

# MODELAGEM PARAMÉTRICA: PROJETO DE UMA PASSAGEM COBERTA EM ESTRUTURA DE MADEIRA

*MODELAJE PARAMÉTRICO: DISEÑO DE UN PASAJE CUBIERTO EN ESTRUCTURA DE MADERA*

*PARAMETRIC MODELING: DESIGN OF A TIMBER COVERED WALKWAY*

**SOUSA, NILBERTO GOMES DE**

*Arquiteto e urbanista, mestre PPGAU/UFRN, doutorando PPGAU-UFRN, e-mail: metropolis.nilberto@gmail.com*

**DIONISI, ALESSIO PERTICARATI**

*Arquiteto e urbanista, mestrando PPA/PMA/UFRN, e-mail: alessiodionisi@gmail.com*

**CASTRO, CLODOALDO DINO DE**

*Arquiteto e urbanista, mestrando PPA/PMA/UFRN, e-mail: clodoaldodica@gmail.com*

## RESUMO

Este artigo apresenta a proposta arquitetônica elaborada pela equipe que obteve o segundo lugar no concurso interno, intitulado Exercício de Concepção de um Elemento Arquitetônico, da disciplina Oficina de Projeto Computacional do Programa de Pós-graduação Profissional em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente da UFRN/Natal. O objetivo do concurso era projetar uma cobertura de forma complexa, que conectasse os prédios da graduação e da pós-graduação do curso de Arquitetura. Dentre as diretrizes e restrições impostas pelo enunciado do exercício, destacam-se a concepção em modelagem paramétrica, o uso da madeira como material principal, o recobrimento da estrutura em telha, a preservação da espécie arbórea existente e a escolha por materiais disponíveis na universidade. O conceito da proposta é reverter restrições em potencialidades, e o projeto reinterpreta uma técnica construtiva vernacular, a oca indígena, cuja estabilidade estrutural resulta do arqueamento de um pontalete fincado na terra. A ripa é o material escolhido para compor a estrutura de pórticos arqueados. O uso do Grasshopper se constituiu numa alternativa aos processos projetuais tradicionais como croquis à mão livre, modelagem em softwares Sketchup, maquete e mockup. O benefício do programa reside na rapidez com que formas são geradas sem que, para isso, novos modelos sejam elaborados. Ele é uma mudança de paradigma em relação aos softwares CAD convencionais, pois o processo inicial de projeto se volta mais aos parâmetros que estabelecem a forma do que o próprio desenho da forma em si. A interoperabilidade do Grasshopper com programas de cálculo estrutural é outro aspecto relevante desse processo projetual.

Palavras-chave: Projeto arquitetônico. Modelagem paramétrica. Estrutura em madeira. Grasshopper.

## RESUMEN

*Este artículo presenta la propuesta arquitectónica elaborada por el equipo que obtuvo el segundo lugar en el concurso interno, titulado Ejercicio de Concepto de un Elemento Arquitectónico, de la disciplina Taller de Proyecto Computacional del Programa de Pos-graduação Profesional en arquitectura, Proyecto y Medio Ambiente de la UFRN/Natal. El objetivo del concurso era proyectar una cubierta de forma compleja que conectara los edificios de Pre-graduação y Pos-graduação del Curso de Arquitectura. Dentro de las directrices y restricciones impuestas por el enunciado del ejercicio, se destaca el concepto del modelaje paramétrico, el uso de la madera como principal material, el recubrimiento de la estructura en teja, la preservación de la especie arbórea existente y el escogimiento de materiales disponibles de la Universidad. El concepto de la propuesta es revertir restricciones en potencialidades y que el proyecto reinterprete una técnica constructiva vernacular, una choza indígena, cuya estabilidad estructural resulta del arqueamiento de un puntal incado en la tierra. La tablilla es el material escogido para componer la estructura de pórticos arqueados. El uso del Grasshopper se constituyó en una alternativa a los procesos proyectuales tradicionales como roquis a mano libre, modelaje en softwares Sketchup, maqueta o mockup. El beneficio del programa reside en la rapidez con que las formas son generadas sin que, para eso, sea necesario elaborar nuevos modelos. Este programa es un cambio de paradigma en relación a los softwares CAD convencionales, pues el proceso inicial del proyecto se vuelca más hacia los parámetros que establecen la forma que hacia el propio diseño de la forma en sí. La interoperabilidad del Grasshopper con programas de calculo estructural es otro aspecto relevante de este proceso proyectual.*

Palabras clave: Proyecto arquitectónico. Modelaje paramétrico. Estrutura em madeira. Grasshopper

