REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2025, Vol. 15, No. 30
DOI 10.23972/det2025iss30pp43-54

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Materialidade e identidade: Um diálogo entre o Pavilhão Y+ e as práticas arquitetônicas no Sul Global

Euler J. O. Morais[1]; Marcelo Tramontano[2]

1 *Mestrando no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e pesquisador do Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares interativos, São Carlos, Brasil.*

2 *Doutor e Livre-Docente em Arquitetura e Urbanismo. Professor Associado do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da mesma instituição. Coordena o Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos, São Carlos, Brasil.*

RESUMO

O presente artigo explora o Pavilhão Y+, desenvolvido no âmbito do *Nomads.Usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo* em um projeto de pesquisa e extensão, como um protótipo representativo de práticas arquitetônicas no Sul Global que conjuga materialidade, meios digitais e participação colaborativa. O estudo avalia como a inclusão de práticas, saberes e materiais locais reforçam vínculos entre arquitetura e cultura, enquanto tecnologias digitais possibilitam a releitura de saberes e técnicas populares, tradicionais e ancestrais na formulação de propostas projetuais. Busca, portanto, contribuir para a visibilidade de arquiteturas historicamente marginalizadas, silenciadas e invisibilizadas pelo modelo hegemônico moderno-ocidental e tensionar a fronteira entre o conhecimento técnico-científico e a produção vernacular, defendendo a pluralidade epistêmica como crítica ao universalismo moderno. Assim, ao introduzir pavilhões representativos da produção Sul Global, a análise abrange os processos de transição do digital para o físico e a construção de identidades culturais que desafiam a colonialidade. Além disso, as práticas participativas, em projetos realizados no Sul Global, são destacadas como fundamentais para conectar, tanto pesquisadores, arquitetos, como comunidades, muitas vezes vulneráveis e marginalizadas, aos espaços construídos. A partir do pensamento complexo desenvolvido pelo filósofo francês Edgar Morin e da teoria sistêmica formulada pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy, interpreta-se a arquitetura como um sistema dinâmico e integrador, que articula dimensões materiais, sociais e culturais. A pesquisa conclui propondo perspectivas para a replicação de propostas que envolvem o uso de meios digitais para concretização de pavilhões com geometrias complexas aliada à discussão decolonial, fortalecendo o papel da arquitetura como elemento integrador na construção de sociedades que valorizem a diversidade e conectadas às suas realidades locais.

PALAVRAS-CHAVE

Materialidade local; Identidade cultural; Fabricação digital; Pensamento complexo; teoria sistêmica

Materiality and Identity: A Dialogue Between the Y+ Pavilion and Architectural Practices in the Global South

ABSTRACT

This article explores the Y+ Pavilion, developed within *Nomads.Usp – Center for the Study of Interactive Habitats of the Institute of Architecture and Urbanism at the University of São Paulo*, as part of a research and extension project, as a representative prototype of architectural practices in the Global South that combine materiality, digital means, and collaborative participation. The study evaluates how the inclusion of local practices, knowledge, and materials reinforces the bonds between architecture and culture, while digital technologies enable the reinterpretation of popular, traditional, and ancestral knowledge and techniques in the formulation of design proposals. It thus seeks to contribute to the visibility of architectures historically marginalized, silenced, and rendered invisible by the modern–Western hegemonic model, while questioning the boundary between technical-scientific knowledge and vernacular production, advocating epistemic plurality as a critique of modern universalism. By introducing representative pavilions from the Global South, the analysis addresses processes of transition from the digital to the physical and the construction of cultural identities that challenge coloniality. Furthermore, participatory practices in projects carried out in the Global South are highlighted as fundamental for connecting researchers and architects, as well as often vulnerable and marginalized communities, to built spaces. Drawing from the complex thinking developed by French philosopher Edgar Morin and the systems theory formulated by Austrian biologist Ludwig von Bertalanffy, architecture is interpreted as a dynamic and integrative system that articulates material, social, and cultural dimensions. The research concludes by proposing perspectives for replicating approaches that involve the use of digital means for the realization of pavilions with complex geometries, combined with decolonial discussions, thereby strengthening the role of architecture as an integrative element in the construction of societies that value diversity and remain connected to their local realities.

KEYWORDS

Local Materiality; Cultural Identity; Digital Fabrication; Complex Thinking; Systemic Theory

CONTATO: Marcelo Tramontano – *tramont@sc.usp.br*

© 2025 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

Os pavilhões tornaram-se elementos importantes de reflexão e experimentação na arquitetura atual, tanto como expressão autoral, como no desenvolvimento de procedimentos, técnicas projetuais e construtivas que se utilizam de meios digitais. Em nossa investigação, verificamos que as experimentações vêm se multiplicando nas últimas décadas, em vários países, incluindo aqueles do Sul Global. O Pavilhão Y+ foi desenvolvido por pesquisadores de graduação e pós-graduação do Nomads.Usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como um protótipo montável, desmontável e remontável para uso público ou comunitário, que integra materialidade, meios digitais, com o uso de parametrização, prototipagem e, fabricação digital e participação colaborativa. O sistema construtivo do pavilhão de trinta e oito metros quadrados é composto por uma estrutura de montantes e travessas em madeira compensada e vedação em placas de policarbonato alveolar, fixadas por fitas de plástico PVC, priorizando a facilidade de execução e o acesso a materiais amplamente disponíveis no mercado de materiais de construção.

O Pavilhão Y+ foi concebido como um processo experimental para permitir aos participantes lidar com tecnologias digitais no projeto, fabricação e montagem de uma estrutura pavilhonar. O experimento foi parcialmente estruturado no formato de dois cursos de difusão, o primeiro intitulado *Do digital ao material: modelagem paramétrica e fabricação digital na concepção arquitetônica*, que contemplou modelagem paramétrica e fabricação digital na concepção arquitetônica, e permitiu-nos um processo de projeto envolvendo modelagem paramétrica e fabricação digital. O segundo curso intitulou-se *Construir com Fabricação Digital: Pavilhão Experimental* e contemplou a fabricação e montagem do pavilhão empregando parcialmente técnicas de fabricação digital, com habilitação na produção de componentes construtivos, uso de ferramentas manuais e digitais e a reflexão sobre processos de projeto, fabricação e montagem. Os cursos foram realizados no IAU-USP, promovidos pelo Nomads.usp - Núcleo Núcleo de Estudos de Habitares Interativos, com financiamento da Pró-reitoria de Cultura e Extensão da Universidade de São Paulo, do projeto de pesquisa Conversação ecológica em Arquitetura: Agentes e sistemas (CNPq), da CAPES e da FAPESP. Foi promovido e organizado por pesquisadores do Nomads.usp, em colaboração com o Laboratório de Fabricação Digital e o Laboratório de Modelos e Maquetes do IAU-USP, sob a coordenação geral do Prof. Associado Dr. Marcelo Tramontano. Os cursos trataram da introdução dos participantes a programas computacionais de modelagem 3D, a técnicas híbridas de fabricação – analógicas e digitais – à produção de componentes construtivos e a reflexão sobre processos de projeto, fabricação e montagem.

O objetivo deste artigo é analisar criticamente como a integração entre materialidade, meios digitais e práticas participativas, em projetos de pavilhões realizados no Sul Global, pode contribuir para práticas arquitetônicas que dialoguem com modelos eurocêntricos e afirmem identidades, através de uma proposta interdisciplinar fundamentada em epistemologias decoloniais. Buscaremos, ainda, estabelecer uma análise relacional entre o Pavilhão Y+ e outros projetos produzidos em localidades do Sul Global, verificando convergências e singularidades nos processos de projeto, fabricação e montagem. Adicionalmente, procuraremos demonstrar como os paradigmas do pensamento complexo, formulado pelo filósofo francês Edgar Morin (2007), e da teoria sistêmica, proposta pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy ([1968] 2008), podem enriquecer a compreensão da arquitetura enquanto prática integradora e transformadora, particularmente em contextos que possibilitam a utilização tanto de técnicas e saberes vernaculares, como de meios digitais, na concretização de arquiteturas de caráter inovador. O texto está organizado em três partes, que indicam igualmente a metodologia empregada: (i) Referencial teórico, conectando conceitos e epistemologias no contexto da investigação; (ii) Análise documental a partir do exame de diversos pavilhões de referência, que ilustram práticas construtivas no Sul Global; e (iii) Resultados e discussões, analisando criticamente convergências e singularidades na produção do pavilhão Y+ e exemplares no Sul Global e, em acréscimo, produzindo um exame de perspectivas capazes de fortalecer identidades culturais e fomentar arquiteturas inclusivas e conectadas a especificidades locais.

