

editorial
editorial

entrevista
interview

ágora
agora

tapete
carpet

artigo nomads
nomads paper

projetos
projects

expediente
credits

próxima v!rus
next v!rus

V!19

issn 2175-974x | ano 2019 year

semestre 02 semester



Cynthia Marconsini é Arquiteta e Urbanista, e Doutora em Arquitetura. É professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Cidade da Universidade de Vila Velha, onde coordena o grupo SCP - Sistemas Contemporâneos de Projeto. Desenvolve e orienta pesquisas sobre métodos de design, arquitetura performativa, habitação e cidade, qualidade do espaço urbano, complexidade e ensino de arquitetura.

Leandro Conradt é Arquiteto e Urbanista. Estuda arquitetura generativa e performativa no grupo de pesquisa SCP - Sistemas Contemporâneos de Projeto, da Universidade de Vila Velha.

Como citar esse texto: MARCONSINI, C.; CONRADT, L. Ensaio de projeto performativo para pavilhão. **VIRUS**, São Carlos, n. 19, 2019. [online]. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/_virus19/?sec=7&item=1&lang=pt>. Acesso em: 13 Dez. 2019.

ARTIGO SUBMETIDO EM 18 DE AGOSTO DE 2019

Resumo

O presente trabalho discute sobre os processos digitais no projeto de arquitetura. Reflete sobre a colaboração das ferramentas de modelagem generativa, integradas à análise de performance, para a construção da informação no processo de projeto. O trabalho apresenta um ensaio projetual, realizado no âmbito da pesquisa conduzida no grupo SCP - Sistemas Contemporâneos de Projeto (www.gruposcp.org), dedicado ao desenvolvimento de um pavilhão de uso multifuncional para uso público, inserido em um vazio urbano da cidade de Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. A pesquisa buscou explorar as possibilidades metodológicas do projeto generativo e performativo para estabelecer diálogos digitais entre a concepção formal e as informações pré-existentes no contexto — sociais, culturais, ambientais — através de processos explícitos e integrados. O método inclui o uso das programas computacionais *Revit Architecture* para modelagem do entorno; *Rhinoceros* e *Grasshopper* para modelagem generativa; *plug-in DIVA for Grasshopper* e *Kangaroo* para análise de performance integrada à concepção; e o *plug-in Galapagos* para aplicação de algoritmos evolutivos no processo de formação. O método possibilitou a otimização da forma em função dos condicionantes locais e das variáveis de performance, automatizando processos e reduzindo tempo de projeto. O projeto mediado pelos programas digitais colaborou para processos de conhecer-na-ação e refletir-na-ação, nos quais o conhecimento explícito, obtido no ato do fazer, realimenta o processo, permitindo teste, análise e ajuste no ato da concepção.

Palavras-chave: Projeto digital, Projeto generativo, Projeto performativo, Algoritmo

1 Processos digitais no projeto de arquitetura: projeto generativo e performativo

No projeto de arquitetura, os processos digitais permitem novas oportunidades para exploração conceitual e formal, articulando morfologia arquitetônica às propriedades adaptativas da forma. Oxman (2006) nomeia “projeto digital” o processo de formação do objeto altamente mediado pela tecnologia digital. Para a autora, a evolução do projeto digital como campo de atividade e produtor de classes exclusivas de projeto é um fenômeno que se estabelece nas últimas décadas. Importantes contribuições relativas à pesquisa e prática em projeto digital têm sido elaboradas nas últimas décadas (KOLAREVIC, 2003, KOLAREVIC; MALKAWI, 2005; KOLAREVIC; KLINGER, 2008; KOLAREVIC; PARLAC, 2015; OXMAN, 2006, 2008a, 2008b; OXMAN; OXMAN, 2010, 2014).

Métodos contemporâneos de projeto exploram a complexidade e a transformação da forma, integrando ferramentas de análise de performance e mecanismos generativos. As formas, geradas digitalmente em processos paramétricos e generativos, são programadas por algoritmos. Esses informam regras e procedimentos lógicos, possibilitando integrar, de forma explícita, a concepção formal aos condicionantes de projeto e variáveis de performance.

