

# COBERTURA ROTACIONADA PARAMETRIZADA: UMA PROPOSTA PARA A UFRN

*COBERTURA ROTADA PARAMETRADA: UNA PROPUESTA PARA UFRN*

*PARAMETRIZED ROTATED COVERAGE: A PROPOSAL FOR UFRN*

**DANTAS, PETTERSON**

*Mestre pelo PPA/PMA/UFRN, Professor do IFRN, e-mail: pettersson.dantas@ifrn.edu.br*

**COSTA, ADRIANO**

*Mestrando pelo PPA/PMA/UFRN, e-mail: adpierre\_@hotmail.com*

**LEITE, MANUELA**

*Mestranda pelo PPA/PMA/UFRN, e-mail: msleite.uni@gmail.com*

## RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma solução de projeto concebida a partir do uso de uma ferramenta computacional de base paramétrica, o software Rhinoceros com o plugin Grasshopper. O trabalho foi desenvolvido no contexto da disciplina Oficina de Projeto Computacional, oferecida na Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma cobertura parametrizada com o software Rhinoceros para UFRN, mais precisamente no setor IV, para o setor de Arquitetura, popularmente conhecido como "Galinheiro". Para tanto, deu-se início a buscas de precedentes projetuais aliando a isto os principais norteadores do projeto, quanto a os materiais previamente especificados, aspectos estéticos e custos orçamentários que possibilitassem a execução de acordo com o orçamento disponível e que a Universidade pudesse executar. Posteriormente encontrada a forma desejada, buscamos formas de desenvolvê-la através dos algoritmos, com matemática simples e objetiva, mas que nos desse flexibilidade nas formas através dos números de vértices, bem como variar em inclinações possíveis e adequadas. Até chegar a detalhes menores e executivos, como peças de fundação e encaixes e a produção de um quantitativo. O resultado foi uma estrutura parametrizada com materiais e acabamentos simples, mas com grande potencial estético.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cobertura; Parametrizada; Projeto.

## RESUMEN

*Este artículo presenta una solución de diseño diseñada utilizando una herramienta de computación paramétrica, el software Rhinoceros con el complemento Grasshopper. El trabajo se desarrolló en el contexto del curso Taller de Diseño de Computadoras, ofrecido en el Graduado en Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Federal de Rio Grande del Norte (UFRN). El objetivo de este trabajo fue desarrollar una cobertura parametrizada con software de rinoceronte para UFRN, más precisamente en el sector IV, para el sector de arquitectura, conocido popularmente como "gallinero". Con este fin, la búsqueda de precedentes del proyecto comenzó combinando los principales factores rectores del proyecto, así como los materiales, la estética y los costos presupuestarios previamente especificados que permitirían su ejecución dentro del presupuesto disponible que la Universidad podría ejecutar. Una vez que encontramos la forma deseada, buscamos formas de desarrollarla a través de algoritmos, con matemáticas simples y objetivas, pero eso nos daría flexibilidad en las formas a través de números de vértices, así como diferentes inclinaciones posibles y apropiadas. Incluso detalles menores y ejecutivos, como piezas de base y accesorios, y la producción de una cantidad. El resultado fue una estructura parametrizada con materiales y acabados simples, pero con un gran potencial estético.*

**PALABRAS CLAVES:** Cobertura; Parametrizado; Proyecto.

## ABSTRACT

*This work presents a design solution designed using a parametric computer tool, Rhinoceros software with Grasshopper plugin. The work was developed in the context of the course Computational Design Workshop, offered at the Graduate in Architecture and Urbanism of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN). The objective of this work was to develop a parameterized coverage with rhinoceros software for UFRN, more precisely in sector IV, for the Architecture sector, popularly known as "Chicken Coop". To this end, the search for project precedents began, combining the project's main guiding factors, as well as the previously specified materials, aesthetic aspects and budget costs that would allow the execution according to the available budget and which the University could execute. After finding the desired shape, we looked for ways to develop it through algorithms, with simple and objective mathematics, but that would give us flexibility in the shapes through the vertex numbers, as well as varying possible and appropriate inclinations. Even minor and executive details, such as foundation pieces and fittings and the production of a quantity. The result was a parameterized structure with simple materials and finishes, but with great aesthetic potential.*

**KEYWORDS:** Roof; Parameterized; Project.

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho é apresentada uma solução de projeto concebida a partir do uso de uma ferramenta computacional de base paramétrica, o *software* Rhinoceros com o *plugin* Grasshopper. O trabalho foi desenvolvido no contexto da disciplina *Oficina de Projeto Computacional*, oferecida pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

