

# A NARRATIVA TECTÔNICA DO BAMBU NO PROJETO DO THE ARC

LA NARRATIVA TECTÓNICA DEL BAMBÚ EN EL PROYECTO THE ARC

THE BAMBOO TECTONIC NARRATIVE IN THE ARC DESIGN

**ROCHA, GERMANA COSTA**

Dra, Universidade Federal da Paraíba, germana.rocha@academico.ufpb.br

**SANTOS, JOÃO VICTOR SILVA**

Mestre, Universidade Federal da Paraíba, victorsantos.arqurb@gmail.com

## RESUMO

Considerando o agravante cenário das mudanças climáticas decorrentes da exacerbada exploração dos recursos naturais da Terra, o bambu apresenta-se como material renovável e ecoeficiente na produção da arquitetura contemporânea. Este artigo discorre sobre a tectônica do bambu no projeto arquitetônico do ginásio esportivo *The Arc* (2021) concebido pelo escritório balinês IBUKU e edificado na *Green School* – em Bali, Indonésia. Importa reconhecer o caráter estético formal que decorre das decisões projetuais que fundamentam o bambu como matéria expressiva, de baixo impacto ambiental e eficaz ao emprego de componentes da estrutura resistente e dos delimitadores da forma e espaço arquiteturais. O estudo de caso aqui apresentado utiliza os parâmetros analíticos da teoria tectônica, nos quais interessa discernir as relações do sítio, estrutura resistente e elementos de vedação para com a estrutura formal arquitetônica. Os resultados observados inferem que a narrativa tectônica do projeto arquitetônico do *The Arc*, em sua proposta que fundamenta uma geometria expressiva complexa, mostra como o bambu é utilizado para criar estruturas que revelam e celebram sua própria natureza, com suas características únicas de resistência, flexibilidade e expressão, salientando a relevância do detalhe das conexões para a estabilidade da estrutura formal, visto que o bambu apresenta características físico-mecânicas que estão diretamente vinculadas à sua morfologia, revelando um processo de concepção consonante às características da cultura construtiva da matéria-prima em uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** tectônica no projeto de arquitetura; expressividade arquitetônica; bambu estrutural; material não-convencional.

## RESUMEN

Considerando el agravamiento del cambio climático resultante de la explotación excesiva de los recursos naturales de la Tierra, el bambú se presenta como un material renovable y ecoeficiente en la arquitectura contemporánea. Este artículo analiza la tectónica del bambú en el diseño arquitectónico del centro deportivo *The Arc* (2021), diseñado por la firma balinesa Ibuku y construido en la *Green School* de Bali, Indonesia. Es importante reconocer el carácter estético formal que surge de las decisiones de diseño que basan el bambú como un material expresivo, de bajo impacto ambiental y un uso efectivo en componentes de la estructura resistente y delimitadores del espacio arquitectónico. El estudio de caso que se presenta aquí utiliza los parámetros analíticos de la teoría tectónica, en la que es importante discernir las relaciones entre el sitio, la estructura resistente y los elementos de cerramiento con la estructura arquitectónica formal. Los resultados observados infieren que la narrativa tectónica del proyecto arquitectónico de *The Arc*, en su propuesta que sustenta una geometría expresiva compleja, muestra cómo el bambú es utilizado para crear estructuras que revelan y celebran su propia naturaleza, con sus características únicas de resistencia, flexibilidad y expresión, resaltando la relevancia de los detalles de las conexiones para la estabilidad de la estructura formal, ya que el bambú presenta características físico-mecánicas que se ligan directamente a su morfología, revelando un proceso de diseño consonante con las características de la cultura constructiva de la materia prima en uso.

**PALABRAS-CLAVES:** tectónica en el diseño arquitectónico; expresividad arquitectónica; bambú estructural; materia no convencional

## ABSTRACT

Considering the worsening climate change scenario resulting from the excessive exploitation of Earth's natural resources, bamboo presents itself as a renewable and eco-efficient material in contemporary architecture. This article discusses the tectonics of bamboo in the architectural design of *The Arc* sports center (2021), designed by the Balinese firm Ibuku and built at the *Green School* in Bali, Indonesia. It is important to recognize the formal aesthetic character that arises from the design decisions that base bamboo as an expressive material, with low environmental impact and effective for the use of components of the resistant structure and the delimiters of architectural form and space. The case study presented here uses the analytical parameters of tectonic theory, in which it is important to discern the relationships between the site, resistant structure, and enclosing elements with the formal architectural structure. The observed results infer that the tectonic narrative of *The Arc*'s architectural project, in its proposal that underpins a complex expressive geometry, shows how bamboo is used to create structures that reveal and celebrate its own nature, with its unique characteristics of resistance, flexibility and expression, highlighting the relevance of the details of the connections for the stability of the formal structure, since bamboo presents physical-mechanical characteristics that are directly linked to its morphology, revealing a design process consonant with the characteristics of the constructive culture of the raw material in use.

**KEYWORDS:** tectonics in architectural design; architectural expressiveness; structural bamboo; unconventional material.

Recebido em: 25/02/2025

Aceito em: 18/08/2025

## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo recorta os resultados de uma pesquisa de mestrado (Santos, 2025) que analisa a poética da narrativa tectônica em projetos arquitetônicos que exploram o potencial estético-formal do bambu em seu uso estrutural e como elemento de vedação, expondo aqui a análise da proposta do escritório Ibuku para o espaço destinado às práticas esportivas da Green School, em Bali, Indonésia: o *The Arc*, construído em 2021. Simultaneamente, tal investigação se insere no âmbito de uma pesquisa tipo “guarda-chuva” intitulada Tectônica e Sustentabilidade na Arquitetura (Barbosa *et al.*, 2018) a partir da qual, reconhecendo o preocupante cenário de mudanças climáticas decorrentes da exacerbada exploração dos recursos naturais – finitos – da Terra, e a parcela significativa de contribuição das construções edilícias para o agravamento dessa situação, examina-se o desafio que se impõe aos arquitetos contemporâneos de proporem edificações com menor impacto ambiental, sem perderem de vista a potencialidade expressiva da arquitetura. Ou seja, busca-se compreender como conciliar a poética construtiva (a tectônica) com a poética da economia, tratando-se esta, de economia no uso de recursos naturais para a produção de espaços arquitetônicos, o que significa, a produção de edificações ecoeficientes (Idem, 2018).

Nesse sentido, o bambu apresenta-se como material expressivo, renovável e ecoeficiente para a produção da arquitetura contemporânea com vistas à sustentabilidade e, devido a sua alta resistência mecânica e sua versatilidade como elemento estrutural e de vedação, ele vem se destacando como alternativa às técnicas construtivas convencionais. Ademais, por ser uma matéria prima com acelerado ritmo de crescimento, o emprego do bambu na arquitetura se potencializa na mitigação do impacto ambiental, já que a gramínea tem capacidade de absorver 22 toneladas de gás carbono por hectare ao ano (Ayres *et al.*, 2012), consumindo pouca energia na sua produção, vantagens essas que torna crescente o interesse pelo bambu como material construtivo em diversos países, assim como no Brasil.

Tanto as investigações científicas sobre o bambu, intensificadas no âmbito acadêmico nos últimos anos, como o uso do bambu na prática projetual e construtiva contemporânea, vêm atender alguns Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) como: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (11°); assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (12°); tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos (13°), dentre outros, apontados pela ONU-Brasil (2024) para a Agenda 2030.