Ações como aquelas desenvolvidas por coletivos de arquitetura, arquitetos e/ou escritórios que se articulam em equipes temporárias com propostas arquitetônicas sociais, coletivas e locais, de acordo com a natureza da demanda (Vieira, 2021). Além das organizadas por *FabLabs* e universidades, no Sul Global, as quais vêm promovendo a ressignificação de materialidades, saberes, práticas locais e acadêmicas, explorando alternativas projetuais que emergem das próprias realidades regionais. Historicamente, a prática arquitetônica no Sul Global foi e ainda é atravessada pela colonialidade do poder (Quijano, 2005), do ser (Mignolo, 2003) e do saber (Lander, 2005), segundo os trabalhos do Grupo Modernidade/Colonialidade - M/C (Ballestrin, 2013). Esta epistemologia provoca reflexões quanto à imposição, na arquitetura, de modelos eurocêntricos que, frequentemente, ignoram as especificidades culturais e materiais de contextos locais. A colonialidade do poder, conforme conceituada por Quijano (2005), opera como um resquício duradouro do colonialismo, perpetuando-se nas estruturas de poder como o controle político e econômico dos colonizadores sobre as sociedades colonizadas, mesmo após o fim do período colonial. A colonialidade do ser, como aponta Mignolo (2003), designa os efeitos da dominação nas identidades individuais e coletivas, nas vivências cotidianas e nas percepções dos sujeitos, moldadas pelas perspectivas dos dominadores. Por colonialidade do saber (Lander, 2005), entende-se a imposição de conhecimentos hegemônicos originários do Norte Global – fundamentalmente de países norte atlânticos —, bem como um consequente apagamento e desvalorização de conhecimentos locais e ancestrais dos povos colonizados. Os países do Sul Global enfrentariam, assim, uma dominação em suas estruturas de poder, nas identidades individuais e coletivas de suas sociedades e na imposição de conhecimentos baseados nos modelos hegemônicos do Norte.

O projeto do Pavilhão Y+ contempla estas preocupações de diferentes maneiras. Para referenciar seu desenvolvimento, analisamos iniciativas e experiências de pavilhões e edificações de pequeno porte, realizados na maioria no Sul Global, sendo um nos Estados Unidos, que respondem a desafios arquitetônicos e construtivos semelhantes àqueles enfrentados durante sua realização. O exame de cinco pavilhões selecionados investigou como esses exemplares integraram materiais, meios digitais e participação colaborativa para a criação de espaços multidimensionais, ou seja, aqueles que, além da funcionalidade prevista, afirmam identidades culturais. A materialidade, neste contexto, não se limita a escolhas técnicas ou estéticas, mas pode se tornar um ato político que confronta, e, concomitantemente, busca, um diálogo com os modelos hegemônicos impostos pela globalização, reforçando os vínculos entre projeto, construção e as culturas que os produziram. Ao incorporar meios digitais como programas computacionais de modelagem 3D,

fabricação digital, parametrização e prototipagem, os pavilhões estudados possibilitam a utilização de tecnologias digitais como meio para a ressignificação de técnicas e saberes vernaculares e acadêmicas — desenvolvidas em universidades, *FabLabs* e outros –, conferindo-lhes relevância. Paralelamente, a inclusão de estudantes, pesquisadores e comunidades locais no processo de concepção arquitetônica não apenas legitima os resultados obtidos, mas transforma os espaços em reflexos das necessidades e valores coletivos, ampliando o alcance social da arquitetura.

2. METODOLOGIA

A pesquisa da qual deriva este artigo adotou um enfoque qualitativo, fundamentando-se na análise crítica, em revisão bibliográfica e pesquisa documental de caráter interdisciplinar. Para o estudo de pavilhões, selecionamos exemplares que integraram três aspectos principais: a utilização de materiais e técnicas locais, o emprego de meios digitais em todas as suas fases e a incorporação de práticas participativas. A análise baseou-se em informações extraídas do *Quadro síntese: Pavilhões e construções de pequeno porte*, disponibilizados publicamente, que reúne projetos majoritariamente localizados em localidades do Sul Global, construídos a partir do ano 2000. O Quadro foi elaborado com dados provenientes de fontes secundárias, como artigos acadêmicos, relatórios técnicos, *websites* de divulgação e informações de *FabLabs* e coletivos arquitetônicos envolvidos.

As informações extraídas do quadro foram lidas a partir de referenciais teóricos de base decolonial, fundamentados nos trabalhos do Grupo Modernidade/Colonialidade (M/C) (Ballestrin, 2013), no conceito de complexidade, segundo Morin (2007), e no pensamento sistêmico, formulado por Bertalanffy ([1968] 2008). Estes referenciais permitiram analisar o modo como os projetos articularam questões como a transição do digital para o físico, a resistência cultural frente a modelos eurocêntricos, o uso de materiais e práticas locais e a reciclabilidade e sustentabilidade ambiental. Interpretamos as informações comparativamente, cruzando dados dos exemplos selecionados com aqueles produzidos no projeto do Pavilhão Y+, em um procedimento que permitiu identificar convergências e singularidades nas respectivas práticas arquitetônicas. Os resultados da análise foram organizados em quadros, que orientaram as discussões por temas-chave. A metodologia buscou evidenciar maneiras como o diálogo entre materialidade, tecnologia e comunidade pode originar soluções arquitetônicas integradoras e sensíveis às especificidades socioculturais do Sul Global. Além de atender a aspectos funcionais, as propostas afirmam identidades locais e questionam estruturas de dominação colonial, oferecendo uma perspectiva crítica e de caráter inovador na prática arquitetônica contemporânea.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Os conceitos de materialidade, meios digitais e práticas participativas estruturam o referencial teórico como pilares para uma prática arquitetônica que busca integrar tecnologia, ressignificação de materiais e a valorização de conhecimentos e saberes locais – práticas acadêmicas e vernaculares do Sul Global. Em *Material-based Design Computation* (2010), Neri Oxman discute como, no modelo moderno europeu de arquitetura, a separação entre forma, estrutura e material foi institucionalizada, tornando-se profundamente enraizada nos postulados modernistas de projeto. Esta separação, aliada à fragmentação metodológica entre modelagem, análise e fabricação, levou, segundo a autora, à criação de formas orientadas, principalmente, por geometrias. A ênfase na forma em detrimento do material teria sido incorporada ao desenvolvimento e uso dos programas computacionais *CAD* (*Computer-Aided Design*). Segundo Oxman (2010), a desconsideração pela dimensão material tornou-se um axioma na lógica modernista, relegando a materialidade a um papel secundário no processo projetual. Portanto, a materialidade, tradicionalmente percebida como uma questão técnica ou estética, adquire, no contexto Sul Global, um significado mais profundo quando analisada sob a perspectiva decolonial. Segundo Quijano (2005) e Mignolo (2003), a materialidade pode constituir um ato de resistência à colonialidade, reapropriando-se de materiais e técnicas locais e saberes ancestrais para criar uma arquitetura que reflita as especificidades culturais e sociais dos contextos locais. A escolha dos materiais torna-se, assim, uma afirmação de identidade e um questionamento da imposição de modelos hegemônicos globais.

As tecnologias digitais, como CAD-CAM, alteraram profundamente a produção de arquitetura e de conhecimento, mas também introduziram uma nova forma de colonialismo digital, no qual países do Norte Global dominam o acesso, desenvolvimento e controle dos meios e das plataformas digitais. A dependência cultural, política e tecnológica resultante promove padrões e estilos arquitetônicos oriundos da tradição eurocêntrica, frequentemente não apenas ignorando contextos locais, como também impondo uma visão de progresso tributária dos valores euroestadunidenses (Cunha; Moassab, 2022). Práticas locais foram marginalizadas e, em muitos casos, abandonadas, em favor de um modelo ocidental de arquitetura, percebido como tecnologicamente superior.