A disciplina foi constituída inicialmente por um resgate teórico sobre processos de projeto, com ênfase nas estratégias e instrumentos que diferenciam os métodos de projetos. Enquanto Mahfuz (1995) classifica os métodos como inovativo, mimético, tipológico e normativo, Kalay (2004) classifica como baseados na tentativa e erro, na satisfação de restrições, baseado em precedentes e baseado em regras. A partir da explanação sobre concepção projetual baseada em regras foi iniciada uma reflexão sobre a influência dos recursos informacionais contemporâneos na produção arquitetônica. Com base nos autores Sykes (2013) e Celani e Serez (2018) foram discutidas questões sobre o impacto dos meios digitais não somente na produção arquitetônica propriamente dita, mas também na forma de como os projetos são concebidos e na aproximação entre projeto e produção, automação e variabilidade, complexidade e precisão. Por fim, foram abordados o projeto paramétrico e a modelagem geométrica e realizada uma comparação entre o projeto convencional e o paramétrico segundo Wooburry (2010). De acordo com o autor, a modelagem convencional de projetos caracteriza-se por: facilidade de criar modelo inicial; adição de partes por *snaps*; dificuldade e alta demanda de trabalho para realizar alterações no modelo; limitação da exploração de alternativas. Já o projeto paramétrico tem por características: dificuldade de criação de modelo inicial; relacionamento entre as partes; interatividade para realização de alterações; facilidade na geração de alternativas.

Finalizada a base teórica da disciplina, foram iniciadas as aulas práticas a partir de exercícios e exploração das ferramentas do Rhinoceros e Grasshopper. Como atividade final da disciplina, foi demandada uma solução de projeto paramétrico de uma cobertura para interligar dois prédios do Departamento de Arquitetura da UFRN. Este é o projeto apresentado neste trabalho. Sua concepção foi realizada em grupo, tendo como ponto de partida as restrições estabelecidas pela equipe de professores da disciplina e pelas características do próprio local, um ambiente aberto, pavimentado, com dois níveis e uma árvore que deveria ser preservada. Além dessas restrições, os materiais a serem utilizados para execução do projeto estavam limitados àqueles constantes no cadastro de preços da universidade.

Tendo como objetivo apresentar o relato do desenvolvimento de um projeto com abordagem paramétrica com forte relação com a construtibilidade do objeto arquitetônico, este trabalho também é o registro da primeira experiência projetual de profissionais de Arquitetura e Urbanismo com uma ferramenta de modelagem paramétrica.

## 2 O PROCESSO DE PROJETO

### *Pesquisas Preliminares ao Projeto*

Para se familiarizar com soluções paramétricas para passagens cobertas, foi utilizado inicialmente o procedimento de estudo de projetos semelhantes. Desta forma, iniciou-se uma busca por projetos paramétricos executados em geral, indo posteriormente a pesquisas mais específicas por estruturas para passagem de pedestres e coberturas permanentes e itinerantes, que se mais adequassem ao tipo de necessidades de projeto a ser desenvolvido.

O primeiro projeto estudado, denominado MaoHaus encontra-se no centro de Pequim, China e foi projetado pelo escritório AntiStatics Architecture em 2017<sup>1</sup>. Trata-se de uma fachada experimental que explora o potencial dos materiais e suas qualidades performativas na arquitetura. Embora seja executada com concreto, um material rígido em seu estado final, sua estrutura apresenta um movimento expressivo, alterando, até mesmo, questões relacionadas à percepção do material por meio da forma. A fachada é composta por uma superfície ondulada e perfurada, como se fosse constituída por cobogós em tamanho reduzido, que servem para filtrar a luz. Durante o dia, o sol entra no átrio interno e, durante a noite, quando está iluminado, as aberturas formam o rosto do presidente chinês.

Outra referência para o desenvolvimento do projeto foi a estrutura Ekko, uma instalação de arte criada pelo artista alemão Thilo Frank, localizada em Jutland na Dinamarca.<sup>2</sup> A instalação é permanente e possui a forma de túnel circular composto por pórticos de madeira e aço. Ao longo do percurso, a sequência dos pórticos apresenta uma variação formal, como se fossem criados a partir da rotação gradativa do primeiro pórtico. A experiência proporcionada ao visitante está relacionada às variações presentes no projeto – o percurso curvo, a sequência de pórticos rotacionados e a variação da luz em função da hora do dia e da forma como o sol se projeta sobre os pórticos em diferentes posições.

Por fim, a última referência utilizada para aprofundar o repertório arquitetônico, foi a proposta do Pavilhão temporário Serpentine, projetado pelo Escritório BIG em 2016 e executado no Hyde Park em Londres, Inglaterra<sup>3</sup>. A edificação é constituída por blocos de fibra de vidro conectados por canaletas para criação de um pavilhão em forma de passagem sinuosa. Sua estrutura é de forma livre e ao mesmo tempo rigorosa, pois se baseia em um processo de modulação fundamentado na repetição de um único tipo de unidade constituinte. Outros contrastes explorados no projeto estão presentes nas suas fachadas. Visto do Norte e do Sul, o pavilhão apresenta fachadas com a forma de um retângulo opaco, enquanto visto do Leste e Oeste, tem uma silhueta ondulada e transparente.

