaixe de nervuras internas no sentido transversal e longitudinal; estrutura das paredes – junção de montantes, peças de travamento

horizontal e de peças de enrijecimento - montantes duplos - na execução de cada parede; estrutura da cobertura – sobreposição das vigas nos montantes, em que cada uma das vigas foi apoiada nos montantes duplos dispostos em cada parede; piso, vedação e esquadrias – esses componentes fabricados em placas de plástico reciclado foram parafusados, um a um, na estrutura de madeira após a união das estruturas de piso, parede e cobertura (Figura 8).



Figura 8. Teste de montagem do protótipo no canteiro. Fonte: Participantes do workshop, 2023.

Com a finalização do trabalho no canteiro, a desmontagem do protótipo levou apenas um dia. O transporte realizado em caminhão e a remontagem no Festival *Rec n'Play* 2023 (onde ficou exposto à visitação durante 4 dias) levou pouco mais de um dia, atestando a velocidade de implantação do protótipo possibilitada pelo sistema construtivo utilizado (Figura 9).



Figura 9. Montagem do protótipo no Rec n'Play. Fonte: Adriano Rodrigo, 2023.

O conjunto dessas atividades foi realizado dentro de um canteiro limpo, onde as peças de madeira e plástico reciclado, pré-fabricadas em laboratório, foram finalizadas e vinculadas com uma baixa produção de resíduos de construção se comparado ao canteiro de obras convencional.

4 Considerações finais

A experiência de planejamento, projeto e fabricação do protótipo habitacional RECubito, descrita no presente artigo, objetivou apresentar as etapas do processo coletivo/colaborativo, a metodologia, os atores envolvidos, as técnicas manuais e tecnologias de fabricação digital utilizadas. Assim, buscou-se abordar o contexto do desenvolvimento do projeto inserido no âmbito de duas pesquisas com temas distintos: habitação/automação e reciclagem/ inovação social, bem como relacionar o objeto de estudo e sua inserção no parque tecnológico Porto Digital, em Recife.

No que tange aos aspectos característicos do modelo denominado hélice tripla (*Triple Helix*), definida pela ação coordenada entre governo, academia e empresas, apresentamos o projeto piloto de implantação de um laboratório de reciclagem em território de vulnerabilidade socioambiental – Comunidade do Pilar – e posteriormente, a criação do protótipo habitacional RECubito, como uma proposta de abrigo emergencial e/ou estrutura modular, flexível e de baixo custo para atender negócios, eventos e instalações artísticas. Ambas iniciativas foram baseadas na colaboração da universidade com diferentes atores oriundos das esferas pública, privada e terceiro setor.

Assim, o projeto experimental RECubito reuniu pesquisadores, estudantes, profissionais altamente qualificados, empreendedores, bem como contou com a parceria da Secretaria de Inovação Urbana da Prefeitura do Recife e de empresas privadas para agregar recursos e saberes, no intuito de prototipar uma possível solução de artefato modular e flexível para atender diferentes demandas: sociais, ambientais e/ou de mercado.

A construção do módulo reforçou, ainda mais, a eficiência da aplicação da metodologia da pedagogia do canteiro – já comprovada nos projetos anteriores realizados pelo AtelierVivo – bem como demonstrou viabilidade quanto à justaposição de técnicas manuais e tecnologias digitais para fabricação dos componentes construtivos e do uso de materiais alternativos aos do projeto Cubito©, como as placas de plástico reciclado. As etapas do processo foram caracterizadas pela colaboração entre os mais experientes e os participantes que tinham pouco ou nenhum conhecimento sobre o tipo de trabalho realizado. Assim, o canteiro se configurou como lugar de aprendizagem sobre diversas técnicas de fabricação manual e digital pois, como já mencionado, a divisão em subgrupos não impediu a participação em atividades distintas no canteiro e nos laboratórios.

Outro fator relevante trata da rapidez no processo de montagem e desmontagem do protótipo no Bairro do Recife, após o teste realizado na universidade. Contudo, o experimento demonstrou que a etapa de planejamento para produção das peças estruturais com usinagem CNC e das placas recicladas deve ser revisto, bem como a logística de transporte, considerando a necessidade de urgência na provisão de abrigos em casos de desastres naturais. A experiência de produção e montagem do protótipo habitacional RECubito demonstrou algumas limitações em etapas distintas da construção, assim, como desdobramento futuro da presente pesquisa, sugere-se introduzir a Modelagem de Informação da Construção - BIM (*building information modeling*) objetivando testar a otimização do processo projetual baseado em simulações, planejamento, controle de custos, análises (estruturais, conforto ambiental, acústico, etc), fabricação digital e ciclo de vida do edifício.

Portanto, distante de buscar esgotar a discussão sobre os aspectos positivos e negativos que envolveram o experimento de criação e construção do protótipo habitacional, visto o

curto tempo de avaliação após sua montagem no Festival *Rec n' Play* e da incorporação de mais disciplinas e instrumentos avaliativos, o presente trabalho objetivou relatar brevemente as etapas, descrever a metodologia utilizada e apresentar os atores envolvidos, assumindo *a priori*, a necessidade de aprofundamento nos temas abordados e na consistência dos resultados.