Assim, atrelado ao conceito da tectônica na arquitetura, este artigo desenvolve um olhar sobre o projeto arquitetônico *The Arc* (2021) elaborado pelo escritório balinês Ibuku, por meio da narrativa dos detalhes relevantes na formação de parte da expressividade presente no artefato, tendo como foco a estética do bambu como matéria renovável na arquitetura contemporânea. O estudo prioriza os parâmetros analíticos da tectônica propostos por Rocha (2012) ao investigar as relações do sítio, sistema estrutural resistente e elementos de vedação em relação à estrutura formal arquitetônica, proporcionando “uma abordagem que vai da escala do sítio à dos detalhes construtivos. Em todos os níveis são verificados como os materiais, suas funções e técnicas, influem e condicionam a expressividade da arquitetura” (Idem, p.76).

Desse modo, o artigo se divide em duas partes: a primeira apresenta breves considerações sobre o uso do bambu na arquitetura enquanto matéria renovável e expressiva; a segunda, discorre sobre a análise tectônica da proposta arquitetônica do *The Arc*, assumindo a forma de estudo de caso referente a uma obra contemporânea que explora a estética do bambu desde proposta arquitetônica. Conclui-se com as considerações finais sobre o tema abordado.

## 2 BAMBU ENQUANTO MATÉRIA EXPRESSIVA DA ARQUITETURA

Gramínea da subfamília *bambusoideae*, o bambu emerge como matéria renovável na produção edilícia atual que intenta fugir às técnicas construtivas convencionais responsáveis por aguçar parte da exploração dos recursos naturais do planeta. Nesse entendimento, o bambu na arquitetura contemporânea pode ser visto como expoente entre os materiais de cunho ecológico, pois, apesar de outrora ter sido utilizado em construções de pau-a-pique em diversos países, como ocorreu também no período colonial brasileiro, atualmente, a gramínea se mostra relevante como elemento de sistemas estruturais variados, sendo intitulado por pesquisadores de “aço verde”, título que fora empregado devido à sua capacidade físico-mecânica apresentar “resistência à tração x peso específico 2,77 vezes maior que a do aço” (Murad, 2007, p. 22).

Ademais, vale salientar que para o alcance dessas propriedades físico-mecânicas, é preciso determinado manejo para, então, empregar o bambu como elemento estrutural, ou mesmo como elemento de vedação, do objeto edificado, sendo necessário compreender os fatores que recaem sobre a distribuição geográfica, morfologia e tratamento da referida gramínea.

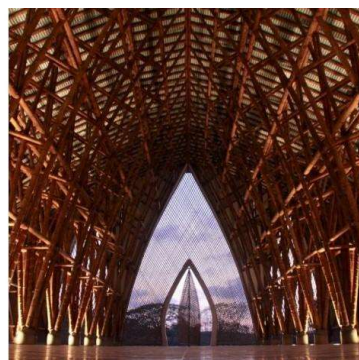
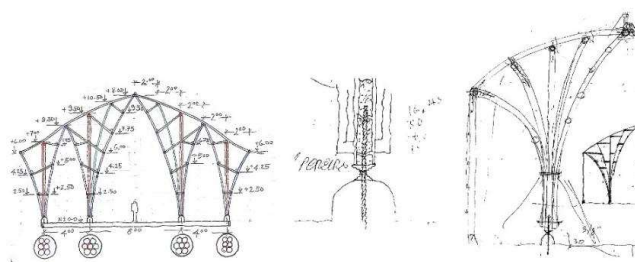
No tocante à distribuição do bambu, infere-se que sua incidência ocorre de forma natural em quase todos os continentes do globo, majoritariamente nas zonas climáticas que estão situadas entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, assim como parte de suas adjacências<sup>1</sup>. No continente Europeu, sua presença se deve à introdução da gramínea pelos chineses e japoneses, não representando uma incidência natural (Oprins Plant, 1997, *apud* Teixeira, 2006). Portanto, é possível mensurar que existem em torno de 1.300 espécies distribuídas no território global, no qual o Brasil é reconhecido por ser o “líder de ocorrência nas Américas, com cerca de 200 espécies, entre nativas e exóticas, sendo a grande maioria endêmica” (Drumond, Wiedman, 2017, p.13), ou seja, restrita a determinada região geográfica que possui as características ambientais necessárias ao seu crescimento e consequente propagação.

O bambu é morfologicamente constituído de duas partes (Pereira, 2012), a aérea e a subterrânea, a primeira representada por colmo, ramo, folhas e fruto, enquanto a segunda se caracteriza por raízes e rizoma. O rizoma é responsável pela reprodução da espécie por meio de ramificações, processo caracterizado por dois grupos: alastrante (*leptomorfo*) ou entouceirante (*paquimorfo*). Assim, o manejo do bambu para fins de construções edilícias requer determinado grau de atenção no interm do plantio à colheita, pois ao objetivar colmos para aplicação no artefato arquitetônico é preciso ponderar seu rápido crescimento, sua idade – 3 a 5 anos a depender da espécie – e a posição do corte na extração da gramínea. O autor argumenta que nos alastrantes o corte deve ser alinhado ao nível do solo, responsável por proteger o rizoma deste grupo, e nos entouceirantes o corte deve ser efetuado acima do solo e logo após o “nó”, para resguardar a integridade física da touceira ao evitar o acúmulo de água e apodrecimento da raiz.

Após o processo de colheita, é imprescindível que seja realizado o tratamento adequado dos colmos antes do seu emprego em edificações, principalmente como elemento estrutural, ao considerar que um dos fatores decorrentes da presença do amido em suas células parenquimáticas é a atração de vetores xilófagos que degradam a resistência físico-mecânica do bambu, a exemplo do *Dinoderus minutus* – popularmente conhecido por caruncho. Assim, considerando a baixa expectativa de vida do bambu sem tratamento pós-colheita, Kaminski (2016) reforça a importância em executar as devidas prevenções no colmo ao inferir que, com isso, “o bambu pode ter uma vida útil de mais de 30 anos” (Idem, p.12).

Ao discernir os processos que oportunizam o uso do bambu na arquitetura, a atuação dele pode ocorrer de diversas formas na concepção do projeto, por tratar-se de um meio no qual se posicionam decisões consonantes à capacidade da matéria prima intencionada ao artefato. Sendo assim, dentre os possíveis empregos do bambu na arquitetura, o seu uso como elemento estrutural exerce destaque por atuar como pilar, viga, arco, treliça, princípios estruturais que evocam o valor da cultura técnico-construtiva associada à referida gramínea, como observado nos croquis de explorações formais, detalhes e consequente materialização das obras do arquiteto colombiano Simón Vélez (Figura 1) - pioneiro na exploração da estética do bambu estrutural na América Latina.

Figura 1: Croquis de explorações tectônicas de Simón Vélez e a materialização da proposta arquitetônica à direita - Catedral de Cartagena, Pereira, Colômbia, 2009.



Fonte: Imagens disponibilizadas pelo arquiteto Simón Vélez em agosto de 2025.

No Brasil, mesmo com a ampla distribuição de espécies de bambu no seu território, a aplicação do bambu-colmo, como é designado quando aplicado em sua forma geométrica natural, ainda enfrenta às consequências do preconceito existente pela falta de conhecimento, e do lento processo de divulgação de suas potencialidades mecânicas e manejo adequado, ou, até mesmo, de uma propagação do conhecimento sobre o bambu centrada apenas no âmbito acadêmico, de forma que as informações que competem à eficácia

da referida gramínea em sua aplicação na arquitetura e construção civil ficam às margens do efetivo conhecimento público.