Para Kolarevic (2003), a contribuição das ferramentas digitais nos projetos arquitetônicos redefine expectativas da construção, seus processos e práticas. Os processos digitais, na concepção arquitetônica, superam as simples possibilidades de representação e visualização e evoluem para processos de morfogênese digital, nos quais a ferramenta é utilizada para gerar a forma a partir de uma lógica interna computacional. Esses processos, altamente interativos, constroem informações que retroalimentam o ato projetual¹. Permitem ainda integrar, explicitamente, informações do contexto e variáveis de performance, nos processos de geração e análise da forma.

No projeto generativo o arquiteto interage com o mecanismo generativo e não com o modelo em si e as formas são decorrentes de processos generativos pré-formulados. Nesse processo, a interação é primordial. Através de módulos de interação, o projetista controla e escolhe a melhor solução. Para Oxman (2006), a habilidade dos modelos digitais em estabelecer maior conexão entre concepção e materialização possibilita, também, maior profundidade de contextualização e performance. Mais do que qualquer outro conceito, entender e acomodar a complexidade parece ser uma das características fundamentais do projeto digital. A autora aponta para o fato de que essa transformação, no processo de projeto, contribuiu para o surgimento de novos papéis para o arquiteto, inclusive como construtor de ferramentas.

No projeto digital é possível gerar e transformar a forma, bem como simular comportamentos, integrando o processo de formação às variáveis de performance. Nesse processo, denominado “projeto baseado na performance” (OXMAN, 2008a) e “arquitetura performativa” (KOLAREVIC; MALKAWI, 2005), a geração da forma é condicionada à atuação de forças externas (forças ambientais, movimentos, sítio, programa) que informam a lógica da programação algorítmica. A performance é, ao mesmo tempo, o determinante e o método para a criação da forma. Para Oxman o “projeto baseado na performance” é uma “abordagem na qual a performance do edifício se torna o fator de orientação no projeto” (OXMAN, 2008a, p. 4, tradução nossa).

Segundo Oxman (2008) e Oxman (2010) a tecnologia digital possibilita uma nova ordem para o projeto e a construção. As disponibilidades tecnológicas de modelagem e simulação digital possibilitam, à arquitetura contemporânea, novos modelos de trabalho entre arquitetos e engenheiros e novas categorias de projeto, que os autores denominam “design engineering”. Esses modelos são caracterizados como altamente colaborativos e retroalimentados, nos quais a interação entre arquitetos e engenheiros ocorrem nas fases iniciais de projeto e definição da forma.

O uso de informações na modelagem digital, muda a ênfase projetual de “criação da forma” para “busca da forma”. As informações que orientam o processo de formação possibilitam transformações complexas vinculadas ao gerenciamento de performance. A atenção se volta não somente à geração de formas complexas, mas principalmente à possibilidade de gerar formas que podem se transformar e dialogar com contextos sociais, culturais, econômicos e ambientais, através de processos explícitos e integrados.

2 Conhecer, refletir, transformar na ação

Processos tradicionais de projeto estão pautados no conhecimento implícito, uma vez que não é possível formalizar a avaliação sobre aquilo que se concebe. Estão, em geral, associados à criatividade e intuição. No

projeto digital o conhecimento é explícito, e as decisões são mediadas pelas respostas obtidas no uso das ferramentas digitais. Este processo, retroalimentado pela informação e aprendizagem no fazer, colabora para os processos de “conhecer-na-ação” e “refletir-na-ação”, preconizados por Schön (2000).

Para Schön, as “zonas indeterminadas da prática”, ou seja, aquelas que apresentam muitas variáveis, incerteza e conflitos de valores, são as que mais se apresentam na prática profissional. São situações únicas que escapam de soluções técnicas lineares e acomodam problemas sistêmicos, caóticos e indeterminados (SCHÖN, 2000, p. 17). Para o autor, nas zonas indeterminadas, as ações inteligentes são conduzidas pelo conhecimento tácito - aquele que é gerado no fazer - em um processo denominado “conhecer-na-ação” e “refletir-na-ação”.

Schön argumenta que o conhecimento adquirido na ação é por vezes difícil de ser descrito (como andar de bicicleta, por exemplo), mas que, através do exercício de observar e refletir sobre as ações, é possível elaborar uma descrição sobre o saber tácito que nelas está implícito. “Qualquer que seja a linguagem que venhamos a empregar, nossas descrições do ato de conhecer-na-ação são sempre construções [...] o processo de conhecer-na-ação é dinâmico, e os ‘fatos’, os ‘procedimentos’ e as ‘teorias’ são estáticos” (SCHÖN, 2000, p. 31).