### *Concepção e Atividades Relacionadas*

A concepção inicial do projeto foi desenvolvida pelos três membros da equipe de forma conjunta, tendo como base as demandas do projeto e as referências estudadas na etapa anterior. A partir daí, a equipe desenvolveu o processo de projeto por meio de três atividades básicas: definição de linguagem e concatenação de ideias, representação gráfica e croquis e programação de algoritmos, onde cada componente teve participação mais ativa em uma atividade específica ao longo do desenvolvimento.

A linguagem e concatenação de ideias teve a função de reunir as principais decisões projetuais definidas pelo grupo para o desenvolvimento do projeto e sua apresentação no final da disciplina Oficina de Projeto. Nesta etapa foi definida a linha de raciocínio para as decisões e os impasses encontrados ao longo do processo de concepção, assim como para as questões relacionadas a restrições de condicionantes locais e materiais definidos para o desenvolvimento do projeto.

A representação gráfica das ideias foi expressa inicialmente na forma de croquis, o que contribuiu para a definição da ideia da forma mais adequada às demandas levantadas e aos sistemas construtivos viáveis, na visão do grupo.

A programação de algoritmos foi a concretização de todas as etapas anteriores, na qual foi possível visualizar “a teoria virando prática” em uma aplicação dos passos precedentes. Visto que se tratou de um processo e ferramenta completamente diferente do que o grupo estava habituado a utilizar, o suporte fornecido por monitores e professores da disciplina foi essencial para finalização do trabalho de modelagem com o uso do Grasshopper.

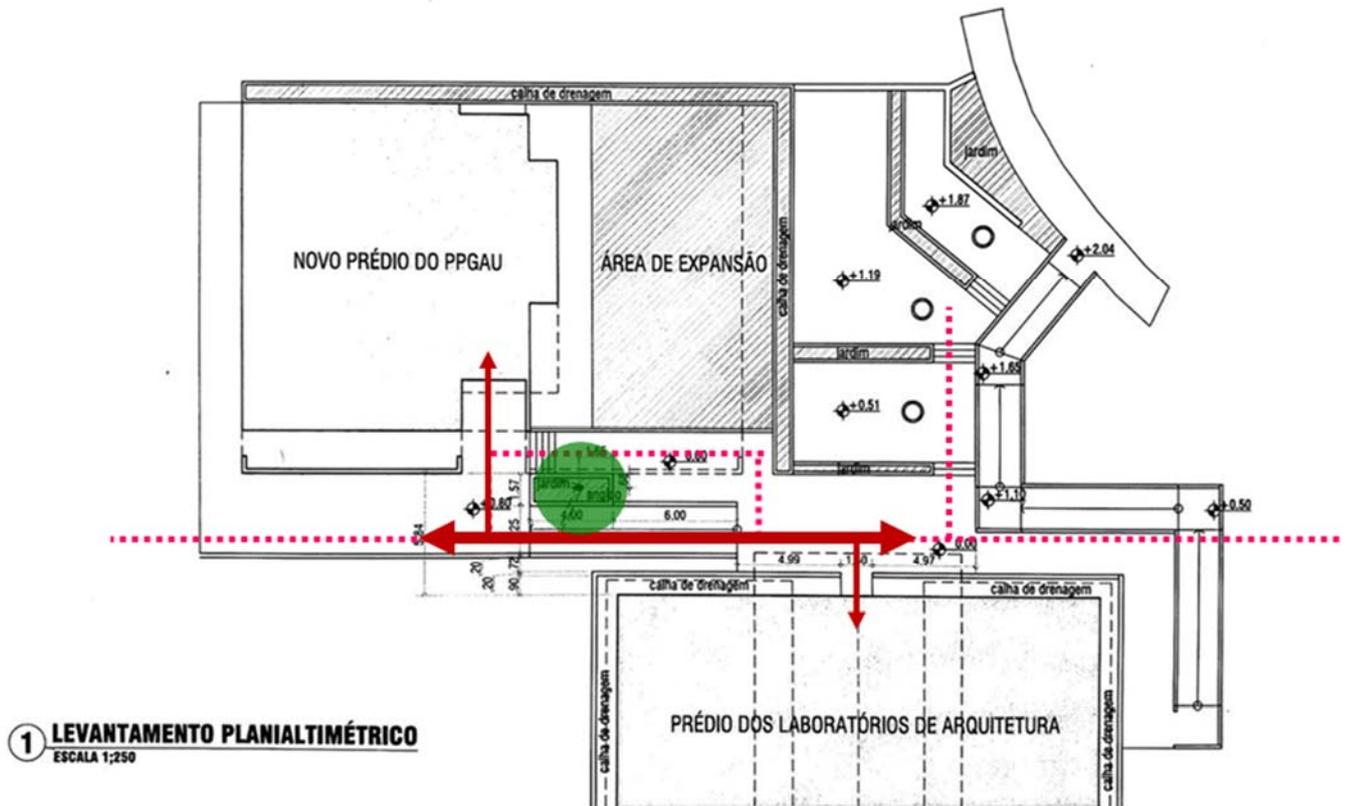
### *Adequação ao Lugar*

Quando um projeto é determinado para um lugar, inevitavelmente está condicionado a alguns de seus aspectos, como por exemplo, as dimensões do espaço em que será inserido. Neste projeto especificamente, por se tratar de uma cobertura para uma circulação marcada pela existência de uma rampa ligando dois prédios, suas dimensões gerais e a forma linear estavam claras para o grupo.