Essa dependência resultou em projetos que, muitas vezes, não atendem às demandas culturais, climáticas, sociais, entre outras, gerando um desalinhamento com culturas e identidades locais, tanto individuais, quanto coletivas. Ela reforça, igualmente, posições de subordinação, de limitação da autonomia dos países periféricos, incentivando a reprodução de métodos projetuais, escolhas formais e tecnológicas, segundo os quais o objeto arquitetônico adapta-se à realidade e aos valores do Norte como elemento representativo, iconográfico e simbólico. A abordagem decolonial que propomos utilizar aqui busca promover uma visão crítica do uso das tecnologias digitais no contexto Sul Global, visando compreender práticas locais, materiais, modos regionais de construir e o embate entre perspectivas eurocêntricas e realidades do Sul.

Nemmani e Rodriguez (2023) sugerem que, ao desenvolver estratégias de projeto digital referenciadas no pensamento decolonial, os povos do Sul Global podem fortalecer sua autonomia tecnológica, promovendo uma arquitetura produzida digitalmente que inclua saberes e materiais locais, engendrando práticas arquitetônicas que articulem tecnologias digitais e identidades regionais. Os autores referem-se aos modos como tecnologias digitais podem ser apropriadas de maneira única no Sul Global, possibilitando a emergência de múltiplas ideias de modernidades que coexistem e correspondem aos contextos locais, desafiando o modelo arquitetônico moderno ocidental. Os meios digitais, como a modelagem paramétrica e a fabricação digital, oferecem novas possibilidades para ampliarmos o escopo projetual e de produção de pavilhões com geometrias complexas, que, segundo Kolarevic (2003), seriam difíceis de projetar e construir empregando-se procedimentos e técnicas tradicionais. Tais processos não apenas materializam o projeto, mas criam um diálogo entre o digital e o físico, o global e o local. A arquitetura de geometrias complexas enfrenta, segundo Raspall (2015), desafios que

exigem um ordenamento procedural sólido, além de compreender a materialidade como parte do processo desde as etapas iniciais.

Sob a lente do pensamento sistêmico formulado por Bertalanffy ([1968] 2008), os pavilhões podem ser compreendidos como sistemas abertos, que interagem com os ambientes físico, social e o contexto material. No Sul global, a produção dessas edificações permite a reinterpretação de técnicas e saberes locais, conferindo-lhes relevância e ampliando possibilidades projetuais e construtivas. A integração de materiais locais sustentáveis e recicláveis à prática projetual promove a circularidade do *design* e a ressignificação de materiais, principalmente aqueles associados à precariedade. Segundo Noreña, Marulanda, Orrego, Vasquez (2017), o bambu guadua e a folha de zinco, na Colômbia, são comumente associados à precariedade e à escassez. No Brasil, a tradição do barracão de zinco como símbolo de populações oprimidas pela pobreza é abordada, entre outros autores, por Carolina Maria de Jesus em seu livro *Quarto de Despejo: Diário de uma Favelada* (1960). A autora refere-se ao barracão de zinco como símbolo da precariedade habitacional e exclusão social. As possibilidades de ressignificação da materialidade de uma edificação demonstram que, apesar não possuírem um caráter político por si mesmos (Mertins, 2003), os materiais tornam-se símbolos de identidades culturais e de resistência, como agentes de uma micropolítica arquitetônica (Arets, 2003) capaz de dialogar com modelos arquitetônicos hegemônicos.

Segundo o pensamento complexo (Morin, 2007), compreendemos os pavilhões como sistemas interativos, formados por componentes conectados e dinâmicos, nos quais múltiplas dimensões — tecnológicas, sociais, culturais e materiais — se interconectam e se retroalimentam continuamente. Morin (2007) enfatiza que sistemas interativos não são meramente a justaposição de partes, mas totalidades organizadas, onde as interações entre os componentes podem gerar propriedades emergentes que não podem ser reduzidas às partes isoladas.

À luz da Complexidade (Morin, 2005), entendemos que as práticas participativas são fundamentais para conectar a arquitetura às comunidades, promovem interdependência entre os diferentes agentes envolvidos no processo arquitetônico. A participação comunitária não pode ser apenas um meio de legitimar o projeto, mas também de transformar o espaço em um reflexo de necessidades e valores coletivos. Os exemplos estudados demonstraram que essa participação pode promover a auto-organização e a retroalimentação, criando um ambiente coletivo de aprendizado e colaboração horizontal.

4. EXAME DE PAVILHÕES

Os pavilhões escolhidos para análise, apresentados no Quadro 1, abordam desafios técnicos e conceituais no desenvolvimento de um pavilhão. Nele destacamos o aspecto da materialidade, dos meios digitais e da participação colaborativa nos pavilhões selecionados.

O Pavilhão Y+ insere-se no amplo campo de experimentações arquitetônicas do Sul Global. Ao buscar a integração entre geometrias complexas, sustentabilidade, fabricação digital e relevância social, os projetos estudados alinham-se a objetivos de inovação tecnológica, em um contexto de baixo orçamento, meta que o experimento do pavilhão Y+ também objetivou alcançar. Estabelecemos duas linhas de análise relacional, a **primeira linha** consiste em uma análise sistêmica (Bertalanffy, [1968] 2008), interessada no processo de transição do digital para o físico, relacionando os seguintes princípios: (1) Conceito de sistema, examinando os elementos inter-relacionados que formam um todo organizado; (2) Interdependência dos elementos; (3) Propriedades emergentes, que revelam-se a partir das interações entre os componentes e não podem ser reduzidas às características individuais das partes; (4) Hierarquizações, ou sistemas organizados em níveis hierárquicos, cada nível com propriedades e funções específicas; (5) Feedback, ou retroalimentação, incluindo *feedback* negativo, que mantém o equilíbrio do sistema reduzindo desvios do estado desejado, e *feedback* positivo, que amplifica mudanças, podendo levar à instabilidade ou, contrariamente à evolução do sistema; (6) Adaptabilidade, observando como o sistemas reagem a mudanças externas para preservar sua funcionalidade, e (7) Transdisciplinaridade. O Quadro 2**,** que inicialmente apresenta informações complementares dos pavilhões selecionados baseado em categorias analíticas e em seguida, apresenta a análise segundo o pensamento sistêmico.

Fundamentamos a **segunda linha de análise** no pensamento complexo tecido por Morin (2007), em especial em alguns de seus princípios: (1) Princípio organizacional, entendendo o envelope como sistema; (2) Princípio recursivo, ou a ocorrência de retroalimentação; (3) Princípio dialógico, contemplando a presença de arquitetos, colaboradores e/ou coletivos que mantêm relação de horizontalidade e a minimização de hierarquias entre si e entre as partes interessadas (*stakeholders*) nos processos de projeto, e a articulação de seus saberes, habilidades, especializações e modos de fazer por decisões compartilhadas; (4) Auto-eco-organização, referindo-se à auto-organização dos participantes para otimizar a fabricação de componentes e a montagem; e (5) Transdisciplinaridade, que ocorre segundo a participação de comunidades, instituições, *FabLabs*, universidades e outros, com foco em envelopes de pavilhões e edificações de pequeno porte e baixo custo do Sul Global. O Quadro 3, apresenta a análise dos pavilhões baseada nos princípios da complexidade propostos por Morin (2007).

A partir das informações organizadas nos Quadros 2 e 3 realizamos uma análise relacional. Os pavilhões Laminado, *Pedestrian Bridges*, *AIA Pavilion* e *The Butterfly Gallery* exploram formas geométricas complexas, com superfícies curvas de dupla curvatura. O pavilhão *Hyperbamboo* relaciona geometria e forma estrutural, demonstrando o potencial relacional entre *design* computacional e fabricação digital para criar soluções formais e estruturais eficientes. Verificamos que as estratégias projetuais destes pavilhões refletem uma arquitetura na qual a forma não é apenas um elemento estético, mas um componente estrutural que emerge da interação entre meios digitais, modos de construir e materialidade (Raspall, 2015). No pavilhão Y+, a exploração da forma de base senoidal estabelece um diálogo com os exemplos destacados no quadro, evidenciado geometria parametrizada, gerada, portanto, por algoritmo e baseada em princípios matemáticos destinados ao desenvolvimento e otimização de estruturas, expressando o potencial criativo desse processo. Pottmann, Asperl, Hofer e Kilian (2015) enfatizam a necessária sólida compreensão da geometria da forma no projeto arquitetônico, a fim de que as possibilidades oferecidas pelos sistemas computacionais possam ser potencializadas.

