RECOMBINAÇÕES MATERIAIS E TECNOLÓGICAS PARA ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DE BAIXO CUSTO: COMPÓSITOS COM FIBRA DE COCO E DISPOSITIVOS FLEXÍVEIS COM IMPRESSÃO 3D

MATERIAL AND TECHNOLOGICAL RECOMBINATIONS FOR LOW-COST CONSTRUCTION ELEMENTS: COMPOSITES WITH COCONUT FIBER AND FLEXIBLE DEVICES WITH 3D PRINTING

Rodrigo Scheeren [1]; Nilton de Carvalho Santos [2]; Gabriela Sena Oliveira [3].

[1]Doutor em Arquitetura e Urbanismo | rodrigoscheeren@gmail.com | UFBA | Salvador, Brasil; [2]Graduando em Arquitetura e Urbanismo | niltoncarvalho@ufba.br | UFBA | Salvador, Brasil; [3]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | gabrielasena1422@hotmail.com | UFBA | Salvador, Brasil.

Resumo:
O estudo aborda a integração de materiais naturais e a fabricação digital para criação de elementos construtivos sustentáveis. Em Salvador (BA), desafios como déficit habitacional, descarte ineficiente de resíduos e acesso limitado à tecnologia motivaram a busca por soluções de baixo custo e impacto ambiental reduzido. A pesquisa foi conduzida por meio da abordagem “pesquisa por projeto”, envolvendo revisão bibliográfica, desenvolvimento de equipamentos caseiros, uso de impressão 3D e produção de protótipos. O foco estava no uso da fibra de coco, resíduo urbano abundante, combinada com gesso e resina, moldados por dispositivos impressos em PLA. A fibra de coco demonstrou ser um agregado eficiente, especialmente em compósitos com gesso, apresentando desempenho acústico e mecânico promissor. Foram desenvolvidos moldes e dispositivos flexíveis em pequena escala, permitindo a fabricação de peças acústicas modulares. Os protótipos estão sendo testados quanto à absorção sonora e resistência, com perspectivas de aplicação prática e reprodutibilidade. A pesquisa evidenciou o potencial da combinação entre alta e baixa tecnologia para gerar inovação social. O uso de resíduos locais e tecnologias acessíveis viabiliza soluções construtivas sustentáveis, com aplicação em ensino, extensão e melhoria do habitat.

Palavras-chave:
Fabricação Digital; Impressão 3D; Fibra de coco; Materiais compósitos; Elementos acústicos.

Abstract:
This study addresses the integration of natural materials and digital fabrication to create sustainable construction elements. In Salvador (BA), challenges such as housing deficits, inefficient waste disposal, and limited access to technology motivated the search for low-cost, low-impact solutions. The research was conducted using a “research by design” approach, which involved a literature review, the development of homemade equipment, the use of 3D printing, and the production of prototypes. The focus was on using coconut fiber — an abundant urban waste — combined with gypsum and resin, molded using PLA-printed devices. Coconut fiber proved to be an effective aggregate, especially in composites with gypsum, showing promising acoustic and mechanical performance. Flexible molds and devices were developed on a small scale, enabling the production of modular acoustic pieces. Prototypes are being tested for sound absorption and mechanical resistance, with prospects for practical application and replicability. The research highlighted the potential of combining high and low technologies to foster social innovation. The use of local waste materials and accessible technologies enables sustainable construction solutions, with applications in education, outreach, and habitat improvement.

Keywords:
Digital Fabrication; 3D Printing; Coconut Fiber; Composite Materials; Acoustic Elements.

1. INTRODUÇÃO

As propostas de inovação nas cadeias de produção de elementos construtivos trazem desafios na tentativa de avançar os métodos tradicionais e não se restringir às lógicas de mercado instituídas. Sistemas utilizando fabricação *in loco*, pré-fabricação pesada, alvenarias e o que envolve seus acabamentos e revestimentos são os mais utilizados devido a questões culturais, reprodução de conhecimentos instituídos, custos e gerenciamento das obras. Nesse cenário, o problema se encontra em como se desvincular de procedimentos mais tradicionais na concepção e no desenvolvimento de projetos de produtos ou elementos para a arquitetura e a construção civil, unindo inovações técnicas e processuais, ao mesmo tempo que se utilize materiais com baixo impacto encontrados localmente, com tecnologias de manufatura automatizadas e versáteis, a fim de criar estratégias exploratórias e efetivadas com menor custo de produção.