## ABSTRACT

*This article presents an architectural proposition elaborated by the team that won the second place on an internal competitive examination called exercise of conception of an architectural element from the workshop of computing project of the professional post-graduation program in architecture, project and environment of UFRN/Natal. The aim of the examination was to create a complex cover which could connect both graduation and post-graduation blocks of the course of architecture. Among the goals and restrictions imposed by the reading of the exercise, we highlight the conception in parametric modeling, the use of wood as main resource, the covering of the structure in tiles, the preservation of the existing arboreal species and the choice of allowed materials from the University. The concept of the proposition is to transform restrictions into potentialities, and the project reinterprets a vernacular constructive technique, the Indian house, whose structural stability leads to the bending of the covering of the house with a stick in the middle and its edges attached to the floor. The slat is the resource material chosen to make the structure of bending porticos. The process of project used freehand sketches, modeling in softwares as Sketchup, model, mock up and, mainly, the possibilities of formal creation by the algorithms. The use of Grasshopper presented an alternative to the traditional process projects. The good in it lies in how quickly forms are created without the need of new models. This is a paradigmatic change in relation to the conventional CAD softwares, because the initial process of the project has to do more with the parameters that establish the form of the drawing itself forms. The inter operability of the Grasshopper with structural calculation programs is another important aspect of this project process. We conclude that the tool contributes together with other resources of the project, however it becomes more efficient in the conception phase.*

*Keywords: architectural project. Parametric modeling. Wood Structure. Grasshopper.*

## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar o processo projetual da proposta arquitetônica elaborada pela equipe<sup>1</sup> que obteve o segundo lugar no concurso interno intitulado “Exercício de Concepção de um Elemento Arquitetônico da disciplina Oficina de Projeto Computacional “do Programa de Pós-graduação Profissional em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente da UFRN/Natal. O desenvolvimento do trabalho, descrito a seguir, considerou as diretrizes e restrições impostas pelo enunciado do exercício, dentre as quais se destacam a concepção em modelagem paramétrica, o uso da madeira como material principal, o recobrimento da estrutura em telha, a preservação da espécie arbórea existente e a escolha de materiais disponíveis na universidade.

A estrutura básica do texto, além da introdução e das conclusões, consiste nas seções denominadas: “O local de intervenção e as preexistências”; “Conceito e partido”; “Processo projetual” e “As etapas construtivas do elemento arquitetônico proposto”.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### *O local de intervenção e as preexistências*

Uma investigação da paisagem que receberá o elemento arquitetônico aponta a existência de uma similaridade construtiva entre os dois edifícios do curso de arquitetura (graduação e pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte): as fachadas ritmadas pela sequência estrutural retilínea dos pilares e vigas de concreto armado (Figura 1). Além desse aspecto, os elementos vazados se destacam em determinados pontos de ambas as fachadas.

Nota-se, atualmente, a amplitude espacial delineada pelo conjunto edificado (dos dois cursos) e o espaço vazio, da Rua das Exatas e do estacionamento do Departamento de Informática. No entanto, após a futura duplicação do prédio da pós-graduação, essa percepção mudará por completo: a nova construção encobrirá visualmente metade da fachada posterior do edifício da graduação e do próprio local previsto para o novo elemento arquitetônico. Então, o espaço remanescente entre volumes será uma passagem, ou corredor externo, que ocupa toda a extensão entre os acessos desses prédios.

Figura 1: Edifício da graduação (esquerda) e da pós-graduação (direita) do curso de Arquitetura

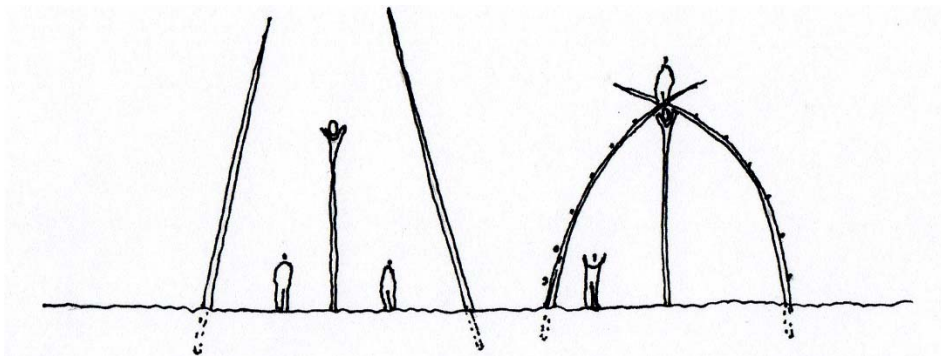


Fonte: acervo dos autores

### *Conceito e partido*

O conceito central do projeto é converter as restrições impostas, sobretudo as orçamentárias e a disponibilidade de materiais, em potencial; buscando-se a singularidade da técnica e da forma por meio de soluções simples e econômicas. Logo, a inspiração provém da reinterpretação de um saber construtivo vernacular, a oca indígena, cuja estabilidade estrutural resulta do arqueamento de um pontalete fincado na terra (Figura 2).