Quadro 2 Projetos selecionados de pavilhões realizados no Sul Global

Título do projeto	Autores, local e ano	Materialidade	Utilização de meios digitais	Participação colaborativa
The Butterfly Gallery Link: https://l1nq.com/J46mm	Lamo 3D-FAU-UFRJ, Prof. Andres Martin-Pastor, Rio de Janeiro, Brasil, 2015.	Estrutura helicoidal em madeira compensada 3mm, criada por alunos e professores da FAU-UFRJ.	Uso de programas computacionais para modelagem geométrica e técnicas de fabricação digital, fabricação CNC.	Desenvolvido em workshop acadêmico, com envolvimento ativo de estudantes e professores.
Pavilhão Laminado Link: https://encr.pw/Y7Ad7	Centro de Estudios Superiores de Diseño de Monterrey (CEDIM), Monterrey, México, 2017.	Madeira laminada, com montagem de cascas duplas curvas segmentadas.	Uso de programas computacionais para modelagem geométrica. Técnicas de fabricação digital e análise estrutural avançada para explorar laminação sem moldes tradicionais.	Realizado como projeto acadêmico com envolvimento de alunos e professores.
Pedestrian Bridges Link: https://l1nq.com/4vD53	Prof. Djordje Stanojevic, CEDIM, Santa Catarina, México 2018.	Estruturas leves em madeira e bambu, utilizando princípios de geometrias complexas de dupla curvatura.	Projetado e analisado usando ferramentas digitais para modelagem e simulação estrutural.	Incluiu oficinas com estudantes com metodologias e materiais para construir e experimentar.
Hyperbamboo Link: https://encr.pw/Z7nQQ	Arquitetos Roberto Bologna, Fernando Barth, Chiara Moretti e Denny Pagliai, Phnom Penh, Camboja, 2017	Estrutura de bambu, explorando formas hiperbolóides.	Ferramentas digitais utilizadas para projetar e calcular a geometria hiperbolóide.	Construído como parte de um festival comunitário, promovendo práticas locais de construção e materiais sustentáveis.
Casa Ensamble Chacarrá Link: https://encr.pw/F7ZkD	Ruta 4 Taller de Arquitectura, Pereira, Colômbia, 2016	Materiais locais: bambu (guadua), esteira de bambu, telhas de zinco.	Não há registro explícito do uso de meios digitais.	Projeto comunitário com ampla participação local, promovendo educação e artes.
AIA Pavilion Link: https://encr.pw/fSG0L	Prof. Gernot Riether, Instituto de Tecnologia da Geórgia, New Orleans, EUA, 2011	Estrutura leve em polímeros recicláveis.	Uso de programas computacionais para modelagem geométrica e fabricação digital.	Parte de um programa acadêmico que envolveu estudantes em todas as etapas do projeto.

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Quadro 2 Dados complementares e análise dos pavilhões segundo princípios formulados por Bertalanffy ([1968] 2008).

Pavilhões	Dados complementares				
	Escala e programa	Temporalidade	Modelagem da forma	Técnicas de fabricação	Montagem
The Butterfly Gallery	Pavilhão, pequena escala; exposição	Temporário	Superfícies helicoidais interconectadas	Uso de fabricação digital para explorar geometrias complexas.	Montagem participativa por estudantes.
Pavilhão Laminado	Pavilhão, pequena escala; exposição	Temporário	Casca estrutural de dupla curvatura em camadas.	Combinação de fabricação digital, fresadora CNC, e técnica de dobra de madeira por calor e umidade, laminação sem molde.	Participativa por pesquisadores
Pedestrian Bridges	Instalação, pequena escala; ponte	Temporário	Casca estrutural em dupla camada com geometria de dupla curvatura.	Integração de técnicas digitais com dobra de madeira por calor e umidade.	Participativa pelos estudantes de graduação
Hyperbamboo	Pavilhão, pequena escala; exposição	Temporário	Estruturas hiperbólicas com superfície regrada de bambu integradas	Peças de bambu interconectadas. Arcos estruturais de transição entre as conchas.	Por empresa contratada
La Casa Ensamble Chacarrá	Pavilhão, pequena escala; Espaço público e cultural	Permanente	Poliedro em estrutura de bambu guadua.	Construção com técnicas e saberes locais. Montagem colaborativa e participativa pela população local e por mão de obra local.	Participativa comunidade e pela mão de obra local
AIA Pavilion integração entre estrutura e vedação	Pavilhão, pequena escala; exposição	Temporário	Forma gerada por algoritmo	Construção flexível por polímeros, uso de fabricação digital. Montagem colaborativa.	Participativa por pesquisadores

Princípios formulados Bertalanffy	Descrição	Exemplo de pavilhões	Relevância para o Pavilhão Y+
Conceito de sistema	Elementos inter-relacionados que formam um todo organizado.	**The Butterfly Gallery:** cascas de flexão ativa (que é a capacidade de gerar e manter a forma pela capacidade de deformação dos materiais constituintes, alcançada por meio da tensão interna gerada pela própria flexão) helicoidais interconectadas. **Pavilhão Laminado:** camadas estruturais de peças de madeira e camada de vedação interconectadas. **Pedestrian Bridges:** camadas estruturais de peças de madeira conformadas por catenária e interconectadas. **Hyperbamboo**: conchas hiperbólicas de superfície regrada de bambu, interconectadas por arcos estruturais de bambu. **La Casa Ensamble Chacarrá**: bambu, telha de zinco constituem o sistema estrutural e de vedação que atuam em sinergia entre si e com o ambiente **AIA Pavilion:** integração entre estrutura e vedação	O Pavilhão Y+ é concebido como um sistema no qual os componentes que formam a estrutura, e a vedação, os materiais, técnicas e contexto social interagem para formar um espaço de inclusão e interação social.
Propriedades emergentes	Características que surgem das interações entre os componentes e que não podem ser reduzidas às partes individuais.	**AIA Pavilion:** forma emergente por simulação com utilização de algoritmo A casca estrutural que emerge da interação das camadas nos pavilhões **Pavilhão Laminado** e **Pedestrian Bridges**	O comportamento de casca estrutural ocorreu no Pavilhão Y+ como emergência na vedação da Conha 3
Hierarquizações -	Sistemas organizados em níveis hierárquicos, com propriedades e funções específicas em cada nível.	O sistema em camadas dos pavilhões **Pavilhão Laminado** e **Pedestrian Bridges.** O sistema estrutura e vedação do **AIA Pavilion**	No Pavilhão Y+ verifica-se a hierarquização entre estrutura como suporte da vedação.
Feedback	Ajustes no sistema realizados por *feedback* positivo ou negativo.	**The Butterfly Gallery:** retroalimentação na produção do modelo digital por prototipagem. Ajustes interativos com técnicas digitais para soluções construtivas otimizadas.	No experimento foram implementados feedbacks positivos como meio de equilibrar o sistema procurando reduzir desvios para se atingir os objetivos programados.
Adaptabilidade	Sistemas que reagem a mudanças externas para preservar sua funcionalidade.	Não há registro de processos que exigiram adaptabilidade nos pavilhões selecionados	O Pavilhão Y+ adaptou meios digitais e manuais para atender às limitações das máquinas de fabricação digital e de materiais, garantindo funcionalidade.
Transdisciplinaridade	Integração de saberes e colaboração entre comunidades, instituições, universidades e FabLabs, promovendo uma prática transdisciplinar.	**La Casa Ensamble Chacarrá** utilizou de saberes,técnicas construtivas e cultura locais. Os demais projetos integram saberes acadêmicos, técnicos e culturais. **The Butterfly Gallery**: em parceria com a Universidade de Sevilla.	O Pavilhão Y+ integrou saberes acadêmicos, técnicos e culturais.

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Quadro 3 Análise dos pavilhões selecionados baseado nos princípios de complexidade proposto por Morin (2007).