Além disso, apesar da publicação da Lei Nacional Brasileira nº 12.484, em 2009, de incentivo ao manejo do bambu, se observa pouco cultivo da gramínea para fins estruturais em projetos arquitetônicos, fato este, reafirmado pela elaboração muito recente da NBR 16828-1 e 2 – Norma Brasileira de propriedades, diretrizes e técnicas da utilização do bambu como elemento estrutural, publicada apenas em 21 de dezembro de 2020. Entretanto, vale ressaltar que arquitetos e engenheiros que fazem uso do bambu como elemento resistente acreditam que o quadro brasileiro possa ter uma mudança positiva em função de tal normativa e das crescentes pesquisas acadêmicas sobre o bambu. Dessa forma, importa destacar a produção arquitetônica brasileira com o uso da referida gramínea, a exemplo das propostas dos escritórios Ebiobambu, Bambutec e Bioengenharia os quais exploram a plasticidade formal e a resistência mecânica do bambu, tanto por meio de estruturas permanentes como efêmeras.

Ao considerar a expressividade presente nas estruturas de bambu, seja ela orgânica ou retilínea, percebe-se que sua tectonicidade parte, também, das conexões que atribuem significado estético-formal ao detalhe arquitetônico. Sendo assim, López (1981) destaca diversos tipos de cortes apropriados às junções específicas entre colmos ou destes para com outros elementos do objeto – sendo os principais o chanfrado, bico de flauta e boca de peixe (Santos, 2025).

Vale ressaltar que há escritórios que exploram vertentes projetuais com o uso tradicional das amarrações – com auxílio de passadores de madeira ou bambu que funcionam como parafusos naturais – e conexões metálicas, a exemplo, respectivamente, do vietnamita Vo Trong Nghia Architects<sup>ii</sup> – que traz a noção de uma das culturas técnico-construtivas do oriente – e do italiano Studio Cardenas Conscious Design<sup>iii</sup>, e mesmo as amarrações desenvolvidas pela empresa brasileira BAMBUTEC todos com propostas que fomentam o pensar projetual associado ao detalhe arquitetônico como base do potencial expressivo do bambu estrutural.

É neste sentido que este artigo apresenta um dos estudos de caso da pesquisa e do mestrado citados inicialmente, a fim de analisar a poética da narrativa tectônica em projetos arquitetônicos que exploram o potencial estético-formal do bambu-colmo em seu uso estrutural e como elemento de vedação, colaborando para a divulgação das potencialidades expressiva e sustentável dessa matéria construtiva.

O Dicio (2024)<sup>iv</sup> indica que poética é um “conjunto de recursos expressivos, especialmente quanto à técnica do verso, de um escritor, de uma época”. Partindo desse entendimento, neste artigo o termo é interpretado em consonância com a arquitetura e, assim, como recurso de expressão oriundo da concepção projetual da qual emerge a narrativa, ressaltando-se que, em uma “analogia conceitual, pode-se definir a arquitetura como um sistema em que existe uma ‘arquitetura total’, o enredo, e uma arquitetura dos detalhes, a narrativa” (Fascari, 2013 [1983], p. 543). De acordo com Frampton (2000) e Semper (2004 [1863]), parte da expressividade intrínseca à arquitetura é inseparável das técnicas e materiais necessários à sua concretude, sendo as interações entre as ordens estética e técnica reveladas em seu caráter tectônico. Desse modo, a tectônica se mostra como uma das condições próprias da arquitetura, estabelecida no íterim do processo de concepção projetual, “decorrente das interações entre os princípios estético-formais e simbólicos – intencionais e desejados – e os recursos materiais e técnicos requeridos e utilizados para seu alcance” (Rocha, 2012, p. 26).

Nesse sentido, no ato da concepção projetual o exercício do detalhe carrega consigo o teor da intenção tectônica que o todo arquitetônico vem a expressar enquanto detentor da linguagem, estabelecendo hierarquias mediadoras entre a manifestação estrutural e seu valor estético, representando “de modo reconhecível e ordenado em suas várias partes” (Gregotti, 2013 [1983], p. 536). Salienta-se, então, que “o detalhe arquitetônico pode ser definido como a união da construção material [...] com a construção do significado” (Fascari, 2013 [1984], p. 539). Com isso, sua proposição revela um campo de domínio do conhecimento técnico das junções necessárias à solução arquitetural, já que “pode-se afirmar [...] que todo elemento arquitetônico definido como detalhe sempre é uma junção” (Fascari, 2013 [1984], p. 541).

Assim, a poética da narrativa tectônica é entendida como o recurso de expressão dos detalhes que conformam o todo arquitetônico, aqui observado em projetos que utilizam o bambu como elemento estrutural e de vedação do objeto edificado. Desse modo, atrelado ao conceito da tectônica na arquitetura, aqui se discorre um olhar sobre a construção narrativa do projeto arquitetônico *The Arc* (2021) desenvolvido pelo escritório balinês Ibuku, buscando compreender os nexos e tensões relevantes na formação da expressividade presente no artefato, tendo como foco o bambu como matéria da arquitetura.



O caráter tectônico da arquitetura traz consigo fundamentos que declaram as técnicas e as tornam elementos de expressão, afirmando não apenas sua relevância no projeto, mas também enaltecendo o valor do objeto edificado, pois, “não há concepção sem técnica, nem projeto sem matéria” (Piñón, 2006, p. 126).

Enquanto teoria analítica, a tectônica evidencia o pensar projetual por meio dos nexos da poética construtiva, então, a tratando como “um modo de perceber, conceber e estabelecer um juízo crítico sobre a arquitetura” (Diniz, 2022, p. 52). Por outro lado, reconhece-se o projeto arquitetônico como “um espaço teórico no qual se desenvolvem questões construtivas em tensões que chamamos de tectônicas” (Amaral, 2010, p. 133 e 134), o que corrobora com Lima (2012) disserta:

(...) a arquitetura enquanto produto cultural não precisa ser necessariamente um artefato, mas insistimos que isso não significa que haja uma desvinculação entre o processo de criação da forma arquitetônica e o saber construtivo - seja o fruto desse processo materializado ou não (Lima, 2012, p. 06)

Portanto, alinhado ao exposto, é possível discernir os motivos que tornam o bambu um dos expoentes da arquitetura contemporânea, pois, entre os materiais não-convencionais que possuem aptidões ao aporte estrutural, a referida gramínea se destaca por sua resistência físico-mecânica, flexibilidade/expressividade material, cultura construtiva e sustentabilidade, então, viabilizando projetos que respaldam o firmamento de do caráter tectônico da arquitetura, a exemplo dos desenvolvidos pelo escritório Ibuku.

### 3 A POÉTICA CONSTRUTIVA DO BAMBU NA PROPOSTA DO *THE ARC*

O estudo do caráter tectônico da arquitetura busca identificar a poética construtiva resultante das interações entre expressividade e materialidade (Rocha, 2012), podendo ser apreendidas desde a concepção/projeção do artefato arquitetônico apresentado em modelos gráficos analógicos e/ou digitais ou em modelos físicos reduzidos. Assim, a análise da proposta arquitetônica do *The Arc* traz um breve panorama dessa relação entre a potencialidade estética e técnica do bambu-colmo - a tectônica do bambu - na estrutura formal da arquitetura na contemporaneidade. A escolha desse objeto arquitetônico obedeceu a um dos principais critérios estabelecidos na pesquisa: o acesso aos documentos de projeto (fotos, plantas baixas, fachadas, cortes etc.). Importa ressaltar o uso do redesenho, croquis e modelos físicos reduzidos para melhor explicar e explorar os resultados das análises e melhor compreensão dos detalhes tectônicos.