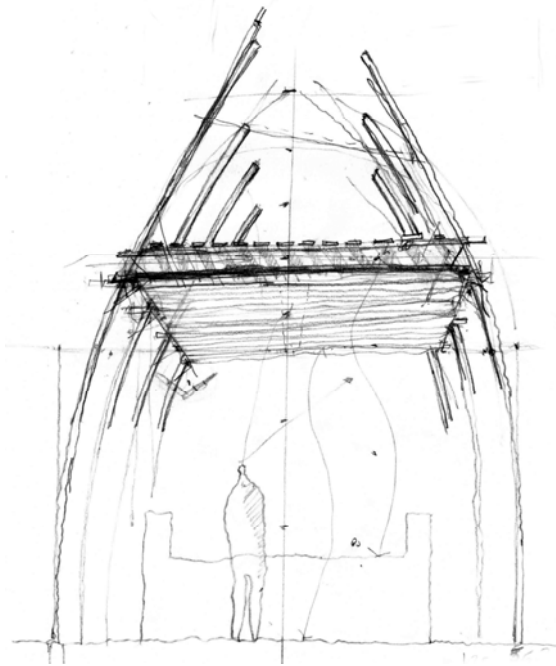
Figura 2: Construção de uma oca Bakairi no Xingu



Fonte: elaborado pelos autores, inspirado nas imagens de Portocarrero (2010)

Dentre os materiais passíveis de utilização, a ripa representa a gênese do projeto: é o elemento fundamental de geração formal. A trivialidade desse material dá coerência conceitual à escolha, e o projeto busca extrair potencialidades inerentes dessa madeira de baixo custo, tais como a maleabilidade e a esbeltez. Da ripa arqueada, faz-se o arco, que simboliza o partido do projeto. O arco duplicado conforma um pórtico que, replicado, delimita um espaço linear, que caracteriza a proposta apresentada para a passagem (Figura 3). A esse processo de construção do espaço descrito, foi introduzida a parametrização, a qual estabelece uma conexão atemporal entre dois extremos da arquitetura: o saber tectônico vernacular e o processo de geração formal por meio dos algoritmos.

Figura 3: Elemento arquitetônico proposto



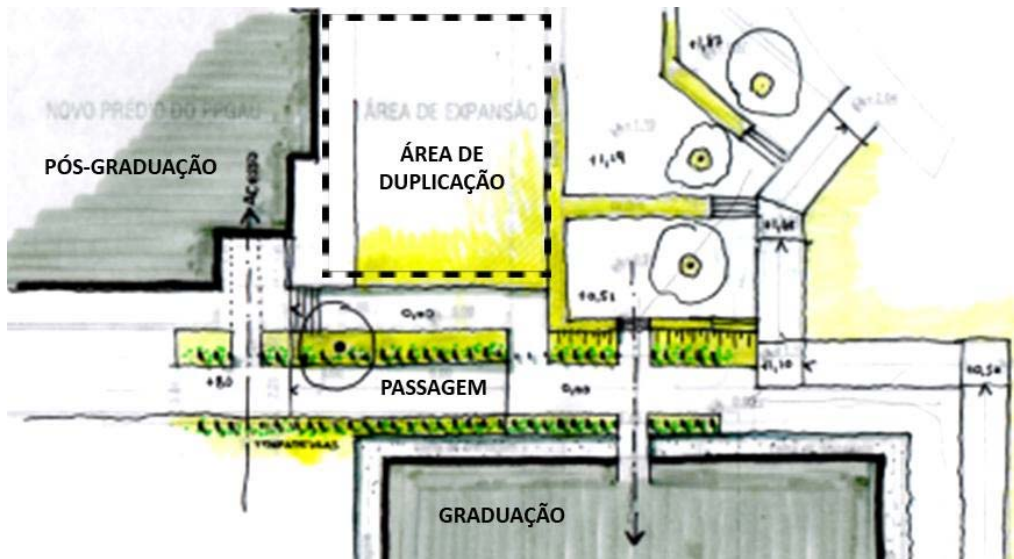
Fonte: elaborado pelos autores

O novo elemento adota, enfim, princípios semelhantes às preexistências, como, por exemplo, a repetição de elementos estruturais aparentes. O partido dos arcos em madeira da nova estrutura promove, todavia, um contraponto formal aos volumes cúbicos existentes. Isso introduz outras percepções volumétricas ao conjunto, acrescentando novas relações de luz e sombra, texturas e materiais.

A estrutura projetada foi ainda idealizada para ressignificar o espaço intersticial da passagem, que enfatiza o caminho rampado e considera a redução do trecho visual perceptível após a duplicação do prédio da pós-graduação. O projeto não se limita a conectar exclusivamente os dois edifícios, mas, a partir da repetição do pórtico, pode-se estender por todo Setor de Aulas IV ou outras áreas da universidade.

Ademais, numa visão abrangente do entorno, propõe-se que alguns canteiros sejam prolongados ao longo da passagem (Figura 4), o que aumentará a eficácia do sistema de drenagem e permitirá o plantio de novas espécies vegetais. Os canteiros servirão, também, como espaço para locação das fundações da estrutura, eliminando a necessidade de intervir no piso. O projeto prevê a manutenção da topografia existente e todo o sistema de drenagem que está em construção, bem como a alteração da escada de acesso do prédio da graduação, a preservação do Angico e a recomendação do plantio de novas árvores que permitam o sombreamento dos platôs adjacentes.