Na figura 1, pode-se perceber através das setas vermelhas, os principais fluxos dos pedestres identificados com a interligação do prédio dos laboratórios de arquitetura e o novo prédio do PPGAU por meio da rampa existente. Além disso, as linhas tracejadas indicam outros possíveis fluxos de pedestres vindos de edificações e áreas abertas adjacentes que se integram ao fluxo principal. A área circular verde diz respeito a uma árvore existente que por exigência dos organizadores da disciplina deveria ser mantida.

A partir desses elementos, o grupo justificou a escolha por uma estrutura linear cobrindo a rampa existente e se alongando até as entradas dos dois prédios, partindo-se, assim para outras definições da cobertura.

Figura 1: Implantação.



Fonte: Os autores, 2019.

### Desenvolvimento da ideia

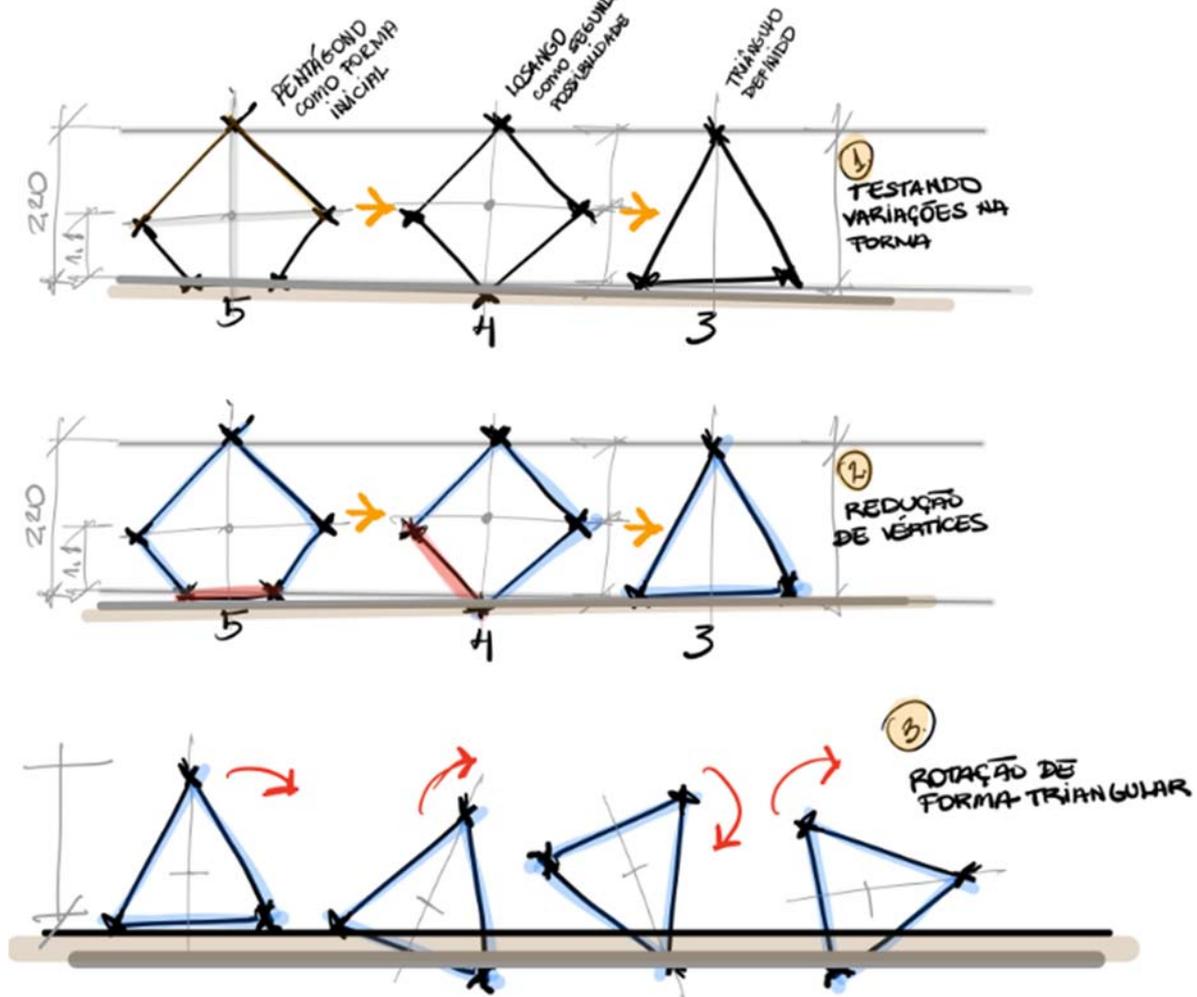
O grupo teve como principais aspectos norteadores para o desenvolvimento da ideia: questões construtivas relacionadas ao material disponível, estética, melhor aproveitamento de telhas na cobertura e custo geral da execução. A solução do projeto se baseou na definição de uma figura geométrica repetida ao longo do percurso para ser utilizada como pórtico de madeira para fixação e suporte das telhas. Com isso, foram testadas algumas possibilidades de figuras inscritas em uma circunferência de 2.20m de raio e com o centro elevado 1.35m do solo. Foi aplicado um efeito de rotação gradativa nos pórticos de forma que a diferença na posição de uma peça para a outra fosse de cerca de 1.5°.