#### **Contexto cultural e ambiental: as implicações do lugar na estrutura formal arquitetônica.**

Desenvolvida pelo escritório Ibuku, a proposta arquitetônica do *The Arc* (2021) foi construída na *Green School*, Bali – Indonésia, com uma concepção alinhada ao firmamento de um espaço adequado às atividades esportivas da referida escola. O escritório Ibuku, fundado e dirigido pela designer canadense Elora Hardy, é composto por uma equipe multidisciplinar que agrega arquitetos, engenheiros, designers e artesãos balineses, visando, de acordo com o próprio, “proporcionar espaços onde as pessoas possam viver uma relação autêntica com a natureza”. Nesse sentido, a proposta do ginásio esportivo *The Arc*, como outras produções do escritório, alinha-se em certos aspectos à cultura construtiva tradicional da Ilha de Bali.

Em Bali, “a beleza natural é apreciada e, através da verdade dos materiais, a harmonia entre a natureza e os edifícios é reforçada” (Paixão, 2017, p. 130). Desse modo, infere-se que a materialidade da arquitetura balinesa está diretamente relacionada à noção da verdade estrutural abordada por Frampton (1995), já que os materiais - a exemplo do bambu, madeira, folhas de palmeira, palha e concreto de calcário e argila - são expostos de modo que a essência da construção seja revelada.

Fundada em 2008 por John e Cynthia Hardy e localizada próximo à *Green Village*, a *Green School* é um polo educacional dedicado à sustentabilidade e educação ambiental, tendo por princípio “a integração com a natureza e o compromisso na formação de alunos com consciência ambiental” (Teixeira, 2024, p. 212). Como resultado, o complexo se mostra um exemplar arquitetônico que respalda o uso do bambu nas mais diversas tipologias edilícias, tal como a educacional, já que a escola abrange cerca de setenta e cinco estruturas nas quais a referida gramínea aparece como protagonista da cena arquitetônica. O ginásio esportivo *The Arc* harmoniza-se com esse ambiente construído e natural explorando a potencialidade expressiva do bambu em consonância aos demais edifícios da escola.

Na relação Sítio | Estrutura Formal Arquitetônica importa reconhecer “como o edifício se relaciona com o sítio e que implicações essa relação pode ter sobre o caráter tectônico da arquitetura” (Rocha, 2012, p. 78). Assim, no *The Arc*, essa relação tem por estopim o reconhecimento das características do lote de implantação, este

de baixa variação topográfica e com um entorno imediato que contempla habitações, estruturas da própria escola, vegetações e um campo no qual ocorrem as atividades esportivas e de lazer da unidade educacional (Figura 2).

Figura 2: Implantação do The ARC.

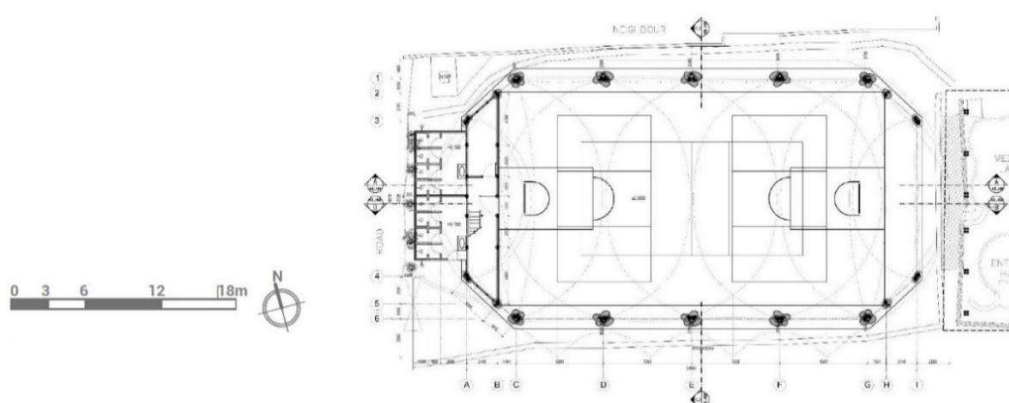


Fonte: Google Earth. Editado pelo Autor, 2024 (à esq.) e imagem cedida pelo IBUKU em 2023 - Fotografia: Tommaso Riva (à dir.).

À vista disso, infere-se que o lote de intervenção não apresentou condições adversas à locação do equipamento esportivo, mas abriu oportunidades ao processo criativo do partido arquitetônico que compreende um espaço de aproximadamente 760m<sup>2</sup> de área coberta, responsável por abrigar a quadra e duas baterias de vestiários, integrado de modo contínuo à área descoberta também destinada às práticas esportivas, completando os 1.000m<sup>2</sup> de área no total. Essa continuidade entre a área livre gramada e o espaço coberto é permitida pelo sutil embasamento (aproximadamente 15 cm de altura) que delimita o piso da quadra esportiva e os ambientes de apoio, sendo interrompida apenas na fachada oeste pelo volume dos vestiários.

Uma composição de dezoito bases de concreto armado com geometria irregular, em formas orgânicas, com o topo elevado à 70 cm do nível do solo, dispostas no perímetro do piso do espaço coberto, servem de apoio e proteção aos arcos em bambu-colmo da espécie *Dendrocalamus Asper* que compõem a estrutura proposta para suporte da envoltória do espaço arquitetural. Dentre essas bases, representadas no projeto disponibilizado pelo IBUKU (Figura 3), dez foram concebidas em formato escalonado com diâmetro do volume inferior de aproximadamente 1.70m e superior de 1m, as quais possuem vão livre perimetral de aproximadamente 7m entre elas. As oito bases menores localizadas nas extremidades longitudinais não apresentam escalonamento, possuem formato cônico com diâmetro inferior aproximado de 0.90m e superior de 0.70m, e vão livre perimetral que varia entre 1,50m a 2,40m entre elas (Figura 4).

Figura 3: Planta baixa The ARC.

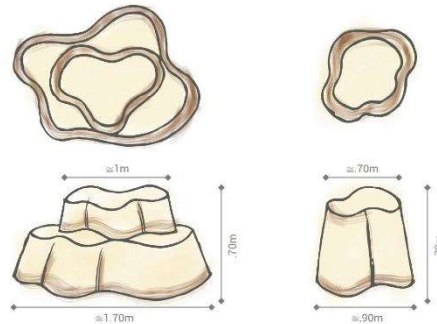


Fonte: IBUKU. Editado pelo Autor, 2024.

Assim, de acordo com imagens do processo construtivo, verifica-se que a conexão empregada direciona as forças atuantes na estrutura às fundações por meio do atrito com a parede interna dos colmos, neste caso em específico, com a utilização do concreto inserido nos entrenós próximos à base, na qual há vergalhões pré-instalados no seu processo de cura para posterior engastamento do bambu-colmo (Figura 5). Importa

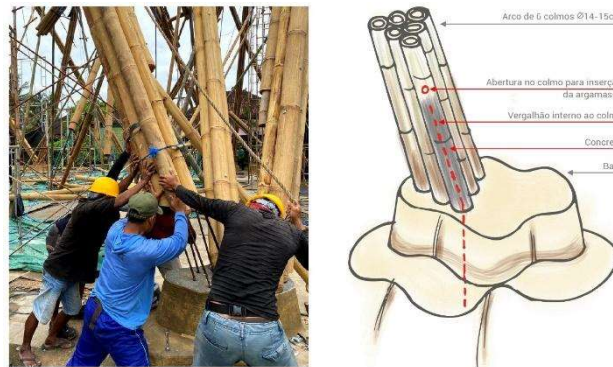
reconhecer o detalhe tectônico que efetiva essa transição entre a base e o *roofwork*, necessário ao suporte das cargas para evitar o empuxo horizontal dos arcos e proteção dos colmos da estrutura de bambu, mas, em sua forma orgânica permitida pela plasticidade do concreto armado aparente texturizado em suas faces alcança expressividade, constituindo, ainda, um convite ao descanso, contemplação da paisagem e das atividades esportivas (Figura 6).