Figura 4: Planta da proposta de extensão dos canteiros, do reposicionamento da escada de acesso do prédio da graduação e da modulação dos pilares do novo elemento arquitetônico



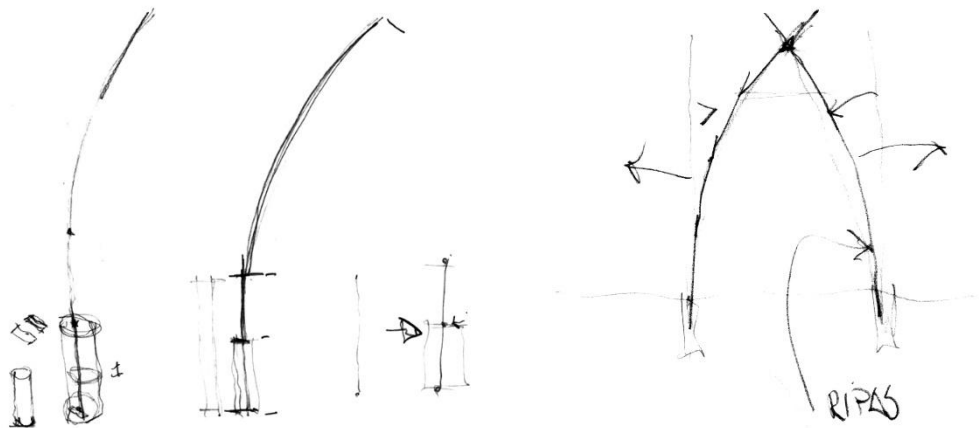
Fonte: elaborado pelos autores

### *O processo projetual*

Em um primeiro momento, houve a capacitação na aplicação Rhinoceros e Grasshopper realizada nas aulas iniciais da disciplina. Posteriormente, procedeu-se uma fase de pré-projeto, caracterizada pela seleção de duas referências relevantes à futura proposição arquitetônica, cujo intuito foi ampliar o repertório arquitetônico, ou “bagagem intelectual” segundo Lawson (2015), da equipe. Selecionaram-se os projetos da Capela Vaticano<sup>2</sup> do escritório Foster + Partners, e o Wooden Sleeper<sup>3</sup> construído pela Universidade de Tecnologia de Graz, na Áustria. Ambos têm formas geométricas complexas derivadas da repetição de pórticos que utilizam a madeira como material principal e são circundados por vegetação.

A etapa seguinte, propositiva, correspondeu à definição do conceito e do partido. Estabeleceu-se, desde o início, um processo de concepção colaborativa da equipe. As primeiras hipóteses da solução inspirada no sistema construtivo vernacular utilizado pelos índios foram investigadas e expressas através do croquis à mão livre (Figura 4), instrumento técnico utilizado ao longo de todo processo projetual.

Figura 4: Croquis iniciais utilizados no momento da definição do partido arquitetônico



Fonte: elaborado pelos autores



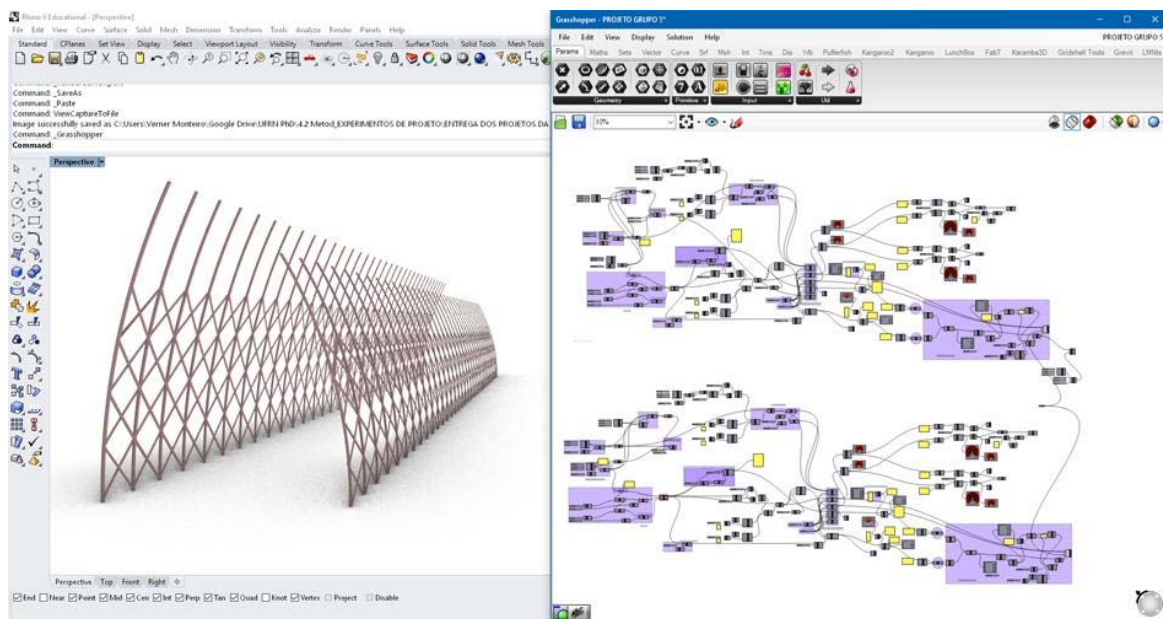
A etapa seguinte à definição do conceito e do partido foi a parametrização do pórtico no software Rhinoceros-Grasshopper. A forma do elemento arquitetônico se converteu em algoritmos que permitiram averiguar o arqueamento do pontalete, tal qual na execução da oca indígena. O método empregado para geração de alternativas nesse software foi o da tentativa e erro, que segundo Andrade et al (2011), visa produzir opções potenciais e avaliar se elas atendem as metas e as restrições impostas inicialmente.