Visto que o programa é muito prático para a realização de testes foram testados três perfis (Figura 2). A primeira figura geométrica testada como pórtico foi um pentágono, seguido por um quadrilátero. Ambos foram descartados porque em determinado ponto da cobertura com a rotação aplicada invariavelmente passava a existir um formato de duas águas e uma cumeeira, aspecto indesejado pelo grupo. Além disso, verificou-se maior dificuldade de instalação das telhas e necessidade de algumas peças de arremate.

Após algumas variações entre quantidade maiores e menores de vértices, percebeu-se que a forma mais simples, o triângulo, resultava na melhor forma para a estrutura. Utilizando-se dois lados como pilares e apenas um lado para instalação das telhas, anulou-se a existência da cumeeira, o que facilitou tanto a adequação das telhas, quanto reduziu o consumo de material. A cobertura de uma água conciliou vários

aspectos da proposta. Facilitou a fixação das telhas, reduziu a quantidade de cortes das próprias telhas e das peças de madeira utilizadas para os pórticos, além de satisfazer esteticamente ao grupo.

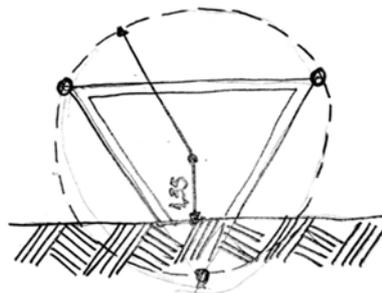
Figura 2: Representação das variações na concepção.



Fonte: Os Autores, 2019.

Assim ficou definido que o pórtico estruturante da cobertura teria a forma de um triângulo equilátero circuncentro estaria situado a 1.35m acima do nível do solo (Figura 3), constituído por barrotes de madeira com dimensões de 3" x 8", com distância de 70cm entre eles e com uma rotação aplicada de 1.3° entre um e outro.

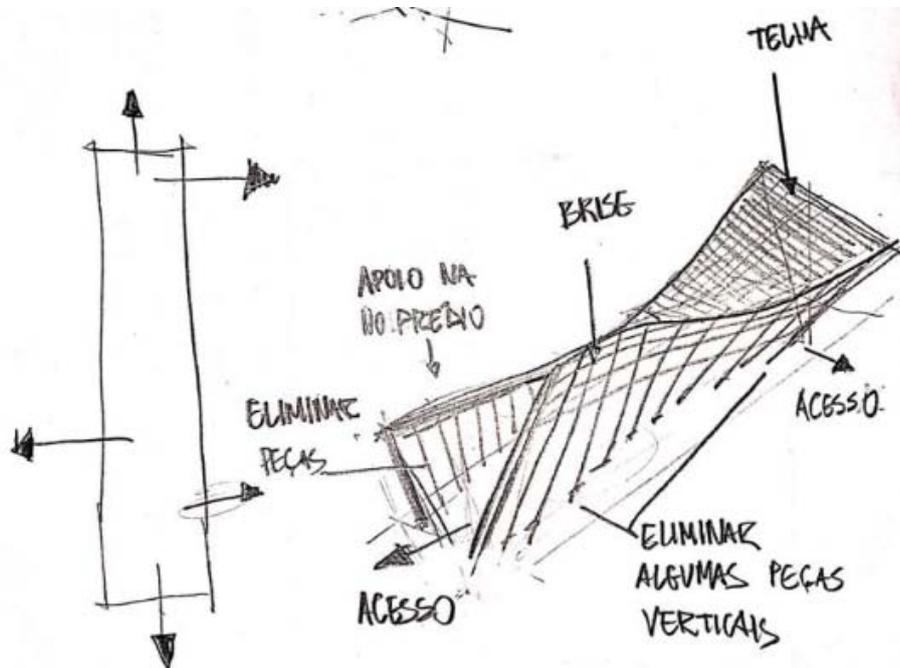
Figura 3: Perfil escolhido para pórtico.



Fonte: Os Autores, 2019.

Em alguns trechos, a cobertura estava encostando no prédio dos Laboratórios de Arquitetura, utilizando a própria edificação como apoio para aumentar a rigidez da estrutura. Para permitir acessos laterais, foi planejada a retirada peças de alguns pórticos (Figura 4).