5 Referências bibliográficas

- Arantes, J. T. (2022). Distritos de inovação devem contribuir para a reindustrialização do país, afirmam especialistas. Agência Fapesp, São Paulo, 04 de nov. 2022. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/distritos-de-inovacao-devem-contribuir-para-a-reindustrializacao-do-pais-afirmam-especialistas/39978>. Acesso em: 19/02/2024.
- AtelierVivo. (2020). Website AtelierVivo. Disponível em: <https://www.ateliervivo.com/>. Acesso em: 15 Fev 2024.
- Collins, Peter (1959). *Concrete: The Vision of a New Architecture: a study of Auguste Perret and his precursors*. London: Faber & Faber.
- Dagnino, R., Cruviel, F., Novaes, H. T. (2004). Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento / Fundação Banco do Brasil – Rio de Janeiro*. p.15-87.
- Baratto, R. (2019). CUBITO©: protótipo de arquitetura modular, híbrida e desmontável. ArchDaily Brasil. São Paulo. 03 Out 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/925771/cubito-c-prototipo-de-arquitetura-modular-hibrida-e-desmontavel> ISSN 0719-8906. Acesso em: 28 Fev 2024.
- Sérgio Ferro (2010). A história da arquitetura vista do canteiro. São Paulo: GFAU-USP, p. 13-57.
- Frampton, Kenneth (1996). *Studies in tectonic culture: the poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture*. Chicago: Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts; Cambridge (Mass.); London: The MIT Press.
- Koslosky, M. A. N.; Speroni, R. M.; Gauthier, O. (2015). Ecossistemas de inovação – Uma revisão sistemática da literatura. *Espacios*. Vol. 36 (Nº 03). p.13.
- Moore, J. F. (1993). *Predators and prey: a new ecology of competition*. Harvard Business Review, v. 71, n. 3, p. 75-83.
- Lopes, J. M. de (2020). A. Pensamento em construção: Excurso sobre as possíveis maquinações metodológicas de Sérgio Ferro para orientar Estudos de Produção em Arquitetura, Projeto e Trabalho. *arq.urb*, [S. l.], n. 29, p. 91–100. DOI: 10.37916/arq.urb.vi29.483. Disponível em: <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/483>. Acesso em: 13 abr. 2023
- Namba, M. (2006). Accelerating Commercialization of University Output by Translating It into Social Value. In: *Technology Management for the Global Future, 2006*. PICMET 2006. p. 794-802.
- O Norte. (2024). Website O Norte: Oficina de Criação. Disponível em: <https://onorte.arq.br/>. Acesso em: 15 fev 2024.
- Rec n' Play. Website REC'n'Play: Pontes Pra Conectar As Margens. Disponível em: <https://recnplay.pe/festival-2023>. Acesso em: 19/02/2024.

Sekler, Eduard Franz (1965). "Structure, Construction, Tectonics". In: KEPES, Gyorgy (org.). Structure in Art and in Science. Londres: Studio Vista, p.89-95.
Sawatani, Y. et al. (2007). Innovation Patterns. In: Services Computing, 2007. SCC 2007. IEEE International Conference on. p. 427-434.
Porto Digital. (2024). Website Porto Digital: História. Disponível em: <https://www.portodigital.org/paginas-institucionais/o-porto-digital/historia>. Acesso em: 19/02/2024.

6 agradecimentos:

Os autores agradecem: o apoio financeiro da agência de fomento FACEPE (Processos nº APQ-1175-6.04/21 e nº APQ 0581-6.12/21) e das Pró-Reitorias de Pós-graduação (PROPG), Graduação (Prograd) e de Pesquisa e Inovação (Propesqi) da Universidade Federal de Pernambuco; ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano (MDU/UFPE) pelo apoio ao projeto e à disciplina de pós-graduação; aos arquitetos coordenadores do projeto Natan Nigro (AtelileVivo) e Luiz Fernando Albuquerque; à coordenadora de produção do Precious Plastic UFPE (PP/UFPE) - Clara Lins e aos monitores voluntários do projeto PP/UFPE; aos parceiros e colaboradores - Escritório de Arquitetura 'O Norte' e Luiz Valdo Maciel (Marcenaria Pé de Palete); ao fotógrafo Adriano Rodrigo (@adrianorodrigofoto) pelo lindo registro do RECubito no Festival *Rec n' Play*; às madeiras - Araújo Madeiras. Madeport e Madecenter pela doação de materiais para a construção do protótipo; à Coordenadoria do Ensino de Ciências do Nordeste (Cecine/UFPE) e ao projeto de extensão 'UFPE no Meu Quintal' pela parceria e apoio; aos estudantes de graduação e pós-graduação participantes do workshop; aos colaboradores externos pelo apoio na produção e montagem do protótipo e à Secretaria de Inovação Urbana da Prefeitura do Recife.