Das alternativas estudadas, optou-se pela solução do pórtico com arcos de diferentes alturas. A modulação que melhor se ajustou à distância entre os acessos dos edifícios foi a de 70 cm entre pórticos, além da divisão de cada arco em 6 segmentos (ou nós) para o contraventamento do conjunto (Figura 5).

Posteriormente, o sistema estrutural foi avaliado no software Karamba 3D, para determinar a curvatura máxima que os elementos suportam e a resistência das suas seções. De acordo com Tedeschi (2010), esse fato ilustra uma mudança significativa do projeto paramétrico em relação ao desenho tradicional. O primeiro permite um processo associativo (fatores inter-relacionados que geram a forma), enquanto o segundo é um processo aditivo, em que a complexidade é obtida por adição de novas informações. Segundo o autor citado, o desenho (como instrumento à geração de alternativas de projeto) não permite avaliar os aspectos físicos (gravidade, comportamentos estruturais, dentre outros) que afetam e restringem as deformações da forma.

Após as análises estruturais, a solução foi, então, alterada para dois arcos curvos paralelos afastados com tarugos (pedaços de ripas) de travamento. A duplicidade dos arcos propiciou o enrijecimento da estrutura, e os tarugos, a execução de emendas nas ripas que constituem os arcos. Além disso, definiu-se que no ponto de conexão entre as ripas e os tarugos haverá um furo oblongo transpassado por um conjunto de barra roscada, arruela e porcas. O objetivo desse furo é permitir a movimentação da madeira durante o arqueamento dos pontaletes.

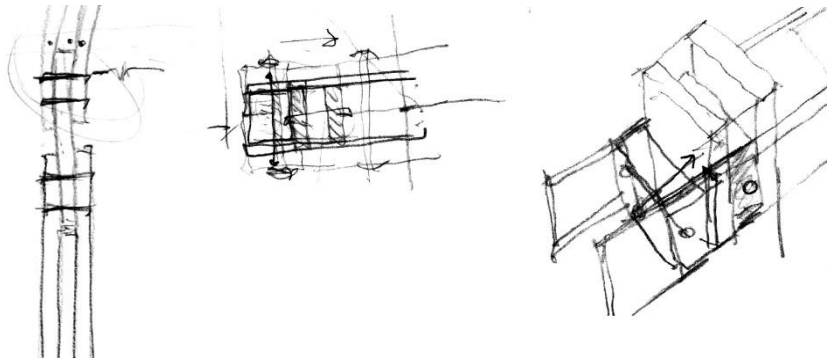
Figura 5: Modelo paramétrico (esquerda) e o seu algoritmo (direta)



Fonte: elaborado pelos autores

Como visto na explicação dos furos oblongos, a definição da forma de execução e o detalhamento da estrutura sucederam *pari passu* o processo de concepção e desenvolvimento do projeto. Averiguou-se o potencial de cada detalhe em croquis (Figura 6) e em softwares como o Sketchup.