Princípio de Morin	Descrição	Exemplos de Pavilhões	Relevância para o Pavilhão Y+
Princípio Organizacional	O pavilhão é entendido como um sistema constituído por partes interdependentes, integra forma, função e materialidade para atender a aspectos técnicos e sociais.	Todos os pavilhões podem ser entendidos como sistema. Alguns exemplos: La Casa Ensamble Chacarrá: envelope de bambu guadua e zinco para conexão cultural e social; Pavilhão Laminado: sistema de madeira laminada em camadas para criar uma casca estrutural de dupla curvatura.	O Pavilhão Y+ foi projetado como um sistema em camadas que envolve a estrutura e a vedação de forma dialógica.
Princípio recursivo	Retroalimentação no processo de projeto, promovendo melhorias por meio do diálogo contínuo entre arquitetos, colaboradores e comunidades.	La Casa Ensamble Chacarrá: decisões retroalimentadas pela comunidade, adaptação às condições locais e materiais; The Butterfly Gallery: retroalimentação na produção do modelo digital por prototipagem. Ajustes interativos com técnicas digitais para soluções construtivas otimizadas.	A prototipagem e o fluxo de informação entre estudantes, professores e técnicos resultou retroalimentação e melhorias contínuas no projeto, ajustando-se aos desafios materiais e tecnológicos enfrentados.
Princípio dialógico	Relações horizontais entre arquitetos, colaboradores e *stakeholders*, promovendo decisões compartilhadas e articulação de saberes.	La Casa Ensamble Chacarrá, The Butterfly Gallery: hierarquias minimizadas, horizontalidade nas relações e colaboração horizontal.	O enfoque colaborativo no Pavilhão Y+ refletiu a horizontalidade nas relações acadêmicas, senso de coletividade e o senso de pertencimento.
Auto-eco-organização	Capacidade de auto-organização dos participantes para otimizar processos de fabricação e montagem, especialmente em contextos com recursos limitados.	Sem registro do processo nos exemplos de pavilhões.	O processo de fabricação e montagem, hierarquias minimizadas, presença de um mediador, processos de auto organização entre os participantes como meio de otimização.
Transdisciplinaridade	Integração de saberes e colaboração entre comunidades, instituições, universidades e FabLabs, promovendo uma prática transdisciplinar.	The Butterfly Gallery: em parceria com a Universidade de Sevilla. La Casa Ensamble Chacarrá: compartilhamento de saberes e práticas de construção locais.	No Pavilhão Y+, a integração de conhecimentos acadêmicos promoveu uma abordagem inclusiva e contextualizada.

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Nos projetos estudados, a escolha dos materiais, reflete questões de sustentabilidade ambiental e especificidades culturais locais. O *Hyperbamboo* e *La Casa Ensamble Chacarrá* utilizam e ressignificam o uso do bambu, um material renovável, com alto desempenho estrutural, enquanto o Pavilhão Laminado trabalha com técnicas de laminação de madeira. Tais escolhas não apenas realçam as qualidades físicas dos materiais, como dialogam com os contextos sociais e ambientais, reforçando a importância de uma definição consciente da materialidade no projeto arquitetônico. O *The Butterfly Gallery* e o *AIA Pavilion*, desenvolvidos em meio acadêmico, utilizam, respectivamente, a madeira compensada e polímeros. No Pavilhão Y+, utilizamos a madeira compensada e o policarbonato, buscando uma materialidade ao mesmo tempo leve e de baixo custo para dar forma à geometria complexa.

Os projetos mencionados utilizaram meios digitais em todas as etapas, da concepção à fabricação. Apenas a documentação do projeto de *La Casa Ensamble Chacarrá* não fornece registro explícito deste uso. No Quadro 4 verifica-se que modelagem paramétrica, simulações estruturais e fabricação CNC foram meios utilizados nos processos de

projeto, simulações e fabricação dos pavilhões. O emprego das tecnologias digitais outorga maior precisão à fabricação e à montagem, permitindo maior controle no *design* e materialização de formas complexas (Raspall, 2015). Constatamos que os meios digitais se destacam verdadeiramente como mediadores essenciais entre o ideal projetual e a materialidade física, estimulando a exploração de possibilidades geométricas de maneira eficiente e precisa. O Pavilhão Y+ também incorpora a abordagem digital, utilizando-a como base para desenvolver a modelagem da forma, prototipagem para testar a viabilidade estrutural e construtiva e fabricação digital.

A participação comunitária e as condições do ambiente local foram cruciais no projeto e na execução de todos esses projetos. No *La Casa Ensamble Chacarrá*, o envolvimento de comunidades, com hierarquias menos marcadas, oportuniza maior conexão entre arquitetura e sociedade, reforçando a relevância de projetos como esses como meio de empoderamento de populações socioeconomicamente vulneráveis e de valorização de práticas construtivas locais A participação comunitária agrega valor ao processo, transformando-o em um catalisador de relações sociais e pertencimento coletivo. Dentre os participantes do experimento do Pavilhão Y+, contamos com pessoas externas à universidade, nos cursos de difusão, mas não contemplando o impacto social e a acessibilidade à arquitetura que verificamos nestes exemplares de referência. Ainda assim, eles nos auxiliaram a confirmar as relações entre os participantes, considerados unidades complexas. O estímulo a essas relações, durante o experimento, e sua análise *a posteriori* constituem um material valioso para antecipar futuras aplicações comunitárias. Morin (2005) elabora a noção de unidade complexa absorvendo de Bertalanffy ([1968] 2008) a ideia de sistema aberto, oriundo de elementos biológicos. Ele afirma que os objetos são substituídos pelos sistemas, destacando que, em vez de essências e substâncias, prevalece a organização; no lugar de unidades simples, surgem unidades complexas; e, em vez de agregados que formam corpos, predominam sistemas interconectados em múltiplos níveis (Morin, 2005).

De fato, os pavilhões estudados se mostraram importantes laboratórios de experimentação arquitetônica, pois propiciando o teste de ideias, materiais e processos e, gerando conhecimento que pode ser aplicado em realizações com maiores dimensões e em contextos mais multifacetados. O Pavilhão Y+ situa dentro desse mesmo espectro de investigação, ao explorar o potencial das geometrias complexas em edificações e aprofundar a compreensão sobre como resultados das experimentações podem ser integrados à prática arquitetônica. Além de fazer avançar as investigações sobre a integração entre o digital e o físico, a experimentação com pavilhões, entendidos como sistemas complexos pode transcender os limites da técnica e da materialidade, alcançando a participação comunitária, a inclusão de saberes locais e, a ressignificação de materiais passíveis de impactar as instâncias sociais, econômicas e culturais.

5. RESULTADOS

Os resultados que apresentamos, a seguir, organizam-se em torno de algumas categorias analíticas, destacando convergências e singularidades entre os projetos estudados e o Pavilhão Y+ e revelando o potencial transformador da arquitetura em contextos muitas vezes desafiadores.

5.1 Convergências

Das relações dos pavilhões selecionados emerge convergências que transcendem o uso dos meios digitais e técnicas construtivas, situando-se em um campo mais amplo de interações sistêmicas e complexas.

5.1.1 Geometria complexa e inovação

As conexões entre os pavilhões estudados demonstram uma tendência que engloba princípios formais e funcionais, soluções integradas, interdependentes e adaptativas. Assim, apesar das especificidades de cada pavilhão, é perceptível um denominador comum: a busca por formas geométricas e estruturais que desafiam paradigmas tradicionais, trazendo inovação através do uso da tecnologia, dos meios digitais, da experimentação que envolve participação colaborativa. A convergência dos pavilhões analisados está na exploração de formas geométricas complexas – superfícies de dupla curvatura, helicoidais e hiperbólicas – como soluções formais e estruturais. No Pavilhão Laminado e no *Pedestrian Bridges*, as cascas estruturais são constituídas de camadas interconectadas, que interagem entre si, gerando formas que se auto-sustentam. O mesmo princípio de organização formal está presente no *The Butterfly Gallery*, onde superfícies helicoidais de flexão ativa interligadas modelam a estrutura. O *Hyperbamboo*, ao usar superfícies hiperbólicas regradas, adiciona uma camada de significado material ao conceito geométrico, ao interagir a geometria com o bambu para criar um sistema leve de grande eficiência estrutural. A integração material-geometria não apenas demonstra inovação técnica, mas reforça a relação com o ambiente e a sustentabilidade ambiental. Esta integração encontra eco no Pavilhão Y+, que adota superfícies de dupla curvatura orientadas por princípios matemáticos (senóides) para integrar um sistema leve que envolve estrutura e vedação de forma dialógica.