Figura 4: Redesenho da base escalonada (à esq.) e da base cônica (à dir.).



Fonte: Elaborado por Santos (2025).

Figura 5: Execução da conexão entre os arcos e a base (à esq.) e redesenho do detalhe da conexão entre os arcos e a base (à dir.).



Fonte: Imagem à direita disponível em <<https://www.buildporto.com/blog/the-arc-at-green-school-bali>>. Acesso em: 10 de Ago, 2024;

Imagem à esquerda elaborada por Santos (2025).

Figura 6: Detalhe tectônico da base marcando a transição entre *earthwork* e o *roofwork*.



Fonte: Imagem cedida pelo Ibuku em 2023 - Fotografia: Tommaso Riva.

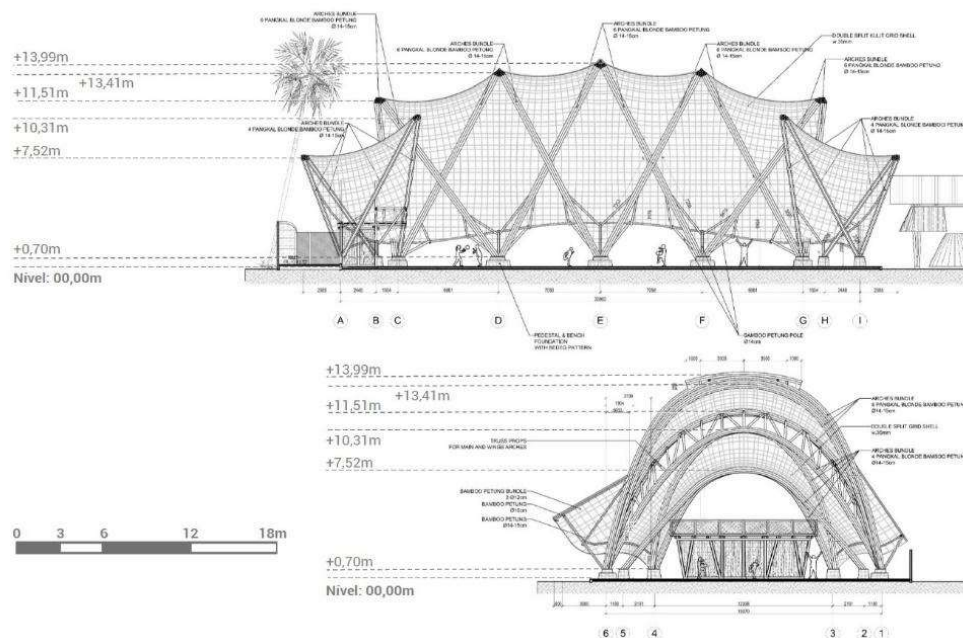
### A estética do princípio estrutural do arco materializado em bambu na estrutura formal arquitetônica

Por se tratar de uma proposta arquitetônica concebida para ser um ginásio esportivo, *The ARC* apresenta forte expressividade em seus nexos tectônicos estabelecidos na categoria de análise Estrutura resistente | Estrutura formal arquitetônica.

Desenvolvido por meio de arcos intercalados de bambu *Dendrocalamus Asper* (em Bali popularmente conhecido por bambu *Petung*), o projeto traz uma concepção estrutural com linhas orgânicas que enaltecem a expressividade material e a resistência do bambu, já que a referida espécie pode alcançar colmos com alturas que variam entre 20-30m e diâmetro base de até 30cm. Com isso, o diâmetro médio dos colmos utilizados nos arcos estruturais varia entre 14 e 15cm.

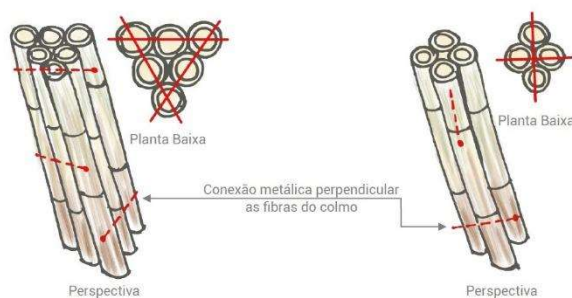
Ao considerar o sistema estrutural utilizado para vencer o vão livre de 19m, se verifica nos cortes AA e CC (Figura 7) que a composição dos arcos varia em seis e quatro colmos unidos por elementos metálicos perpendiculares às fibras do bambu (Figura 8), sendo aqueles com maior quantitativo direcionados aos arcos que alcançam topo nas alturas +11.51m, +13.41m e +13.97m, enquanto o menor conjunto apresenta arcos que atingem +7.52m e +10.31m – sendo alturas que não correspondem às suas respectivas flechas devido às inclinações em uso na estrutura.

Figura 7: Cortes AA e CC The ARC.



Fonte: Imagem cedida pelo IBUKU em 2023, editada pelo autor.

Figura 8: Croqui da conexão entre os colmos dos arcos



Fonte: Elaborado por Santos (2025).

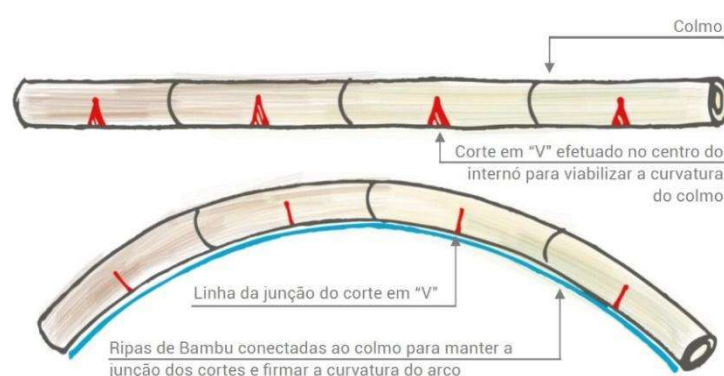


Nesse sentido, diante da resistência físico-mecânica do bambu *Dendrocalamus Asper* e a força de flexão que pode ocorrer em razão das ações de compressão que atuam no arco (Rebello, 2000), o projeto veio a requerer um conhecimento técnico necessário à curvatura dos colmos e a estabilização do empuxo horizontal que pode deformar o arqueamento da estrutura, já que não foram utilizados tirantes para este fim.

Para efetivar o caminho das forças a ser exercido no objeto edificado, o detalhe de curvatura dos colmos se desenvolve com a inserção de ripas de bambu sobrepostas aos cortes que percorrem a gramínea para viabilizar o travamento do arco e firmar a conexão da curvatura. Nota-se que *The Arc* traz um sistema de cortes perpendiculares ao eixo das fibras do bambu-colmo, nos seus entrenós, em espaçamentos que permitam sua curvatura no próprio canteiro de obra (Figura 9), marcado com estacas que forneçam o gabarito dos arcos.

No mais, outro detalhe tectônico de veemente importância se mostra na união entre arcos, sendo necessário discernir como ocorre o ponto de sobreposição e o encontro dos colmos no topo da estrutura. Assim, com base na utilização de maquetes de estudo (Figura 9), o IBUKU explora as potencialidades desses vínculos e desenvolve croquis que viabilizam a eficácia da comunicação no canteiro de obra ao abordar informações referentes ao processo técnico-constructivo das conexões.