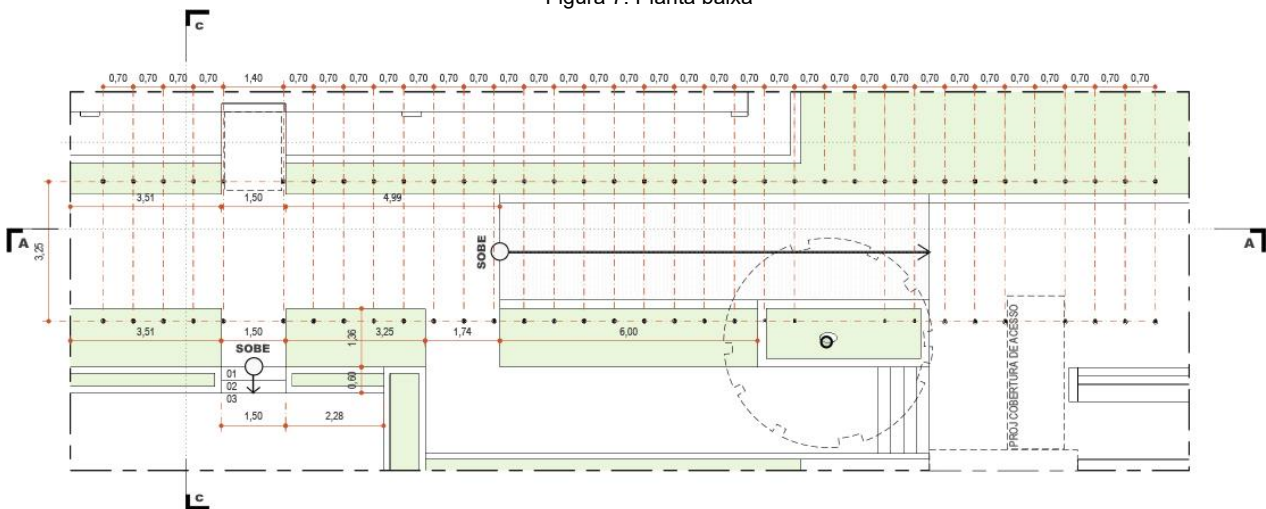
Figura 6: Croquis da conexão entre tarugo e ripa (esquerda); estudo do travamento do arco e da viga da cobertura (centro e direita)



Fonte: elaborado pelos autores

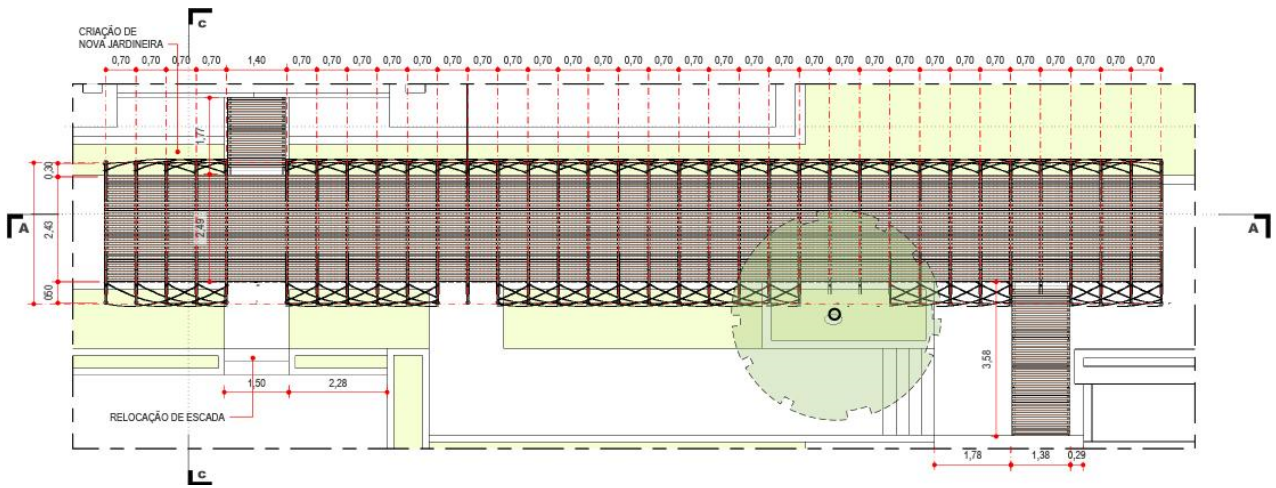
Após determinar as soluções que constituem a estrutura, passou-se à fase de elaborar os desenhos técnicos (Figuras 7, 8, 9) e as imagens para apresentação da proposta, bem como a execução de uma maquete com quatro pórticos do projeto (Figura 10)..

Figura 7: Planta baixa



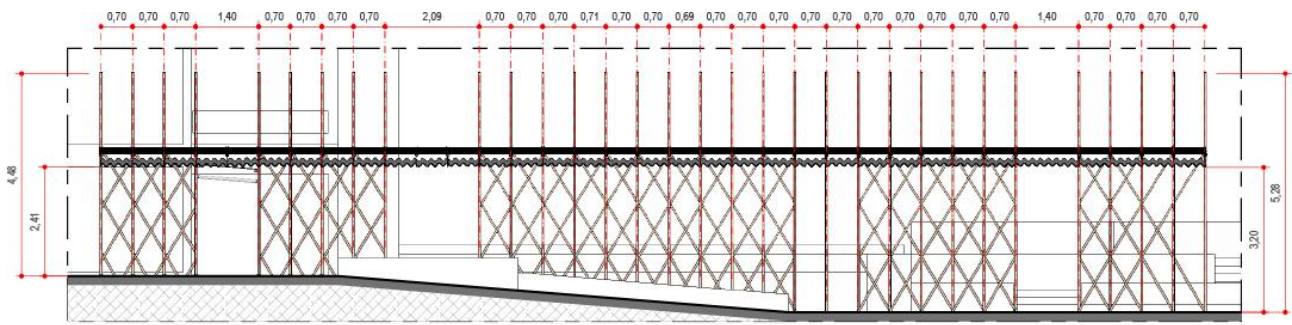
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 8: Planta da cobertura