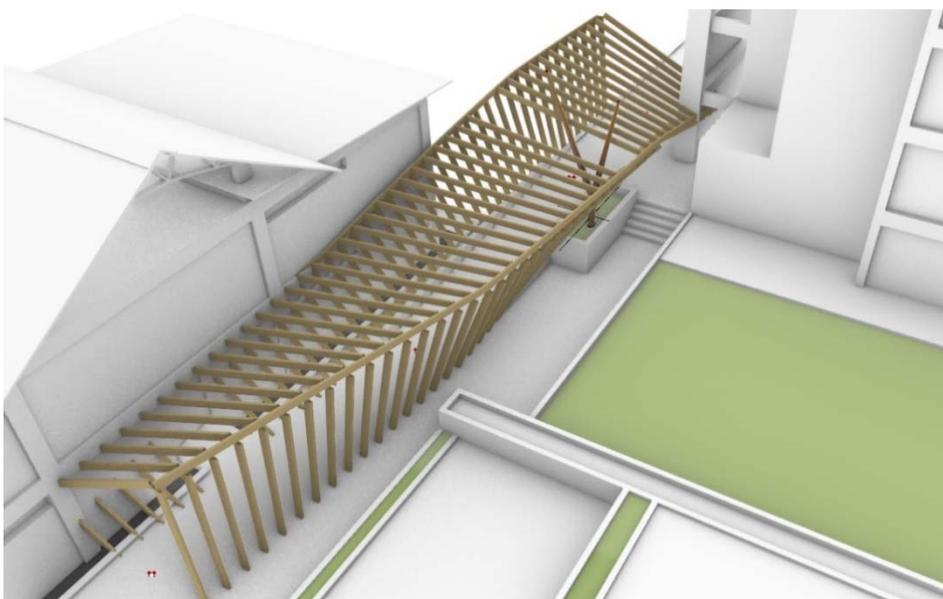
Figura 4: Concepção geral da cobertura.



Fonte: Os Autores, 2019.

A estrutura gerada foi apresentada em sala de aula aos professores convidados, que identificaram problemas que necessitavam de mais atenção da equipe: a necessidade de uma calha nos dois edifícios, visto que o caimento da passagem coberta seguia em direção à parede do prédio dos Laboratórios de Arquitetura; e o espaço entre pórticos que estava de 60cm poderia transmitir uma sensação de confinamento aos usuários.

Figura 5: Primeira proposta apresentada.



Fonte: Os Autores, 2019.

Para solucionar os problemas indicados pela banca de docentes, foi aplicado um comando de espelhamento (*mirror*) ao triângulo inicial, para que a queda de água ficasse para o sentido oposto e foi aumentado o espaçamento entre os pórticos de 60cm para 90cm, reduzindo a sensação de confinamento e permitindo o usuário sair e entrar embaixo da cobertura ao em vários pontos (Figura 6).

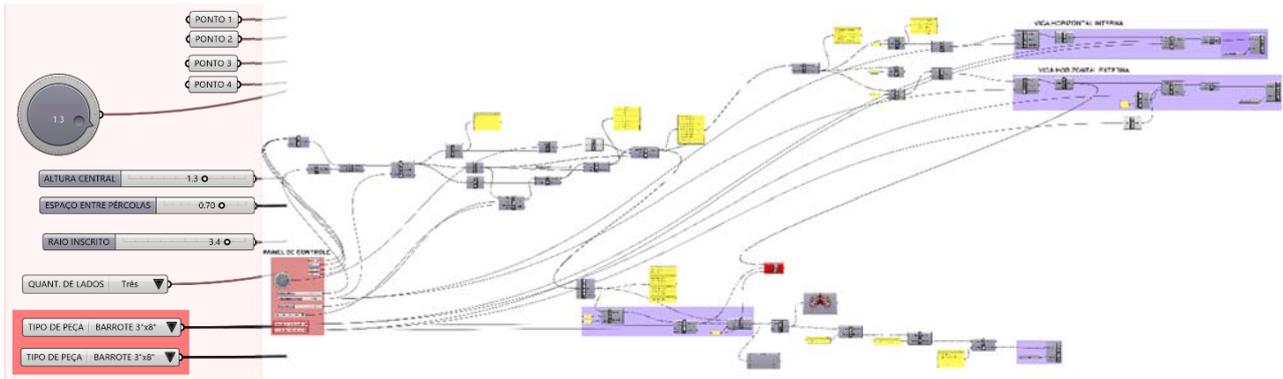
Figura 6: Imagens da solução finalizada.



Fonte: Os Autores, 2019.

Durante a programação e após a aplicação de diversas transformações no Grasshopper, foi necessária a construção de um painel de controle para identificação imediata dos campos de variação. Isto facilitou bastante a simulação de alternativas e deixou a área de trabalho mais didática para a operação dos componentes do grupo (Figura 7).