Esse processo envolve uma compreensão de longa data das potenciais relações entre *low* e *high tech*, através de uma visão das tecnologias apropriadas e adequações sociotécnicas ao nosso contexto e realidade (Scheeren, Sperling, 2023). De modo complementar, vincula-se aos estudos de materiais alternativos que possam ser processados e utilizados como matéria-prima em produtos, com suporte indireto de máquinas de fabricação controladas digitalmente. Rivka Oxman (2012) aponta há algum tempo que a convergência entre design digital, processos de materialização e tecnologias de fabricação está gerando uma mudança na pesquisa e nas práticas relacionadas a compreensão do papel dos materiais, em que o modelo vertical de projeto enfatiza a síntese de novas técnicas, tecnologias e modelos experimentais baseados na exploração de expressões materiais, seus efeitos e tectônica.

Estamos situados no contexto da cidade de Salvador e de seus desafios. Os contrastes entre a cidade formal e a informal refletem um grande déficit habitacional e um enorme déficit qualitativo, pelas habitações precárias existentes. A condição climática encontrada na região é de precipitação intensa, somando-se efeitos da umidade, da maresia e do salitre. A destinação dos resíduos sólidos da construção civil acontece com alto índice de perdas e limitados procedimentos de reutilização e reciclagem, assim como os da atividade doméstica, pois a cidade ainda não conta com um plano municipal correspondente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Fernandes, 2022), contando, em parte, com cooperativas que não recebem contrapartidas aos seus serviços. O acesso às tecnologias de fabricação controlada digitalmente é limitado, devido ao custo de sua aquisição e escassa produção nacional. Assim, apesar de haver oportunidades de uso de máquinas automatizadas, com frequência são utilizadas impressoras 3D *desktop* e cortadoras laser ou fresadoras CNC, que têm limitações quanto à área e capacidade de processamento do material.

A impressão 3D, enquanto processo aditivo, apresenta um potencial para a geração de moldes com diferentes geometrias e efeitos plásticos. O tipo de máquina mais acessível apresenta limitações quanto aos materiais possíveis para o seu processamento, em sua grande maioria, encontrados em filamentos de tipos plásticos. Desse modo, parte da investigação converge por incorporar materiais que tenham certa flexibilidade de usos e que não precisem ser processados diretamente pela impressora 3D. Assim, busca-se compreender soluções economicamente viáveis de materiais compósitos que possam se adaptar às formas impressas 3D, oferecendo possibilidades de criação plástica. Dentre os materiais pesquisados, a fibra de coco surgiu como uma escolha viável pela sua resistência, propriedades mecânicas e capacidade de agregar outros materiais.

O objetivo principal do trabalho apresentado, parte de uma pesquisa em desenvolvimento, é o de criar produtos customizados que possam contribuir para o incremento do conforto acústico em habitações, utilizando materiais residuais e tecnologias de fabricação 3D controladas digitalmente para gerar resultados de baixo custo. Os objetivos específicos são:

a) Desenvolvimento técnico de processos e resultados, unindo alta e baixa tecnologia;

b) Utilização de materiais oriundos de resíduo, como a fibra de coco processada;

c) Uso da impressão 3D para criar dispositivos de fabricação que facilitem o processo de manufatura indireta dos produtos;

d) Concepção e desenvolvimento de projetos para elementos acústicos (como painéis, revestimentos ou difusores de som), utilizando compósitos com fibras naturais como matéria-prima;

e) Realização de experimentos práticos com sistemas e elementos construtivos, visando testes, validação e demonstração de resultados.