Figura 9: Croqui dos cortes para angulação do colmo.



Fonte: Elaborado por Santos (2025)..

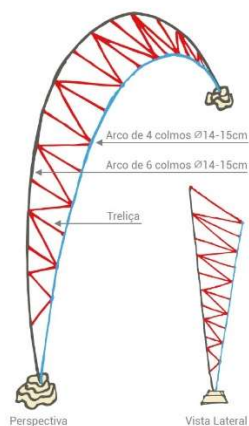
Importa salientar, também, que o uso dos modelos físicos reduzidos (maquetes) vai além das explorações projetuais no ínterim de concepção, uma vez que sua apropriação compreende o auxílio da construção do objeto, roborando os escritos de Gregotti (2013 [1983]) no tocante ao detalhe tectônico nascer no próprio processo criativo, o qual infere valor à arquitetura por meio de tensões que não podem ser solucionadas apenas no ato constructivo, mas sim no projeto.

O detalhe é seguramente um dos elementos mais reveladores da transformação da linguagem da arquitetura [...] No entanto, as construções que fazemos ganham uma forma, e esta adquire automaticamente uma capacidade de comunicação com a linguagem. Por essa razão, é importante examinar a sua constituição, da qual o detalhe certamente não é só uma questão de detalhe. (Gregotti, 2013 [1983], p. 536)

É possível pontuar, ainda, a proposição das treliças em bambu-colmo que acontecem nas extremidades longitudinais da estrutura, sendo uma estratégia utilizada em prol da junção dos arcos com topo nos níveis +11.51m e +10.31m, assim estabelecendo continuidade entre as camadas estruturais e promovendo a iluminação e ventilação natural no *The Arc* (Figura 10).

Além disso, apesar de possuir simetria nos arcos estruturais, o projeto apresenta diferentes abordagens nos beirais das Fachadas Norte (posterior) e Sul (frontal): ao norte, direção em que a locação do objeto é próxima ao limite do lote, o beiral apresenta apoios contidos com escalonamentos que promovem uma curva moderada com feixe de bambu próximo à delimitação da cobertura (Figura 11). Na fachada sul, orientação na qual o projeto se conecta ao campo da *Green School*, os beirais – em aporte ao feixe de bambu – elevam a malha da estrutura de cobertura proporcionando aberturas que evidenciam os acessos às atividades em andamento no interior do ginásio (Figura 12).

Figura 10 - Croqui do posicionamento da treliça (à esq.) e expressividade da treliça no objeto edificado (à dir.)



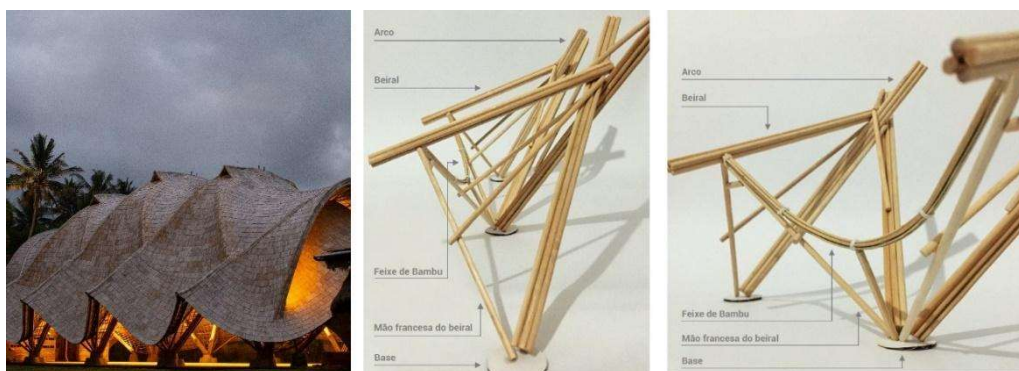
Fonte: Croquis elaborado por Santos (2025). (à esq.) e Imagem cedida pelo Ibutu - Fotografia: Tommaso Riva. Editado pelo Autor, 2024 (à dir.).

Figura 11: Beiral Norte e perspectivas da maquete da fachada norte.



Fonte: Imagem cedida pelo IBUKU - Fotografia: Tommaso Riva (à esq.) e maquete elaborada por Santos (2025). (à dir.).

Figura 12: Beiral Sul e perspectivas da maquete da fachada sul.



Fonte: Imagem cedida pelo IBUKU - Fotografia: Tommaso Riva (à esq.) e maquetes elaboradas por Santos (2025). (à dir.).

No tocante à trama, desenvolvida em ripas duplas de bambu com 35mm de largura, que viabiliza a inserção da cobertura, sua proposição se deu com base na vertente estrutural de *gridshells* anticlásticos – com teste de desempenho *in loco* – sendo, portanto, uma malha de curvatura dupla em direções opostas que atua em prol da estabilização dos arcos da estrutura, como discorrido por Neil Thomas, diretor do Atelier One, que junto à Jörg Stamm compõe o grupo de engenharia do projeto:

As *gridshells* usam a rigidez da forma para formar o fechamento do telhado e fornecer resistência à flambagem para os arcos parabólicos. Os dois sistemas juntos criam uma estrutura única e altamente eficiente, capaz de flexionar sob carga, permitindo que a estrutura redistribua o peso, aliviando forças localizadas nos arcos (Neil Thomas, apud BambooPure, 2025)<sup>v</sup>.

Nesse sentido, é possível estabelecer relações com os propostos teóricos de Semper (2004 [1863]) sobre a noção têxtil na arquitetura, já que o projeto evidencia as *gridshells* como membranas estruturais que apresentam forte expressão estética observada no detalhe da bifurcação que ocorre no sentido da cobertura ao percorrer a inclinação dos arcos e se ramificar para os beirais.

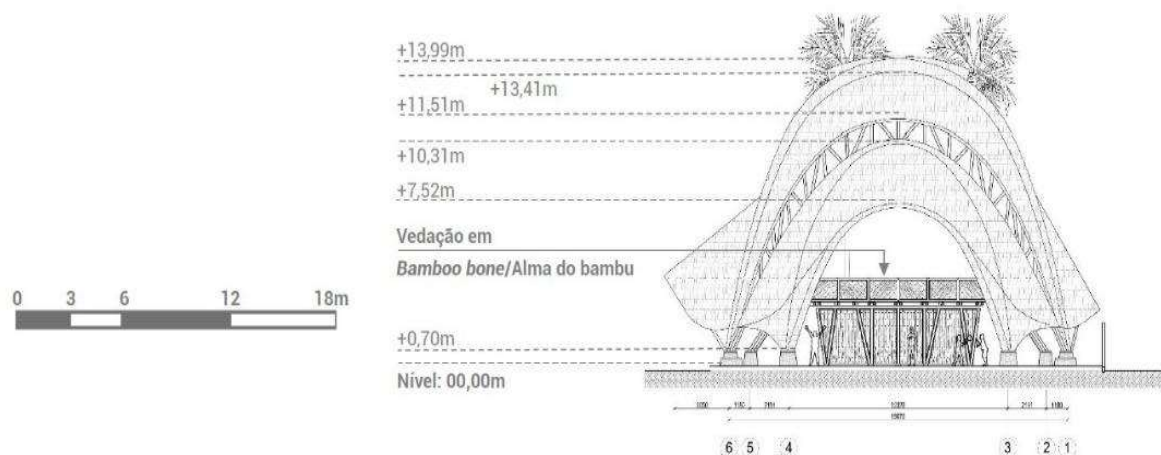
### ***O protagonismo das gridshells e das “esterilhas”<sup>vi</sup> de bambu enquanto delimitadores do espaço arquitetônico***

Na relação Elementos de vedação / Estrutura formal arquitetônica, o *The Arc* segue com a linguagem material do bambu em sua exploração estética por meio de tramas, forro e cobertura. Conforme observado nos modelos gráficos da proposta arquitetônica, há divergências entre a vedação do acesso aos vestiários definida no projeto (Figura 13) – sendo o *bamboo bone* / alma do bambu – em relação a aplicada na execução do artefato arquitetônico, que se concretiza com a inserção de *esterilhas* de bambu organizadas em tramas horizontais, assim demarcando o único volume presente no interior do ginásio (Figura 14). Importa salientar, também, que por situar-se próximo à vegetação ao oeste, os vestiários não apresentam fortes indícios de sua expressividade *estereotômica* na percepção total do invólucro, apesar de ser a única vedação desenvolvida em paredes de pedra que estão em contato direto com o embasamento da proposta arquitetônica.