Fonte: elaborado pelos autores

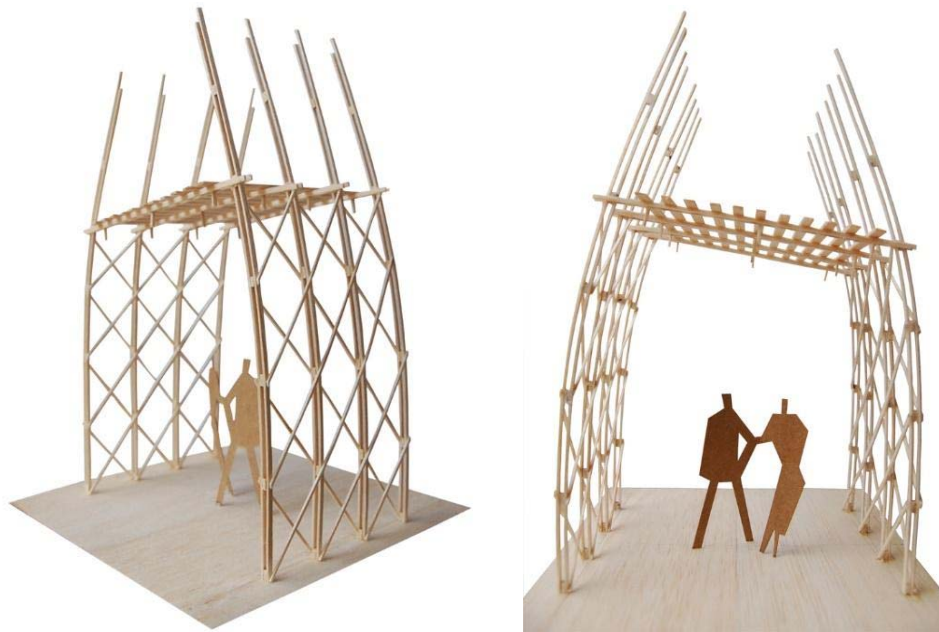
Figura 9: Corte AA



Fonte: elaborado pelos autores



Figura 10: Maquete em madeira balsa na escala 1:25 com a representação de 4 pórticos



Fonte: elaborado pelos autores

A última etapa do processo de desenvolvimento envolveu a execução do *mockup* (Figura 11) de dois pórticos, com objetivo de testar a construtibilidade desses componentes. Os teste de arqueamento realizado ratificou a eficácia dos furos oblongos e do processo de parafusamento que mantém fixa a curvatura dos pórticos. A instalação do contraventamento diagonal, por outro lado, mostrou que o comprimento do furo oblongo previsto inicialmente era insuficiente para compensar a movimentação ocasionada pela torção das ripas.

Figura 11: Montagem do *mockup*

Fonte: acervo dos autores

### *Etapas construtivas do elemento arquitetônico proposto*

A primeira etapa é a locação da obra, sobretudo os pontos da fundação e a abertura dos canteiros propostos. Com o auxílio de trados manuais, são abertos os furos que receberão as miniestacas, similares a brocas, executadas em tubos de PVC de diâmetro 100 mm e preenchidas com concreto. Na extremidade superior dos tubos, são fixados os arranques dos arcos, de modo que o nível desse componente em madeira se mantenha 10 cm acima da cota do piso existente. Ao mesmo tempo, inicia-se a pré-fabricação de todos os elementos de madeira que compõem os pórticos: pontaletes, vigas de tracionamento da cobertura, contraventamento lateral e pergolado da cobertura.

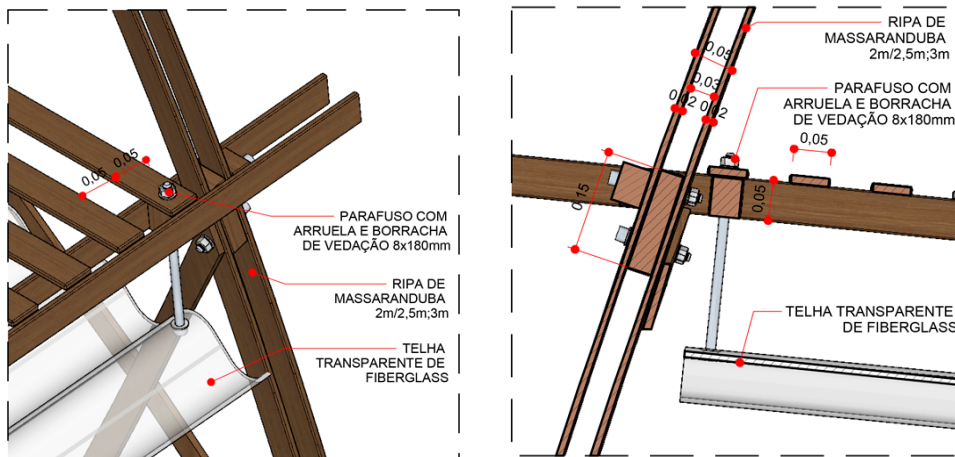
O pontalete formado por duas ripas e cinco tarugos é parafusado no arranque na posição vertical. Os dois pontaletes opostos que compõem cada pórtico (e que ainda não receberam o aperto definitivo nas porcas dos tarugos) são arqueados mediante a aplicação de esforços laterais. Apertam-se as porcas dos tarugos dos arcos e é instalada a viga de travamento da cobertura sobre os tarugos da extremidade superior de cada arco.