Dessa maneira, o estudo pretende contribuir com propostas concretas que unam diferentes tecnologias direcionadas à solução de problemas, a partir de abordagens experimentais e criativas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. FABRICAÇÃO DIGITAL E IMPRESSÃO 3D

As tecnologias de fabricação digital têm se tornado mais acessíveis e compartilhadas, num caminho de intervenções ativas e críticas para a sua democratização e por meio de laboratórios específicos nas universidades e fora delas, convertendo-se em espaços privilegiados para investigação e experimentação de projetos e sistemas construtivos (Scheeren, Herrera, Sperling, 2018; Herrera, Scheeren, Sperling, 2023). Assim, percebemos lacunas a serem exploradas, como associar a inovação social aos projetos, que envolvam aprimoramentos técnicos, desenvolvidos de maneira cumulativa e a longo prazo, inseridos no contexto e orientados a objetivos claros. É um discurso corrente, quando se fala de tecnologias digitais, o papel no cenário internacional das "revoluções digitais" e a adequação a uma indústria 4.0. A construção 4.0 é uma aproximação das premissas de inovação da cadeia digital para o setor construtivo, a partir de tópicos como modelagem da informação, *big data*, simulação, conectividade e gerenciamento entre projeto e materialização, impressão 3D, sistemas robóticos, entre outros (Casini, 2022, p. 47-8). Nessa situação, estabelecem-se "espaços hegemônicos", com a "produção intimamente ligada à criação, nos países do centro, de novas formas de produzir" (Santos, 2013, p. 58), que determinam hierarquias, fluxos de transferência de conhecimentos, de técnicas e de tecnologias.

As tecnologias de Fabricação Digital têm evoluído em sua escala e complexidade de produção, resultando em sistemas avançados para a customização. Contudo, o acesso às máquinas em nosso contexto, como as impressoras 3D utilizadas na pesquisa, geralmente acontece por meio de equipamentos de pequeno porte, com funções pré-determinadas e pouca flexibilidade quanto às suas aplicações e materiais processados. Os desafios são vários, além de adaptar as funções dos maquinários, os desenvolvimentos técnicos para promover inovações em projetos e sua execução, as "pesquisas futuras devem se concentrar no desenvolvimento de materiais ecológicos e na adoção de modelos de economia circular" (Iftekhar *et al.*, 2023). Ressalta-se como estratégias de aplicação da impressão 3D para a arquitetura a pré-fabricação de elementos, protótipos em larga escala como modelos de teste de elementos de construção, e investigações interdisciplinares em relação ao uso de múltiplos materiais no processo de manufatura para criar um gradiente de propriedades desses objetos (Žujović *et al.*, 2022).

2.2. FIBRA DE COCO E MATERIAIS COMPÓSITOS

Dentre as distintas possibilidades de se trabalhar com os objetivos da pesquisa, a fibra de coco surgiu como um elemento com potencial exploratório no contexto de Salvador, já que o coco é facilmente encontrado enquanto resíduo urbano, quase sem custo de aquisição, e devido às propriedades físico–químicas que permitem aplicações para reforçar matrizes e gerar novos materiais compósitos (Oliveira, 2018). A fibra de coco emerge como uma alternativa às fibras sintéticas pela sua força e durabilidade, apresentando resultados significativos no desempenho enquanto parte de material compósito, principalmente na resistência à flexão, quando agregada a materiais como os cimentícios (Ahmad *et al.*, 2022). O gesso é um material muito utilizado na

construção civil por seu baixo custo e plasticidade, seu uso predominante em revestimento de paredes e teto, blocos não estruturais, placas 3D, *drywall* e peças para decoração. A fabricação do gesso consome menos energia em sua fabricação se comparada a ligantes como o cimento Portland, sendo assim, uma possibilidade menos agressiva para o meio ambiente. Ele se apresenta como um material relevante a ser investigado em conjunto com a fibra de coco, pois nesse tipo de compósito há ganhos significativos em relação ao desempenho térmico e acústico (Cunha, 2012).

3. MÉTODOS

O processo foi desenvolvido de maneira prática e exploratória, baseado na abordagem denominada de pesquisa por projeto, ou pesquisa baseada na prática (Hauberg, 2011; Luck, 2019), utilizando a proposição de projetos como uma estratégia empírica de investigação utilizada para testar hipóteses, que demarca uma episteme própria na construção de novos conhecimentos. Nas articulações entre projeto, prática e temas da arquitetura, essa abordagem apresenta um modo de investigação sistemática, mediada por formas de engajamento com o fazer que, por meio de processos criativos, propositivos, executáveis e de avaliação, responde a circunstâncias que são únicas, gerando novas intuições, entendimentos e produtos (Luck, 2019). Seguindo o objetivo de conceber elementos construtivos situados no contexto de necessidades da cidade-alvo, buscou-se também pensar em alternativas às configurações e funções hegemônicas dos dispositivos tecnológicos já existentes (Feenberg, 2020), como das impressoras 3D realizando apenas objetos finais e do uso de moldes como elementos estéticos para a construção.