5.1.2 Processos projetuais e construtivos

Percebemos que o uso de programas computacionais e de fabricação digital constitui outra convergência, pois cada projeto de pavilhão serve-se do potencial dos meios digitais para orientar processos projetuais e construtivos, particularmente no que se refere à questão processual da transição do ambiente digital para o físico. No *AIA Pavilion* e no *The Butterfly Gallery*, por exemplo, a forma gerada por algoritmos, em ambiente digital, é materializada por técnicas de fabricação digital, onde buscou-se um fluxo contínuo de informação e trabalho. No *The Butterfly Gallery*, além da utilização de algoritmos, o estudo de modelos físicos reduzidos orientou a execução da geometria helicoidal final. A transição do digital para o físico, no Pavilhão Laminado e no *Pedestrian Bridges*, foi consolidada a partir de um modelo baseado em um sistema de laminação em camadas que, aliado à geometria, produz uma casca estrutural como meio de auto sustentação.

As placas de madeira compensada, que constituem a materialidade destes dois pavilhões, foram submetidas a um processo de curvamento por calor e umidade, permitindo materializar-se a forma obtida na modelagem digital. No Pavilhão Y+, a integração entre meios digitais e analógicos representou um processo adaptativo da convergência entre programas computacionais e fabricação digital. Na fabricação, foi necessário organizar a planificação para ajustar a dimensão dos componentes às possibilidades das cortadoras a laser disponíveis. A maioria deles precisou ser fabricada em partes, e em seguida interligadas por conectores *Gang-Nail* — também conhecidos como chapas-prego — para se adequar às limitações do maquinário. A hibridização entre o analógico e o digital foi um processo de adaptação necessário na produção do Pavilhão Y+, evidenciando que a adaptabilidade e a flexibilidade processual devem ser consideradas nas metodologias.

5.1.3 O pavilhão como sistema

Os pavilhões analisados exibem igualmente convergência quanto à concepção de seus componentes como sistemas interdependentes. No Pavilhão Laminado e no *Pedestrian Bridges*, camadas de madeira organizadas hierarquicamente, aliadas à geometria, geram um sistema estrutural do tipo casca, baseado no conceito de superfície ativa (Engel, 2001). No *Hyperbamboo*, a sinergia entre os arcos estruturais de bambu e as superfícies regradas, também de bambu, ilustra como diferentes componentes podem interagir para compor um todo coeso. O Pavilhão Y+ adota um sistema em camadas, no qual a estrutura e vedação não apenas coexistem, mas interagem de modo dialógico para criar um espaço funcional e socialmente inclusivo, ressoando com os princípios formulados por Bertalanffy ([1968] 2008). As camadas de madeira e policarbonato agem sinergicamente, resultando em um todo organizado e adaptável. O projeto do Y+, em convergência com os pavilhões estudados, buscou ampliar a discussão dos sistemas que o conformam para além do aspecto técnico. A organização estrutura-vedação provê um espaço de relações sociais, que incorpora o conceito de construção circular comunitária dos Yanomami, o *shabono*, como parte de suas intenções projetuais.

Ao agenciar formas geométricas, tecnologias digitais e sistemas organizacionais, os projetos desses pavilhões propõem uma prática que é, ao mesmo tempo, experimental e ancorada em contextos específicos locais. As interseções entre eles apontam para uma arquitetura ancorada na participação colaborativa, que procura responder coletivamente a desafios e emergências do processo de construção de forma integrada.

5.2 Singularidades

Os pavilhões analisados apresentam, além de convergências, singularidades, que os diferenciam como experimentações únicas, proporcionando resultados e aprendizados próprios. Eles funcionam como laboratórios para testar soluções construtivas que podem ser aplicadas em projetos de maior escala.

5.2.1 Arquitetura como forma de inclusão e resistência

Na análise dos pavilhões pesquisados, verificamos ações no âmbito do Sul Global onde arquitetos latino-americanos, trabalhando colaborativamente, promoveram exercícios de *design* participativo em regiões de conflito na América do Sul. Os chamados coletivos de arquitetura visam organizar e viabilizar iniciativas participativas que atuem como catalisadoras de processos de transformação física e social. Estas propostas objetivam o fortalecimento das comunidades em que se inserem, enfatizando a formação e integração de mão de obra local com seus saberes próprios, fomentando processos de construção coletiva, promovendo senso de pertencimento, fortalecendo a convivência e dissolvendo barreiras de discriminação. Um exemplo é o pavilhão *La Casa Ensamble Chacarrá*, que contou com a participação de um coletivo formado por quatro escritórios de arquitetura – Ruta 4 Architecture Workshop, Club Activo 20-30, La Morena TV, Scouts e Litro de Luz –, além de sete grupos de ativação artística – Grupo Los Resabiados, Tropa Teatro Pereira, Rodrigo Grajales, Inclusive Social Fashion, Batucada La Retumbante Rebelde, Flor Inés González e Pinta Mi Escuela.

5.2.2 Pequenas intervenções com grandes impactos

Com uma proposta de design participativo, o programa da *La Casa Ensamble Chacarrá* propôs um espaço de cultura e diversidade em um bairro de famílias deslocadas por um conflito armado na Colômbia (Valencia, 2016). A metodologia do projeto buscou estabelecer relações baseadas na ideia de horizontalidade e hierarquias minimizadas entre as partes interessadas, o que propiciou trocas de saberes e, decisões compartilhadas, contribuindo para reforçar o senso de coletividade e pertencimento. Essa estratégia constitui uma resistência de caráter decolonial, ao valorizar práticas comunitárias e a autonomia local, contrapondo-se a modos de fazer que reafirmam imposições coloniais. Tanto *La Casa Ensamble Chacarrá*, como outros projetos do coletivo, fundamentam intervenções pontuais de pequena escala e, curta duração, em oposição a planos macro de concepção verticalizada (*top-down*). Tais processos, mediados pelos arquitetos, promoveram um fluxo de informação e compartilhamento de saberes que exigiu dos participantes uma grande capacidade de organização, negociação e estabelecimento de consensos para viabilizar as propostas. A participação comunitária em termos de trabalho colaborativo, o foco na viabilização da construção e o compartilhamento de decisões podem fortalecer as relações sociais e, o senso de coletividade, contribuindo para a consciência do poder de ação da comunidade organizada.

5.2.3 Ressignificação da materialidade

Os pórticos estruturais de *La Casa Ensamble Chacarrá* foram construídos com o bambu guadua, planta comum na região, esteiras e folhas de zinco, materiais comumente associados à precariedade e à escassez, na Colômbia. Os arquitetos buscaram ressignificar o uso desses materiais, argumentando que o significado não está no material em si, mas na forma como é empregado, alinhando-se à politização dos materiais discutida por Tschumi (2003) e Mertins (2003). Esta postura também é evidente em projetos como *La Casa de La Lluvia de Ideas, Casa del Viento* e *Colorín Colorado*, onde o bambu guadua e materiais acessíveis foram utilizados para criar estruturas de baixo custo, que promovem fluidez visual e respondem a requisitos de transparência e adequação a superfícies de dupla curvatura. Nestes projetos, os materiais não apenas expõem os significados implícitos das escolhas projetuais, mas também posicionam a arquitetura enquanto prática carregada de intenções, que inclui as dimensões sociais, culturais, políticas e éticas.