O próximo passo é a fixação das ripas diagonais de contraventamento dos pórticos. A ripa é inicialmente parafusada no tarugo inferior do primeiro arco e segue, fixada sempre no tarugo acima em relação ao seu anterior, na diagonal para o pórtico seguinte. A estrutura das vigas auxiliares é montada junto aos dois acessos dos edifícios.

Em seguida, as telhas em fiberglass são atirantadas por barras roscadas às vigas da cobertura (Figura 12), e o pergolado de ripas é fixado sobre essas vigas, de modo a reduzir a incidência solar direta na telha transparente. Então, aplicam-se três camadas do impregnante Stain em todos os elementos de madeira.

Por fim, realiza-se o plantio das trepadeiras (*cobretum leprosum*) entre os pórticos, obedecendo ao espaçamento de 70 cm entre as espécies. Quando crescerem, as trepadeiras se entrelaçarão às estruturas do pórtico, como previsto pelo enunciado do exercício (Figuras 13, 14 e 15).

Figura 12: Detalhes do encontro entre o arco e a viga de travamento da cobertura



Fonte: elaborado pelos autores

Figuras 13: Vista interna da passagem coberta



Fonte: elaborado pelos autores



Figura 14: Vista externa da passagem coberta, próximo ao acesso do prédio da pós-graduação



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 15: Vista externa da passagem coberta, próximo ao acesso do prédio da graduação



Fonte: elaborado pelos autores

### 3 CONCLUSÃO

A concepção do elemento arquitetônico desenvolvido para a disciplina Oficina de Projeto Computacional na aplicação Grasshopper apresentou uma alternativa aos tradicionais processos projetuais, como, por exemplo, o croqui à mão livre e a maquete. Seu benefício reside na rapidez com que formas são geradas sem que, para isso, novos modelos sejam elaborados. Além disso, verificou-se que o uso desse *software* introduz uma etapa às fases de projeto: a criação do algoritmo que proporciona a parametrização do objeto. A equipe observou que estabelecer o algoritmo impescinde da ideia prévia da forma, mesmo que esta não represente a totalidade da edificação.

A ferramenta é uma mudança de paradigma em relação aos softwares CAD convencionais, pois o processo inicial de projeto se volta mais aos parâmetros que estabelecem a forma do que o próprio desenho da forma em si. Logo, a criação de um elemento parametrizado compreende o constante reajuste do algoritmo, em que se aprende com os próprios erros da programação. Ademais, percebeu-se que os algoritmos se tornam mais complexos à medida que o projeto é detalhado, o que exige maior conhecimento de programação e tempo de desenvolvimento em relação ao modelo produzido na concepção.

Por fim, a interoperabilidade do Grasshopper com programas de cálculo estrutural é outro aspecto relevante desse processo projetual e, sobretudo, a facilidade de visualização tridimensional do comportamento da estrutura projetada.

#### 4 REFERÊNCIAS

LAWSON, Bryan. *Como arquitetos e designers pensam*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MOREIRA, Daniel; KOWALTOWSKI, Doris. O Programa Arquitetônico. In: D. KOWALTOWSKI *et al* (Org.). *O processo de projeto em Arquitetura – da teoria à tecnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011 (cap. 5).

PORTOCARRERO, J. A. B. *Tecnologia indígena em Mato Grosso: habitação*. Cuiabá: Entrelinhas, 2010.

TEDESCHI, Arturo. *AAD Algorithms Aided Design: Parametric Strategies Using Grasshopper*. Brienza Potenza: Le Penseur Publisher, 2014. WOODBURY, Robert. *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge, 2010.

#### 5 NOTAS

<sup>1</sup> A equipe foi constituída pelos discentes Nilberto Sousa, Alessio Dionisi, Clodoaldo Castro e pelo engenheiro civil Robson Ribeiro.

<sup>2</sup> Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/898097/capela-vaticano-foster-plus-partners>. Acesso em: 02 ago. 2019.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://the-new-arch.net/Articles/v03n02a07----Milena-Stavric.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2019.

**NOTA DO EDITOR (\*)** O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade do(s) autor(es).