A pesquisa envolveu experimentos práticos em laboratório, que se desdobraram em relatos e avaliação das etapas do processo diante da bibliografia encontrada, descrevendo e analisando o que foi alcançado, transformando-se em um material cumulativo para as próximas etapas. A pesquisa por projeto foi utilizada como uma estratégia para investigar sistematicamente através de "experimentos, ferramentas e métodos da prática da arquitetura" (Hauberg, 2011, p. 48), criando soluções de projeto que resultassem em introspecções úteis a outros desdobramentos de pesquisa. Assim, promove conexões entre a academia e a profissão, baseada na materialidade das ideias, que gera "investigação crítica" mediante o exercício de projeto que inclui propostas realizadas, ou seja, fabricadas, "extraindo conscientemente regras sobre o objeto do processo de pesquisa" (Hauberg, 2011, p. 52). Portanto, envolve ações criativas e concretas. De maneira mais específica, o processo aconteceu da seguinte maneira:

a) Revisão bibliográfica da literatura, para reconhecimento de materiais oriundos de resíduo para a – investigando, principalmente, fibras e materiais naturais, e suas formas de processamento e reaproveitamento como um agregado para a composição de elementos construtivos diversificados – e para o reconhecimento da contribuição do campo da fabricação digital, enquanto estratégias de trabalho para a produção.

b) Desenvolvimento de maquinário "caseiro" para o processamento do material – estufa fechada com controle de temperatura e de umidade por meio de sensores, ativando lâmpadas de aquecimento e criando um ambiente de secagem homogêneo –, extração e para secagem das fibras – por meio da quebra da casca do coco, separação do mesocarpo do endocarpo em fibras por esforço manual e mecânico, potencializado pelo processo cíclico de molhagem e secagem da fibra, conhecido como hornificação.

c) Pesquisas na literatura e em sites na internet para mapear referências de aplicações, produtos e dispositivos, indicando caminhos práticos a partir de exemplos existentes para a vinculação entre alta e baixa tecnologia.

d) Explorar a manufatura aditiva com máquina de impressão 3D acessível, modelagem geométrica de peças e dispositivos, como uma forma rápida e fácil de criar moldes para os elementos construtivos, utilizando de maneira indireta a tecnologia de fabricação.

e) Produção de peças na dimensão 10 x 10 cm como estratégia de criação de protótipos para testes com os materiais elegidos: fibra de coco, gesso e resina.

f) Criação de produtos que cumpram a função de sistemas acústicos, seguindo as etapas de concepção, protótipo de viabilidade em escala reduzida, testes de materiais, prototipagens parciais na sua escala 1:1 e avaliação preditiva acerca do conceito e design, resultando em objetos funcionais. Criação de moldes flexíveis para a produção de peças customizadas.

g) Registro do processo de pesquisa na plataforma Miro, para sistematização das informações e arquivo do conhecimento adquirido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A – A investigação identificou na literatura alguns materiais de caráter reaproveitável. Destacaram-se publicações mostrando materiais orgânicos e naturais, com especial atenção para o potencial de uso da argila, do bambu, do micélio e de alguns tipos de palha, mas principalmente as fibras naturais, como a de juta, de sisal e a de coco. Considerando o contexto litorâneo da cidade de Salvador, a contínua geração de resíduos e a reciclagem como algo marginal, a fibra natural oriunda do coco tornou-se uma escolha contundente, tanto pela aquisição praticamente a custo zero por meio do recolhimento direto com os comerciantes, quanto pelas qualidades de aplicação da fibra de coco reconhecidas na literatura.