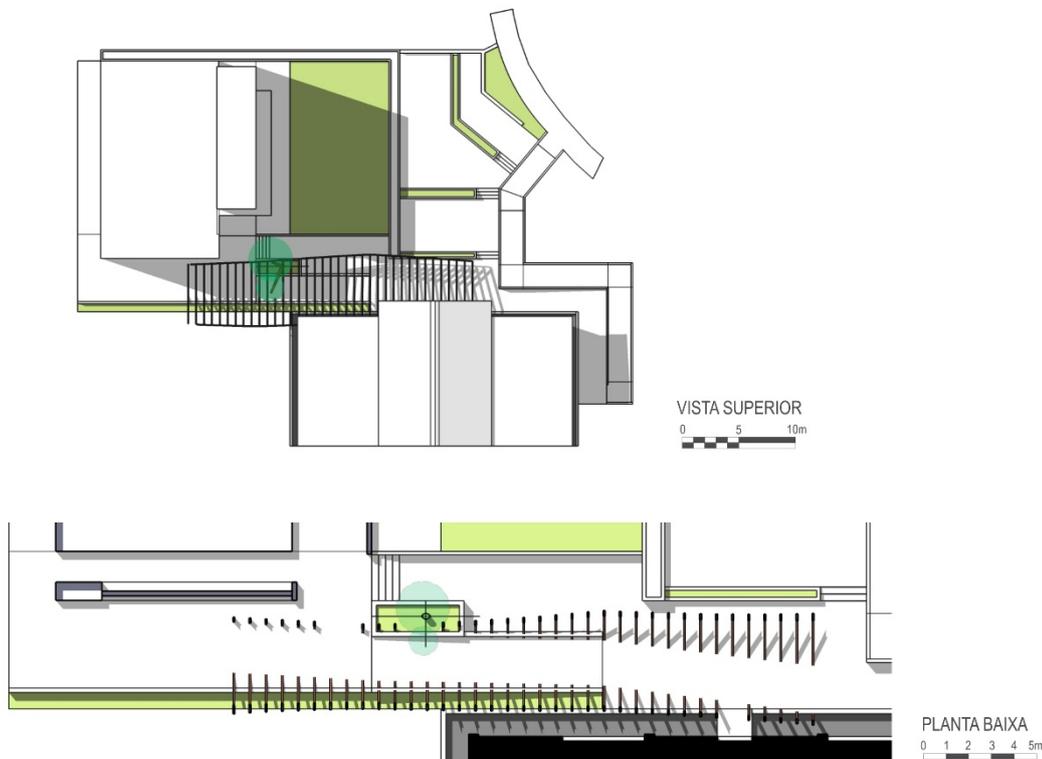
Figura 7: Área de trabalho após programação com destaque para painel de comandos criado.



Fonte: Os Autores, 2019.

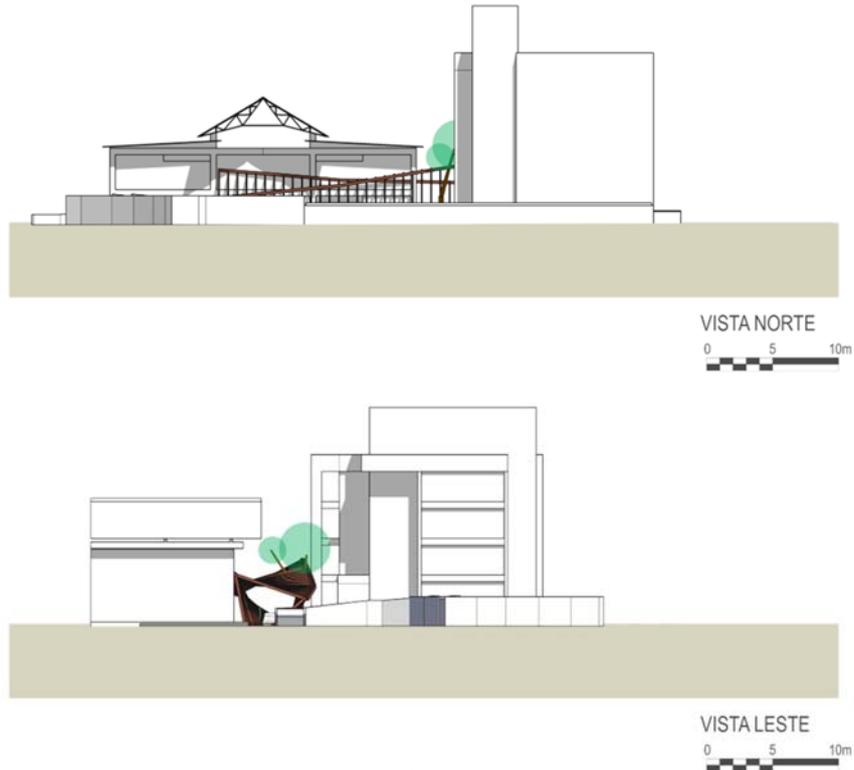
Com o encerramento da parte de programação com o emprego do Rhinoceros e Grasshopper, o arquivo foi exportado para o Revit para geração da documentação típica de projeto composta por plantas, cortes e fachadas (Figuras 8 e 9).