O ato de “conhecer-na-ação” envolve outro ato que acontece simultaneamente: a “reflexão-na-ação”. O conhecimento adquirido através da experiência contém certos elementos surpresas, que ocorrem em desacordo com as expectativas e que levam à “reflexão-na-ação”. O ato de refletir sobre a ação não necessariamente ocorre após a ação, de modo que não se possa mais agir sobre ela, mas durante a ação, onde “nosso pensar serve para dar nova forma ao que estamos fazendo, enquanto ainda o fazemos” (SCHÖN, 2000, p. 32).

O processo de “conhecer-na-ação” e “refletir-na-ação” é um processo de tentativa e erro, muito comum em processos de projeto. É um processo dinâmico, que envolve contínuas detecções e correções de erros através da experiência. Para Schön, as tentativas não são aleatórias, mas relacionam-se umas com as outras. “A reflexão sobre cada tentativa e seus resultados prepara o campo para a próxima” (SCHÖN, 2000, p. 33).

Esse processo de conhecimento, investigado por Schön, descreve-se através de um sistema cibernético², organizado pela informação (obtida na experiência do “conhecer-na-ação”), detecção e ajuste (pela “reflexão-na-ação”), em um ato dinâmico e interativo, que envolve processos de retroalimentação (MARCONSINI, 2012).

O trabalho de Schön é apontado por Oxman (2006) como um fundamento importante em modelos de projeto digital, sobretudo pela reflexão do autor para a centralidade assumida pelo designer e sua ação, enfatizando a interação entre o designer e a representação do problema, e caracterizando o processo como recepção (percepção), reflexão (interpretação) e reação (transformação). Para Oxman, essa terminologia conceitual do projeto como “interação com a mídia visual” para “informar o projeto futuro” é extremamente relevante em modelos de projeto digital e ressalta a centralidade assumida pelo designer, que controla o processo digital (OXMAN, 2006, p. 241, tradução nossa).

3 Desenvolvimento

O ensaio projetual objetivou explorar as possibilidades metodológicas da arquitetura generativa e performativa na concepção de um pavilhão, inserido em um vazio urbano da cidade de Vila Velha, Espírito Santo, destinado a atividades multifuncionais de cultura e lazer. O método para a concepção formal utilizou modelos digitais generativos, nos quais a lógica dos algoritmos estabelece diálogos explícitos entre a forma, os condicionantes locais e variáveis de performance.

O terreno escolhido fica localizado no bairro Ilha dos Ayres em Vila Velha, Espírito Santo, Brasil e possui 8.279m² com 350m de extensão e uma largura de 42m (Figura 1). De propriedade da prefeitura municipal, compõe um canteiro central ocioso, amplo e largo, resultante das obras das novas vias previstas no Projeto Corredor Bigossi, planejado pela prefeitura em parceria com o Governo do Estado, com a premissa de otimizar a mobilidade urbana (OBRA, 2007). Insere-se em um contexto onde o uso do solo é predominantemente residencial e abriga em suas proximidades instituições e projetos de assistência social.

Apesar da proximidade e conexão com importantes vias, shoppings, instituições, terminal rodoviário e hospitais, o Projeto Corredor Bigossi operou com grande número de desapropriações, acarretando problemas de complexidades distintas. Este longo canteiro central, vazio e ocioso foi escolhido para implantação de um pavilhão de uso multifuncional, que possibilitasse apropriações distintas para a área subutilizada.



Fig. 1: Vista aérea da área de intervenção. Fonte: Google Earth, 2019.

O levantamento de dados sobre o terreno incluiu mapeamentos, imagens, fotografias e visitas locais, observando fluxos e usos em dias da semana e horários distintos (Figura 2). As informações coletadas sobre os pontos nodais, as vias de fluxo intenso, a travessia e as permanências de pedestres orientaram a programação dos algoritmos e sistemas generativos no processo de projeto.