Por meio de pesquisas realizadas anteriormente, enfocando nas tecnologias de fabricação digital, percebeu-se que a inovação nos processos de manufatura estão cada vez mais relacionados à experimentação com novos materiais, principalmente os de matrizes naturais e de baixo impacto ambiental, assim, expandindo a capacidade de aplicações dos maquinários (Scheeren, 2024). Contudo, devido ao acesso às máquinas com limitações dimensionais e aos tipos de materiais com que trabalham, necessidade de adaptação das suas ferramentas para executar tarefas não condicionadas à configuração padrão de fábrica, ou mesmo pelo custo elevado de opções com alta complexidade tecnológica, é preciso adotar estratégias híbridas entre o analógico e o digital, entre resultados automatizados e tarefas manuais. Essas dinâmicas foram identificadas em nosso contexto sul-americano, convergindo como um potencial a ser explorado nos experimentos (Scheeren *et al.*, 2018; Herrera *et al.*, 2023).

B – Com a escolha da fibra de coco como material de trabalho, o tratamento adotado, com base na literatura, foi o da hornificação (Ferreira *et al.*, 2012), para facilitar a separação, limpeza e reforçar sua resistência. Nesse caso, consistiu nos ciclos sucessivos de molhagem e secagem das fibras que foram sendo ajustados para se alcançar as orientações indicadas a seguir. Após a extração de partes lineares do coco manualmente, elementos da casca (exocarpo) foram separados dos restos de polpa (endocarpo) e colocadas num recipiente, que recebia água destilada para permanecer por um período de 3 horas de hidratação. A água era esvaziada do recipiente e o conjunto das fibras era colocado no interior da estufa, para permanecer em secagem durante 20 horas a uma temperatura de 80ºC. Depois, as fibras eram retiradas e permaneciam durante uma hora em resfriamento. Esse ciclo se repetia por 6 vezes.

A estufa, apesar de simples, permitiu um controle rigoroso das condições de secagem, assegurando a separação das partes residuais e a qualidade das fibras para posterior incorporação nos compósitos. Após sucessivos ciclos, os resultados contribuíram para reduzir a absorção posterior de água pelas fibras quando em solução compósita com outro material parcialmente líquido, ao evitar instabilidade dimensional, e para melhorar as propriedades mecânicas e a ligação fibra-matriz. A estufa de baixo custo, parte do resultado enquanto um projeto incorporado no processo da pesquisa, está equipada com controle eletrônico de temperatura e umidade para o tratamento da fibra. O equipamento consiste em uma caixa com abertura de porta frontal, de 58 x 48 x 48 cm, confeccionado com placas de compensado revestidas internamente com folha de filme refletivo de alumínio para isolamento térmico, contando com uma ventoinha para exaustão, duas lâmpadas de bulbo térmicas, sensores e

controladores de umidade e temperatura, capazes de desligar automaticamente as lâmpadas quando atingirem a temperatura indicada.



Figura 1: Fibra de coco sendo processada na estufa produzida com projeto próprio.
Fonte: Autores (2025).

C – A pesquisa na literatura também contribuiu para entender as possíveis aplicações e produtos gerados com a fibra de coco. Por se tratar de um elemento utilizado como agregado, ele pode ser acrescido a outros materiais como argila, argamassa, concreto, resina e gesso, tornando-se um material compósito, reforçando estruturalmente as matrizes. Além disso, pesquisamos referências de projetos e produtos que pudessem guiar a criação de elementos construtivos próprios, surgindo exemplos como pisos drenantes, cobogós, peças de revestimento, painéis termoacústicos e placas acústicas, entre outros. Percebeu-se o enorme potencial da aplicação da fibra de coco para questões acústicas, por diminuir a densidade do conjunto do material e aumentar o seu desempenho (Silva *et al.*, 2018). Outro fator evidenciado foi a possibilidade de explorar diferentes geometrias e efeitos nas peças, a partir de referências de moldes para o que estamos chamando de dispositivos-moldes, peças com materiais flexíveis que possam ser utilizadas para fabricar elementos customizados.