Figura 8: Documentação de projeto gerada – vista superior e planta baixa.



Fonte: Os Autores, 2019.

Figura 8: Documentação de projeto gerada – vistas Norte e Leste.

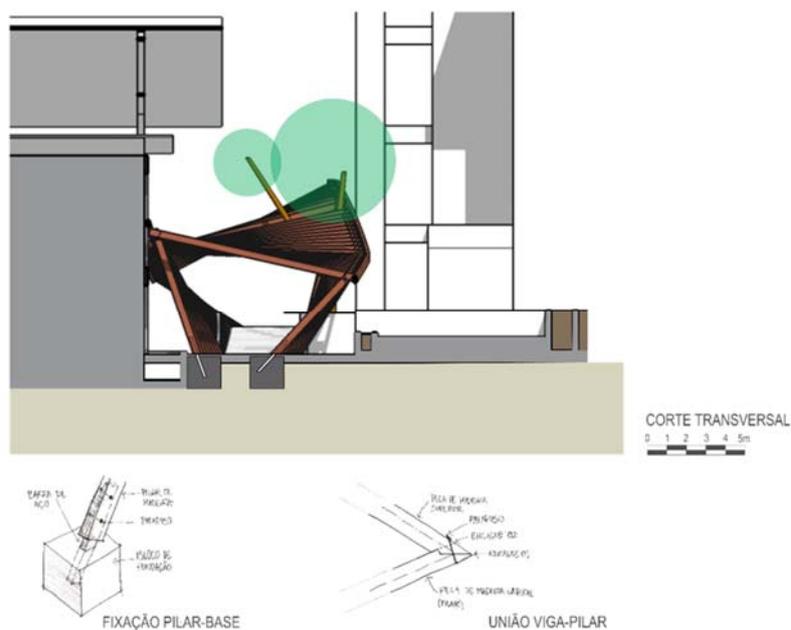


Fonte: Os Autores, 2019.

Os quantitativos foram extraídos facilmente com uso da ferramenta de tabelas no REVIT. O orçamento do material de madeira foi realizado com base no custo fornecido em tabela de R\$100,00 um barrote de 3" x 8" com comprimento de 6m.

Foram pensados ainda alguns detalhes construtivos (Figura 10), como encaixe de uma peça na outra da estrutura triangular, como funcionaria a fundação de cada pérgola e como seria seu encaixe no piso, mesmo não tendo sido possível, em virtude do tempo, se chegar ao nível de detalhamento da emenda entre essas estruturas.

Figura 8: Documentação de projeto gerada – corte transversal.



Fonte: Os Autores, 2019.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta experiência de projeto paramétrico possibilitou aos arquitetos do grupo o contato com uma ferramenta nova, que pode auxiliar na geração de projetos com formas complexas, trazendo impactos no produto e no processo de projeto.

Com este projeto, percebeu-se como principal vantagem da modelagem paramétrica em relação à convencional, a possibilidade de testar alternativas de forma mais ágil, sem retrabalhos em torno de uma forma que pode comprometer toda a estrutura, permitindo um projetar mais livre e algumas vezes inesperado mas que se adequa bem aos condicionantes, por estar passível de alterações segmentadas.

Acredita-se que essa fluidez da forma venha através da possibilidade de criar variações ou multiplicidades por meio de elementos como: vértices, adições, subtrações ou rotações de forma rápida, com a programação, e associar aos dados paramétricos a representação gráfica sendo visualizada concomitantemente. Entendendo que para cada projeto algumas destas variantes podem criar problemas e outras solucionar problemas, conduzindo assim a decisão da melhor forma a ser adotada a partir de condicionantes projetuais estabelecidos pelos projetistas.

### 4 REFERÊNCIAS

- CELANI, G.; SEDREZ, M. *Arquitetura Contemporânea e automação: prática e reflexão*. São Paulo: ProBooks, 2018.
- KALAY, Yehuda. *Architecture's New Media: Principles, Theories and Methods of Computer–Aided Design*. Cambridge: Mit Press, 2004.
- MAHFUZ, Edson da Cunha. *Ensaio sobre a razão compositiva: uma investigação sobre a natureza das relações entre as partes e o todo na composição arquitetônica*. Belo Horizonte: UFV, 1995.
- SYKES, A. K. (org.). *O Campo Ampliado da Arquitetura: antologia teórica (1993-2009)*. São Paulo: Cosac Naify, 2013.
- WOODBURY, R. *Elements of Parametric Design*. New York: Routledge, 2010.

### NOTAS

- <sup>1</sup> <https://www.archdaily.com.br/br/912927/maohaus-antistatics-architecture>
- <sup>2</sup> <https://www.dezeen.com/2012/10/29/ekko-installation-by-thilo-frank/>
- <sup>3</sup> <https://www.archdaily.com.br/br/790840/arquivo-serpentine-pavilion-ao-longo-dos-anos>

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