No tocante à vedação da cobertura, sua proposição emprega a *esterilha* de bambu na forração da estrutura de cobertura – implicando na expressividade decorrente das curvas que acompanham as *gridshells* – assim como na própria cobertura de *esterilhas* dispostas em camadas sobrepostas (Figuras 15 e 16), que, conseqüentemente, requerem procedimentos de manutenção preventiva em prol de sua proteção às intempéries, a exemplo da aplicação do impermeabilizante vinílico – contra raios ultravioleta – que é efetivada no objeto a cada dois anos, conforme discorrido por Anderson (2023).

Ademais, com a dupla curvatura das *gridshells* anticlásticas, a tectônica do invólucro traz o caráter das linhas orgânicas e da geometria complexa como protagonistas da linguagem arquitetônica, assim, fomentando uma edificação cujo valor estético segue consonante ao mérito estrutural do projeto.

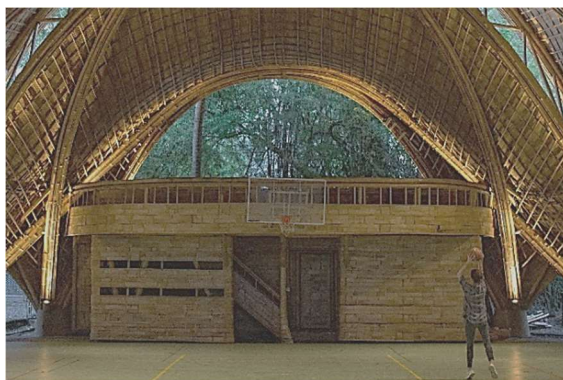
Figura 14: Fachada Leste.



Fonte: Imagem cedida pelo IBUKU em 2023, editada pelo autor.

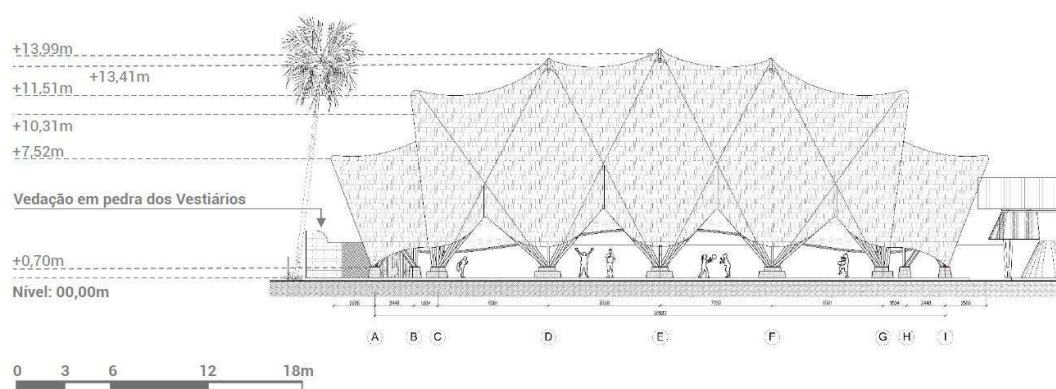


Figura 14: Volume interno em trama de bambu.



Fonte: Imagem cedida pelo IBUKU - Fotografia: Tommaso Riva

Figura 15: Fachada Sul.



Fonte: Imagem cedida pelo IBUKU em 2023, editada pelo autor.

Figura 16: Tectônica têxtil decorrente das esterilhas de bambu acompanhando a dupla curvatura das *gridshells* anticlásticas.



Fonte: Imagem cedida pelo IBUKU - Fotografia: Tommaso Riva

Em suma, o caráter tectônico no projeto The ARC revela o conhecimento da cultura técnica do bambu explorando uma estética e materialidade contemporânea que lhe é própria. À vista disso, o escritório IBUKU apresenta uma proposição na qual o protagonismo do bambu emerge dos esbeltos arcos estruturais que



proporcionam o vão livre para apropriações da *Green School*, assim como dão forma ao invólucro arquitetônico com base nas noções da arquitetura leve e da noção têxtil das *gridshells* anticlásticas.

No mais, importa reconhecer os esforços na busca ativa de soluções estruturais para a eficácia do artefato no íterim da concepção projetual, ao instrumentalizar croquis e maquetes para aporte das proposições e suas consequentes materializações. Assim, infere-se que a tectônica analisada no The ARC possui forte conexão com a própria narrativa do processo criativo, revelando o valor de suas técnicas e das diversas apropriações que uma única matéria prima pode exercer – com excelência.

#### 4 CONCLUSÃO

Considerando o caráter quintessencial da arquitetura, a tectônica utiliza vertentes analíticas que abordam o teor técnico-expressivo presente no próprio cerne arquitetural: o projeto. Sendo, este, o campo teórico por meio do qual se desenvolve a expressividade intencionada ao artefato, que emerge dos detalhes. Assim, a exploração da cultura técnica e expressiva dos detalhes, no íterim projetual, declara as proposições teóricas de Hélio Piñón (2006) e Edson Mahfuz (2004) em suas arguições sobre a íntima relação entre o projeto e as noções construtivas. Portanto, a técnica exerce a consciência projetual que se faz veementemente necessária às propostas arquitetônicas que atribuem o bambu como elemento estrutural do objeto edificado.

Com isso, conforme observado no íterim da análise, a interação do sítio de intervenção com a arquitetura é desenvolvida de acordo com a responsabilidade ambiental, destacando noções projetuais que respeitam o entorno e corrobora com as necessidades da própria matéria-prima em uso, pois diferente dos materiais convencionais, como o concreto, a gramínea intitulada de “aço verde” requer decisões projetuais que preservem sua proteção contra o contato direto com o solo, sendo esta, a consciência motriz do ato projetual com o bambu.

No mais, na relação que analisa as soluções projetuais do sistema estrutural para com a arquitetura, foi observado o protagonismo do bambu em sua vertente estrutural do objeto edificado, visto que se trata de uma matéria não convencional capaz de alcançar grandes vãos livres, de acordo com o detalhe arquitetônico produzido. Nesse sentido, o trabalho técnico da exposição estrutural do bambu desde a concepção projetual, elucida a intenção dos profissionais em expressar sua resistência física e a estética de sua materialidade.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a equipe do Ibuku Studio por nos ceder imagens do projeto do ginásio esportivo *The Arc* (Indonésia) e fotos da obra construída e permitir a sua publicação na dissertação de mestrado e em periódicos científicos.

Agradecemos ao Arquiteto Simón Vélez por ceder e permitir a publicação de imagens de seus croquis de concepção e foto da Catedral de Cartagena (Colômbia) em periódico científico.