D – Foi utilizada uma impressora 3D do modelo Ender 3 Pro, uma máquina de mesa com volume de impressão de 22 x 22 x 22 cm, capaz de processar filamento termoplástico através da manufatura aditiva de depósito em camadas. Utilizamos PLA (ácido polilático), que se trata de um polímero termoplástico biodegradável, produzido a partir de fontes renováveis como amido de milho ou cana-de-açúcar. Essa foi uma forma barata de, após concebidos e modelados em software digital, imprimir protótipos de peças para visualização e teste. Durante a pesquisa, desenvolvemos diversos tipos e dimensões de moldes, com sistemas de encaixe e outros suportes que oportunizaram variações nos formatos das peças, ao incorporar tecido e borracha látex como parte do molde.

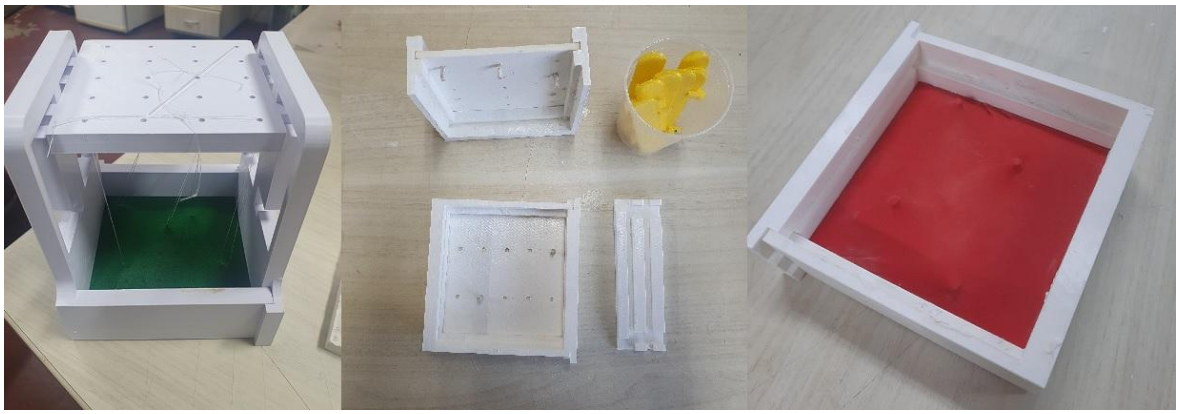


Figura 2: Primeiros dispositivos-moldes com incorporação de tecido (em verde) e borracha latéx (em vermelho).
Fonte: Autores (2025).

E – Para compreender como trabalhar com a fibra de coco em relação a alguns materiais escolhidos, partimos da literatura para identificar potenciais compósitos, comportamentos e aplicações com gesso, resina epóxi e argamassa cimentícia. Até o momento, experimentamos compósitos moldáveis com gesso e fibra de coco, e com resina epóxi e fibra de coco. A ideia de criar formas de dimensões 10 x 10 cm permitiu produzir peças regulares para testar a quantidade e a dosagem do material viscoso, e dimensões e dosagem das fibras. Também, avaliar o comportamento do material, forma, aparência e efeitos nas peças. A composição das peças de gesso e fibra de coco foi definida com base em razões água/gesso e gesso/fibra de coco estudadas (Cardoso *et al.*, 2021), na razão deste em 60-40%, 40-60% e 20-80%.

Com a definição de focarmos na criação de elementos acústicos, os protótipos das peças de gesso serviram para se obter objetos de ensaio para análise de degradação das fibras e resistência à deformação mecânica, principalmente por tração, que possam ser testadas por meio de esforços aplicados. Eles foram concebidos utilizando-se fibra de coco cortada em dimensões de 20 e 30 mm, reforçando estruturalmente os modelos. Outros protótipos foram fabricados para serem testados no Tubo de Impedância, para medir a absorção, coeficientes de reflexão e impedância acústica das amostras. O equipamento é usado para medir impedâncias específicas, coeficientes de absorção acústica (SACs) e de perdas de transmissão de som (STLs).