5.2.4 Questionando padrões

O Pavilhão Y+ foi projetado como equipamento público acessível, passível de ser desmontado e remontado em outros locais, refletindo a ideia de que a arquitetura pode ser uma ferramenta de ação social. Inspirado pelo posicionamento circular das estruturas do *shabono* Yanomami, o pavilhão define uma área interna que visa promover interação social e uma permeabilidade visual entre os espaços interior e exterior. Esta permeabilidade é obtida pela estrutura vazada de madeira, desenhada com o *script waffle*, a qual é recoberta por placas de policarbonato translúcido que permitem a passagem de luz natural e a percepção borrada do que se passa no interior. Ao envolver estudantes, professores e técnicos, o processo de execução do pavilhão integrou dinâmicas colaborativas que fortaleceram princípios de pertencimento e coletividade. Os conceitos e princípios explorados nos pavilhões apresentados colaboraram na concepção e execução do Pavilhão Y+, promovendo uma integração entre complexidade, horizontalidade das relações, inclusão social, sustentabilidade ambiental e ressignificação material. O experimento demonstrou como técnicas digitais e analógicas podem coexistir, adaptando-se às limitações das máquinas de fabricação digital e dos materiais disponíveis.

5.2.5 Integração entre teoria e prática

A fabricação digital demonstrou ser uma maneira eficaz de conectar o processo de projeto ao de fabricação e à construção

de componentes, possibilitando a concretização de arquiteturas de formas complexas. Por meio de programas computacionais, como Rhinoceros e o *plug-in* Grasshopper, foi possível, no experimento do Y+, modelar a forma fazendo variar os valores dos parâmetros, evidenciando a interdependência entre os componentes e camadas do envelope. Também constatamos o modo como diferentes *inputs* impactam os sistemas estruturais e de vedação, cujos componentes devem ajustar-se à forma parametricamente. Os meios digitais destacam-se como mediadores de propostas projetuais diversificadas, baseadas em famílias de modelos. Os modelos físicos reduzidos, foram utilizados como instrumentos de retroalimentação, permitindo testar e ajustar as geometrias projetadas, identificar falhas estruturais e antecipar problemas nas fases seguintes. Os ciclos de *feedback* evidenciaram a natureza adaptativa dos processos de projeto orientados por meios digitais, demonstrando como o sistema é influenciado por imprevistos e demandas emergentes no processo de fabricação e montagem. No experimento do Pavilhão Y+, *feedbacks* positivos foram implementados como meio de equilibrar o sistema e reduzir desvios, visando atingir os objetivos programados.

5.2.6 Fluxos de informação e trabalho

Ao longo do experimento, foi possível estudar os fluxos de informação na comunicação interpessoal entre os projetistas, assim como na comunicação entre eles e as máquinas. Na fase de projeto foi realizado o desenvolvimento conceitual e digital do pavilhão, utilizando algoritmo na modelagem paramétrica e na definição dos sistemas estruturais e de vedação, através do uso de programas computacionais de modelagem 3D. A produção dos componentes foi executada por meio de fabricação digital com corte em máquinas CNC a laser, que refinou ajustes de precisão nos encaixes, facilitando a montagem. A confecção de modelos físicos reduzidos possibilitou analisar a estabilidade do conjunto, verificar cada componente individualmente, realizar testes de simulação e desenvolver uma metodologia para a montagem.

A partir desta rica experiência e do exame dos exemplares de pavilhões, sublinhamos as seguintes recomendações para futuros projetos: (1) Prever tolerâncias nos ajustes finais das peças; (2) Promover um trabalho coordenado e colaborativo entre os participantes; (3) Dividir equitativamente as etapas e frentes de trabalho em função da disponibilidade de maquinário e ferramentas; (4) Planejar e organizar minuciosamente todos os aspectos do processo; (5) Implementar mecanismos eficazes de comunicação entre os participantes; (6) Minimizar as hierarquias nas relações sociais, como meio de reduzir conflitos e estimular o compartilhamento de conhecimento e saberes; (7) Definir um mediador para o compartilhamento de informações; (8) Organizar fluxos de trabalho, possibilitando a otimização da utilização de maquinário e ferramentas e também do tempo de fabricação e montagem.

A divisão equitativa das tarefas no experimento do Pavilhão Y+ foi fundamental para o equilíbrio do processo, adequando a disponibilidade de maquinário e ferramentas às competências individuais. Assim, o planejamento e a organização minuciosa tornaram-se cruciais para o bom andamento do projeto, permitindo não apenas a alocação eficiente dos recursos materiais e humanos, mas também a antecipação e resolução de possíveis contratempos. Além disso, a implementação de mecanismos eficazes de comunicação foi uma prioridade, tanto para garantir a troca contínua de informações quanto para estabelecer um ambiente de trabalho pautado pela transparência. A minimização das hierarquias favoreceu a criação de um espaço em que mediadores desempenharam um papel central no compartilhamento de informações e na organização dos fluxos de trabalho.

5.2.7 Mediação e otimização

Outro aspecto essencial foi a mediação dos pesquisadores na otimização dos usos de maquinário, ferramentas e tempo durante as etapas de fabricação e montagem. Esta prática não apenas garantiu a eficiência dos processos, mas também evitou sobrecargas e maximizou a produtividade coletiva. Por fim, os imprevistos que originaram emergências durante a experimentação reforçaram a importância de um sistema flexível e adaptativo, capaz de responder rapidamente às demandas de uma situação real de projeto e construção. As emergências, observadas durante o experimento do Pavilhão Y+ 3, demonstraram como a interação entre teoria e prática pode gerar soluções de caráter inovador e adaptativas, ao mesmo tempo que evidenciam os desafios inerentes aos processos complexos de projeto, fabricação e montagem. A interação de forma horizontal entre estudantes, profissionais, pesquisadores e técnicos proporcionou emergências que resultaram em soluções otimizadas para problemas e restrições ocorridos no experimento, o que talvez não se verificaria em um ambiente hierarquizado. A resposta a esses desafios foi baseada na auto-organização, com envolvimento ativo dos participantes nas decisões, o que reforçou o senso de coletividade essencial para lidar com os obstáculos que surgiram.

Sob a perspectiva do pensamento complexo de Morin (2007) e da teoria sistêmica formulada por Bertalanffy ([1968] 2008), o processo de produção do Pavilhão Y+, enquanto sistema dinâmico, é capaz de se adaptar e evoluir em resposta às demandas. A integração das dimensões material, social e tecnológica revela como as práticas arquitetônicas podem ser simultaneamente adaptativas e integradoras. A temática da ressignificação material, presente nos projetos analisados, orientou a escolha dos materiais no Pavilhão Y+. A madeira compensada e o policarbonato buscaram atender às demandas de sustentabilidade ambiental e acessibilidade. Este enfoque, no Sul Global, não apenas sublinha a sustentabilidade ambiental, mas permite o diálogo com especificidades culturais e sociais, tornando a materialidade um ato de resistência e afirmação cultural. O tema da participação comunitária é igualmente central, evidenciando como o envolvimento de múltiplos atores no processo de concepção e construção pode transformar a arquitetura em um catalisador de inclusão social e empoderamento coletivo. O Pavilhão Y+, ao integrar metodologias colaborativas e participativas, promove uma arquitetura que não apenas responde aos desafios relacionados à transição do digital para o físico, mas promove interações humanas significativas, horizontais, que minimizam hierarquias.

6. CONCLUSÕES

Abordamos, neste artigo, alguns exemplos de práticas arquitetônicas no Sul Global que integraram materialidade local, tecnologias digitais e participação comunitária a fim de construir identidades culturais e contestar modelos arquitetônicos hegemônicos. A partir dos fundamentos teóricos formulados por Bertalanffy ([1968] 2008) e Morin (2007), os pavilhões foram analisados como sistemas dinâmicos, que articulam dimensões materiais, sociais e culturais. O estudo demonstrou que pavilhões com geometrias complexas se configuram como sistemas complexos compostos por subsistemas interdependentes, como estrutura e vedação. São sistemas abertos (Bertalanffy, [1968] 2008) que interagem com o ambiente, influenciando e sendo influenciados por

fatores externos e internos. A integração de materiais sustentáveis, recicláveis ou locais promove a circularidade do *design,* que, em projetos realizados em comunidades vulneráveis do Sul Global, podem ser ressignificados, tornando-se um ato político. A ressignificação de materiais, principalmente aqueles associados à precariedade, demonstra que, apesar de não possuírem um caráter político intrínseco (Mertins, 2003), tornam-se símbolos de identidade cultural e agentes de uma micropolítica arquitetônica (Arets, 2003).