#### REFERÊNCIAS

AMARAL, I. **Tensions tectoniques du projet d'architecture: études comparatives de concours canadiens et brésiliens (1967-2005)**. Tese (Doutorado). PPG em História do Desenvolvimento e Teorias da Arquitetura. Université de Montréal - Faculté de l'aménagement, Montréal, 2010.

AMARAL, I. **Quase tudo que você queria saber sobre tectônica, mas tinha vergonha de perguntar**. PósFAUUSP, v.16, n. 26, São Paulo, 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/43644>>. Acesso em: 09 set. 2023.

AYRES, E.; DELGADO, P; S; LAGO, R.; M.; LANNA, S. L. B. Eco-design: a eficiência de produtos feitos de Bambu para o sequestro de carbono. **Estudos em Design**, v. 22, n. 1, 2014. Disponível em: <sup>vii</sup><<https://estudosemdesign.emnuvens.com.br/design/article/view/150>>. Acesso em: 05 dez. 2021.

BAMBOOPURE (site). **The Arc**. 2025. Disponível em: <https://www.bamboopurebali.com/project/the-arc/> Acesso em 10 de agosto de 2024.

BARBOSA, N. P.; ROCHA, G. C.; VASCONCELOS, G. A. R.. Tectônica Bambu – relato de uma experiência. In: V ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO (ENANPARQ). **Anais eletrônicos do ..... Salvador**. EdUFBA, 2018, p. 1362-1380. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/27744/2/eixo-1.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2024.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. Apresentação. In: DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. (Org). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1.ed. Rio de Janeiro: ICH, 2017. 655p.

- ESPELHO, J. C. C. **Tratamento químico de colmos de bambu pelo método de *boucherie* modificado**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2007.
- FRAMPTON, K. **Studies in tectonic culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture**. 2a ed. Massachusetts: Mit Press, 1995, p. 421.
- FRAMPTON, K. Seven points for the millennium: an untimely manifesto. In: **The Journal of Architecture**, vol. 5, no1, Printemps, 2000, p. 21-33.
- FRASCARI, M. O Detalhe Narrativo. (1984). In: NESBITT, K. **Uma Nova Agenda para a Arquitetura**. Tradução Vera Pereira. São Paulo: Coleção Face Norte Cosac Naify, 2a ed. Rev., 2013. p. 538-555.
- GREGOTTI, V. O Exercício do Detalhe. (1983). In: NESBITT, K. **Uma Nova Agenda para a Arquitetura**. Tradução Vera Pereira. São Paulo: Coleção Face Norte Cosac Naify, 2a ed. Rev., 2013. p. 535-538.
- KAMINSKI, S.; LAWRENCE, A.; TRUJILLO, D.; KING, C. Structural use of bamboo-Part 2: Durability and preservation. In: **The Structural Engineer**, V. 94, Issue 10, 2016, Page(s) 38-43. DOI: <https://doi.org/10.56330/TRBW8039>. Disponível em: Structural use of bamboo. Part 2: Durability and preservation - The Institution of Structural Engineers Acesso em: 15 maio 2024.
- LIMA, H. C. Tectônica é uma disciplina, uma área ou uma abordagem da arquitetura? II ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO (ENANPARQ). **Anais do ..... 2012**. Natal, RN: PPGAU, UFRN, 2012.
- LÓPEZ, O. H. **Manual de construcción com bambu**. Universidad Nacional de Colombia. Estudios Técnicos Colombianos Ltda, Bogotá, 1981.
- MAHFUZ, E. Reflexões sobre a construção da forma pertinente. **Arquitextos** / Vitruvius, ano 04, n. 045.02, fev. 2004. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.045/606>. Acesso em: 09 set. 2023.
- MURAD, J. R. L. **As propriedades físicas, mecânicas e meso-estrutural do bambu *Guadua weberbaueri* do Acre**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2007.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – BRASIL (ONU-Brasil). **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>, Acesso em 04/08/2025.
- PEREIRA, M. A. R. **Projeto bambu: introdução de espécies, caracterização e aplicações**. Tese (livre-docência). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.
- PIÑÓN, H. **Teoria do projeto**. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2006.
- REBELLO, Y. C. P. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**. 9a ed. São Paulo: Zigurate, 2000.
- TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.
- TEIXEIRA, R. B.; BEZERRA, J. B.; LIMA, L. A. M. Três conceitos, uma aplicação e algumas lições: o caso da arquitetura tradicional balinesa. **Revista PROJETAR** - Projeto e Percepção do Ambiente, v. 9, n. 2, p. 200-216, 2024. DOI: 10.21680/2448-296X.2024v9n2ID32885. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/32885>. Acesso em: 01 jul. 2024.
- ROCHA, G. C. **O Caráter Tectônico do Moderno Brasileiro: Bernardes e Campello na Paraíba (1970-1980)**. Tese (Doutorado). PPG em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- ROCHA, G. C.; SANTOS, J. V. S.; ALVES, S. D. S. Conexões Tectônicas em Estruturas de Bambu. In: V ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO (ENANPARQ). **Anais eletrônicos do ..... Salvador - BA: EdUFBA**, 2018, s/p.
- SANTOS, J. V. S. **Poética da narrativa tectônica em projetos que utilizam o bambu como elemento estrutural do objeto edificado**. Dissertação (Mestrado). PPG em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2025.
- SEMPER, G. **Style in the Technical and Tectonic Arts, or Practical Aesthetics**. Los Angeles: The Getty Research Institute, 2004 [1863].

## NOTAS

<sup>1</sup> Ver mapa desenvolvido por: Jaime Baladrón Laborda, disponível em: <https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-i/>

<sup>2</sup> Como as conexões da dos pilares e vigas do Son La Restaurant, 2014, projetado pelo escritório Vo Trong Nghia Architects – ver imagens disponíveis em: <https://vtnarchitects.net/son-la-restaurant-pe228.html>

<sup>3</sup> Detalhes das conexões da Residência de Bambu Energeticamente Eficiente, projetada pelo Studio Cardenas Conscious Design podem ser vistas em [https://www.archdaily.com.br/br/879784/residencia-de-bambu-energeticamente-eficiente-studio-cardenas-conscious-design/58ec37a0e58ece07df0000ac-energy-efficient-bamboo-house-studio-cardenas-conscious-design-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com.br/br/879784/residencia-de-bambu-energeticamente-eficiente-studio-cardenas-conscious-design/58ec37a0e58ece07df0000ac-energy-efficient-bamboo-house-studio-cardenas-conscious-design-photo?next_project=no)

<sup>4</sup> Dicionário DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS. Poética. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/poetica/#:~:text=Significado%20de%20Po%C3%A9tica,um%20escritor%2C%20de%20uma%20%C3%A9poca> Acesso em: 20 jul. 2024.

<sup>5</sup> Texto original em inglês, traduzido livremente pelos autores: "*The gridshells use shape stiffness to form the roof enclosure and provide buckling resistance to the parabolic arches. The two systems together create a unique and highly efficient structure, able to flex under load allowing the structure to redistribute weight, easing localised forces on the arches*" (Neil Thomas in <https://www.bamboopurebali.com/project/the-arc/> Acesso em 10/agosto/2024).

<sup>6</sup> *Esterilha* - expressão colombiana para designar uma espécie de esteira extraída dos colmos de bambu com um machado, cortando aleatoriamente no sentido longitudinal, geralmente utilizada para revestimento de paredes, forros e cobertura.

---

NOTA DO EDITOR (\*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade dos autores.