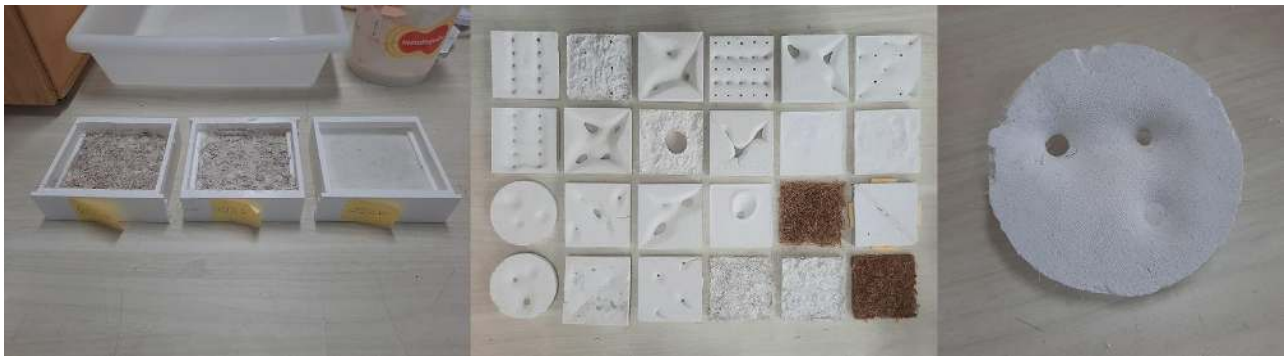


Figura 3: Protótipos de gesso, resina e fibra de coco. À esquerda, protótipos de teste da composição do material fibra de coco e gesso, nas diferentes razões. No centro, a diversidade de resultados formais, plásticos e de composição das peças de teste, utilizando gesso e fibra de coco e resina e fibra de coco. À direita, peça de gesso e fibra de coco criada como protótipo para teste no tubo de impedância.
Fonte: Autores (2025).

F – Na etapa de criação dos produtos finais, foram concebidas geometrias para as peças acústicas individuais que, em conjunto, formam um mosaico geométrico articulado, ao se encaixarem. Assim, diferentes geometrias de peças estão sendo exploradas. Nesse momento, as dimensões de cada peça estão sendo ampliadas, mas ainda em pequena escala, para que possam ter os moldes impressos 3D na mesma máquina. Isso tem permitido mais liberdade de geração dos desenhos dos moldes, que tem incluído sistemas de pinos na base para gerar variações formais em conjunto com tecidos e borracha látex. Esse processo tem permitido testes dimensionais, da relação entre quantidade de material e de peso, além de ajustes nas geometrias. Para essas peças, utilizou-se a fibra de coco no comprimento de 40 mm.



Figura 4: Moldes preenchidos com gesso, com o sistema de pinos à mostra, recoberto com tecido e a peça acústica resultante após o desmolde.
Fonte: Autores (2025).

G – O processo de pesquisa bibliográfica e de referências está utilizando a plataforma digital Miro como um repositório de conteúdo que pode ser compartilhado e acessado por outros pesquisadores. Isso garante a sistematização das informações e a consulta a qualquer momento.

5. CONCLUSÕES

A integração entre tecnologias digitais, processos manuais e técnicas analógicas permitiram estabelecer uma cadeia de produção que integra desde a concepção ao resultado final, realizados em um mesmo laboratório. Demonstra, também, a importância da abordagem experimental para o desenvolvimento de projetos na área da arquitetura, para ampliar as capacidades de criação de elementos construtivos em pequena escala, podendo contribuir para a melhoria da qualidade do habitat. Durante a pesquisa, foi possível aprofundar conhecimentos sobre materiais não tradicionais e sua versatilidade de aplicações, compreendendo características da engenharia dos materiais e exercitando a capacidade de criação de produtos partindo deles. A fibra de coco surgiu como uma opção relevante devido ao seu fator de localidade, oportunidade de reúso e baixo custo de aquisição e processamento. A utilização de PLA para os moldes e a fibra de coco como matéria-prima, reduzindo a quantidade de gesso empregado, resultou na produção de peças customizadas e diversificadas com baixo impacto ambiental, já que praticamente todo o material pode ser reutilizado. Apesar disso, o desafio está em tornar o processo sustentável tanto economicamente quanto ambientalmente em maior escala e, negociando com outros atores e setores, alcançar uma dinâmica de economia circular. Além da prática de pesquisa, esses procedimentos oferecem grande aprendizado para o ensino, enquanto atividades didáticas que podem ser incorporadas na área de sistemas construtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, J.; MAJDI, A.; AL-FAKIH, A.; DEIFALLA, A. F.; ALTHOEY, F.; EL OUNI, M. H.; EL-SHORBAGY, M. A. Mechanical and Durability Performance of Coconut Fiber Reinforced Concrete: A State-of-the-Art Review. **Materials**, v. 15, n. 10, p. 3601, 2022

CARDOSO, J. T.; EVANGELISTA, M. C. C. P.; FERREIRA, R. C. S.; SOUZA, T. F. Propriedades mecânicas de compósitos de fibras naturais e gesso. **Engineering Sciences**, v. 9, n. 2, p. 146–162, 2021.