Tanto quanto no Pavilhão Y+, o uso de policarbonato, um material industrializado e versátil, fundamentou várias propostas arquitetônicas realizadas no Sul Global. Associado a materiais vernaculares, o policarbonato viabilizou a criação de projetos de baixo orçamento para populações marginalizadas. No Pavilhão Y+, este material adaptou-se à geometria de dupla curvatura das estruturas, alinhando-se à proposta de um pavilhão paramétrico, com geometrias complexas e de baixo custo, produzido por fabricação digital e ferramentas analógicas manuais.

Concluímos que a geometria e os princípios matemáticos são eficazes para se atingir o controle da forma e do espaço. Aliados a modos de representação, constituem um meio de se verificar e resolver problemas, tanto na fase de concepção como na produção e montagem. Concluímos, ainda, que o sucesso da aplicação desses princípios depende, em grande medida, da validação contínua com modelos físicos e digitais retroalimentando o processo. Além disso, ficou evidente a necessidade da mediação na organização dos trabalhos na fabricação e na montagem, e a importância da comunicação horizontal e da participação colaborativa, no âmbito da produção de uma arquitetura experimental. A troca de conhecimentos, a tomada compartilhada de decisões e o senso de pertencimento são essenciais para o sucesso de projetos que visam integrar inovação tecnológica e impacto social. O questionamento de paradigmas hegemônicos não descarta as contribuições do Norte, mas empenha-se em valorizar conhecimentos e saberes locais e, a utilização de materiais locais, acessíveis e de baixo custo. Procuramos expor, neste artigo, o fluxo do ambiente digital ao físico, do projeto à montagem, enfatizando a relevância de estratégias colaborativas nas realidades de produção do Sul Global, tanto na experimentação acadêmica, como em comunidades reais fragilizadas socioeconomicamente.

Para replicar os princípios delineados nas propostas dos pavilhões analisados, é fundamental considerar algumas perspectivas. O uso de materiais locais que promove a sustentabilidade ambiental e valoriza a identidade cultural. No caso de pequenos pavilhões leves e, muitas vezes, efêmeros, materiais como bambu e madeira compensada, quando adaptados a situações específicas, podem reduzir custos e impactos ambientais. A replicação desta prática pode ser incentivada por meio de parcerias com empresas e comunidades locais, promovendo o uso de recursos sustentáveis e acessíveis. Os meios digitais, como os programas computacionais de modelagem 3D e fabricação digital conferem maior precisão e eficiência à construção de edificações com geometrias complexas. Para tornar esta abordagem replicável, são necessários investimentos em infraestrutura tecnológica e capacitação de técnicos, membros de comunidades locais, estudantes, entre outros, no uso desses meios, ampliando seu acesso às tecnologias. A participação comunitária constitui um pressuposto para garantir que as soluções arquitetônicas reflitam as necessidades e valores locais. Promover metodologias participativas desde a concepção até a execução dos projetos é essencial para assegurar que os espaços construídos se tornem verdadeiramente reflexos das identidades e aspirações coletivas. Estes procedimentos podem ser viabilizados por meio de cursos, *workshops* e outras ações equivalentes, onde projetistas, pesquisadores, alunos e comunidades organizem-se como um corpo coletivo uno, com hierarquias minimizadas e objetivos consensuais.

Em projetos de pavilhões de uso comunitário, com geometrias complexas, é crucial integrar saberes e práticas vernaculares com o conhecimento e práticas desenvolvidos em meio acadêmico. A arquitetura experimental deve promover a troca de conhecimentos, tanto interpessoais, quanto entre universidades, coletivos, *FabLabs* e comunidades locais. Esta interação não apenas enriquece a prática arquitetônica, mas também impulsiona a inovação contínua, respeitando e adaptando-se às especificidades culturais, e contribui para reafirmar a urgência de se reunir todos esses atores em um único sistema de produção de conhecimento.

Por fim, a arquitetura pode se tornar um meio de resistência cultural frente às imposições coloniais, constituindo um campo de reapropriação de práticas e saberes locais em um contexto globalizado. Políticas públicas que reconheçam e apoiem a produção arquitetônica local são essenciais para a disseminação destas práticas. Acreditamos que a arquitetura pode promover a inclusão social, aliada à sustentabilidade ambiental, dialogando com estruturas de poder coloniais e criando espaços que não apenas abrigam, mas também refletem e celebram a identidade e a cultura locais.

REFERÊNCIAS

1. ARETS, Wiel. A micropolitics of materials. In TSCHUMI, Bernard; CHENG, Irene (Ed.). The State of Architecture at the Beginning of the 21st Century. Columbia Books of Architecture, NY: Monacelli Press, 2003.
2. ASIMOV M. Introduction to design. Prentice Hall, New Jersey, 1962.
3. BALESTRIN, L. América Latina e o giro decolonial. Brasília. Revista Brasileira de Ciência Política n. 11, maio-agosto 2013, pp. 89-117.
4. CUNHA, G. R. da, & Moassab, A. (2022). Modernidade-colonialidade na construção da hegemonia tecnocientífica do concreto armado dos países dependentes. PosFAUUSP, 29(54), e176921. https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.posfauusp.2022.176921
5. DE JESUS, Carolina Maria; DANTAS, Audálio; TEIXEIRA, Alberto. Quarto de despejo: diário de uma favelada. Livraria F. Alves, 1960. BONSIEPE G, KELNNER P e POESSNECKER H. Metodologia Experimental: Desenho Industrial. CNPq, 1984.
6. ENGEL, Heino; RAPSON, Ralph; ZOLLINGER, Carla. Sistemas de estructuras. España: Gustavo Gili, 2001.
7. KOLAREVIC, Branko. Architecture in the digital age. Design and Manufacturing. Nueva York-Londres: Spon Press-Taylor & Francis Group, 2003.
8. LANDER, Edgardo et al. (Ed.). A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais: perspectivas latino-americanas. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales= Conselho Latino-americano de Ciências Sociais, 2005.
9. MERTINS, Detlef. Now and Then. CHENG, Irene (Ed.). The State of Architecture at the Beginning of the 21st Century. Columbia Books of Architecture, NY: Monacelli Press, 2003.

10. MIGNOLO, Walter D. Colonialidade: o lado mais escuro da modernidade. Revista brasileira de ciências sociais, v. 32, p. e329402, 2017.

11. MORIN, Edgar. Introdução ao pensamento complexo. (Tradução LISBOA, Eliane), Porto Alegre: Sulina, 2007.

12. NEMMANI, Sreedhar; RODRIGUEZ, Clemencia. Between incursions and appropriations: digital technologies and pluriversal modernities in the Global South. Communication, Culture & Critique, v. 16, n. 4, p. 258-265, 2023.

13. NOREÑA, Jorge Augusto et al. Casa Ensamble Chacarrá: la arquitectura como un acto de legitimación del hábitat autoproducido en Latinoamérica. Módulo Arquitectura CUC, v. 19, n. 1, p. 93-130, 2017.

14. OXMAN, Neri. Material-based design computation. 2010. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology.

15. POTTMANN, Helmut et al. Architectural geometry. Computers & graphics, v. 47, p. 145-164, 2015.

16. QUIJANO, Aníbal. Colonialidade do poder, eurocentrismo e América Latina1. A Colonialidade do Saber: etnocentrismo e ciências sociais–Perspectivas Latinoamericanas. Buenos Aires: Clacso, p. 107-126, 2005.

17. RASPALL, Felix. A procedural framework for design to fabrication. Automation in Construction, v. 51, p. 132-139, 2015.

18. TSCHUMI, Bernard; CHENG, Irene (Ed.). The State of Architecture at the Beginning of the 21st Century. Columbia Books of Architecture, NY: Monacelli Press, 2003.

19. VALENCIA, Nicolás. A Casa Ensamble Chacarrá, arquitetura como gesto de reparação. 24 de maio de 2016. ArchDaily em espanhol. Disponível: <https://www.archdaily.cl/cl/766057/la-casa-ensamble-chacarra-la-arquitectura-como-un-gesto-de-reparacion?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br>. Acesso: 06/08/2024. ISSN 0719-8914

20. VIEIRA, Cristina Leal Fernandes et al. Espacios de Paz: uma experiência na Venezuela. 2021.

21. VON BERTALANFFY, Ludwig. Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações. Vozes, 2008.