CASINI, M. **Construction 4.0**: advanced technology, tools and materials for the digital transformation of the construction industry. Cambridge: Woodhead Publishing, 2022.

CUNHA, P. W. S. **Estudo sobre as potencialidades de compósitos à base de gesso e fibras de coco seco para aplicação na construção civil**. Tese (Doutorado em Processamento de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012.

FEENBERG, A. **Between Reason and Experience**: Essays in Technology and Modernity. Cambridge, MIT Press, 2020.

FERNANDES, J. Salvador segue sem plano para Política de Resíduos Sólidos. **A tarde [online]**. 05 set. 2022. Disponível em: <https://atarde.com.br/bahia/bahiasalvador/salvador-segue-sem-plano-para-politica-de-residuos-solidos-1205297>

FERREIRA, S. R.; LIMA, P. R. L.; SILVA, F. A.; TOLEDO FILHO, R. D. Influência de ciclos molhagem-secagem em fibras de sisal sobre a aderência com matrizes de cimento Portland. **Matéria**, v. 17, n. 2, p. 1024-1034, 2012.

HAUBERG, J. Research by Design – a research strategy. **Revista Lusófona de Arquitectura e Educação**, n. 5, p. 46–56, 2011.

HERRERA, P. C.; SCHEEREN, R.; SPERLING, D. (Eds). **Homo Faber 3.0**. Appropriations of digital fabrication from Latin America 2022. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2023.

IFTEKAR, S. F.; AABID, A.; AMIR, A.; BAIG, M. Advancements and Limitations in 3D Printing Materials and Technologies: A Critical Review. **Polymers**, v. 15, n. 11, p. 2519, 2023.

LUCK, R. Design research, architectural research, architectural design research: An argument on disciplinarity and identity. **Design Studies**, v. 65, p. 152-166, 2019.

OLIVEIRA, S. M. S. **Estudo do reaproveitamento da casca do coco verde na cidade de Salvador: alternativas sustentáveis**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Salvador, 2018.

OXMAN, R. Informed tectonics in material-based design. **Design Studies**, v. 33, n. 5, p. 427-455, 2012.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo**: Globalização e meio técnico-científico informacional. São Paulo: Edusp, 2013.

SCHEEREN, R. Do computacional à fabricação: Temas e (des)caminhos na América do Sul. **V!RUS**, n. 28, p. 69-78, 2024.

SCHEEREN, R.; SPERLING, D. M. Notes for a general interpretation of the application of digital fabrication in the global south context. *In:* **XXVI International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**. São Paulo: Blucher, p. 479-490, 2023.

SCHEEREN, R.; HERRERA, P. C.; SPERLING, D. (Eds). **Homo Faber 2.0**: Politics of Digitalin Latin America. São Carlos: IAU/USP, 2018.

SILVA, E. J. DA; VELASCO, F. G.; LUZARDO, F. M.; MARQUES, M. L.; MILIAN, F. M.; RODRIGUES, L. B. Compósito cimentício com elevado teor de fibra de coco tratada: propriedades físicas e durabilidade. **Matéria**, v. 23, n. 3, p. 1-19, 2018.

ŽUJOVIĆ, M.; OBRADOVIĆ, R.; RAKONJAC, I.; MILOŠEVIĆ, J. 3D Printing Technologies in Architectural Design and Construction: A Systematic Literature Review. **Buildings**, v. 12, n. 9, p. 1319, 2022.

AGRADECIMENTOS

Pesquisa realizada com apoio financeiro do EDITAL PRPPG 010/2024 – PROGRAMA DE APOIO A JOVENS PROFESSORES(AS)/PESQUISADORES(AS) DOUTORES(AS) – JOVEMPESQ 2024 da UFBA.