O canteiro central possui uma apropriação espontânea e não planejada pelos moradores locais, sendo utilizado de forma mista pela população, abrangendo todas as faixas etárias. Nos dias úteis, percebe-se um fluxo intenso de veículos, principalmente nos horários de pico. Pela manhã, no fim da tarde e nos fins de semana o local é utilizado para atividades espontâneas de lazer. Apesar dos usos presentes, devido à baixa densidade e pouca oferta de atividades comerciais, o local apresenta baixa vitalidade urbana, com baixo movimento de pedestres. Encontrando-se em um contexto urbano essencialmente residencial, o local está sujeito a rápidas transformações, que podem modificar a paisagem, em função do possível aumento de densidades construtivas e variedade de usos, quando o projeto de mobilidade Corredor Bigossi estiver concluído.

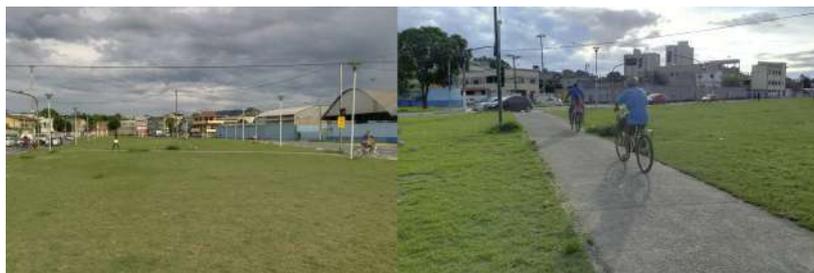


Fig. 2: Apropriações espontâneas da área de estudo. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

Os pontos mapeados apresentam os usos espontâneos que ocorrem no vazio. No mapa (Figura 3), as atividades estão relacionadas ao uso esportivo (1); à passagem de pedestres (2); às brincadeiras infantis (3), à passeio com animais (4); e ao uso de atividades físicas como a caminhada (5). As informações coletadas foram sintetizadas em mapas e diagramas, identificando os principais condicionantes do local: hierarquia viária, ciclovias, usos e ocupações, fluxos de pedestres, infraestrutura urbana, vazios e edificações, altura dos edifícios e condicionantes ambientais (Figura 4).

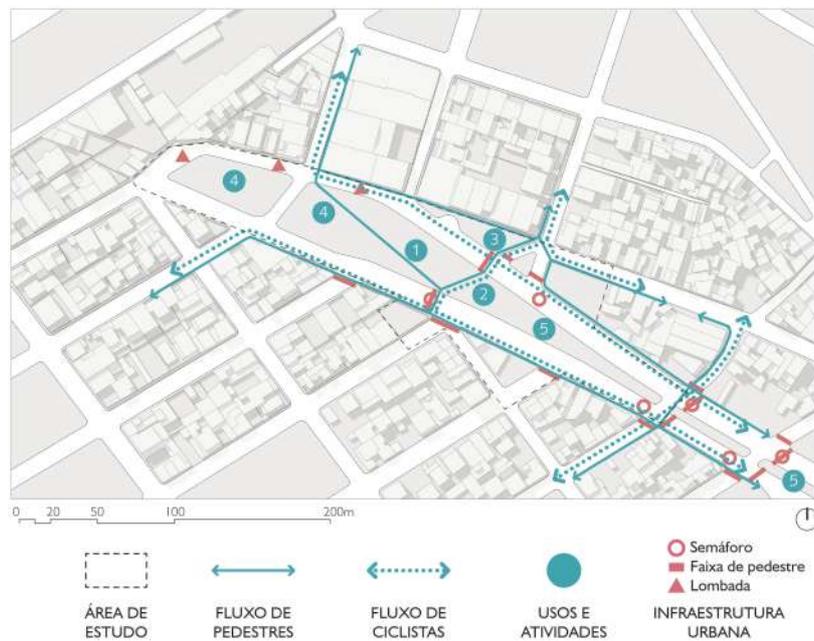


Fig. 3: Mapeamento de fluxos de pedestres, fluxos de ciclistas, usos e atividades espontâneas. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.



Fig. 4: Mapeamento dos condicionantes locais. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

3.1 Programação e ferramentas

Para a definição da volumetria do pavilhão, a diretriz geradora, que conduziu a concepção projetual, foi priorizar o pedestre e possibilitar experiências diversas relacionadas à vivência comunitária. Partindo dessa premissa, buscou-se atender alguns condicionantes para o estudo volumétrico: fluxos de pedestres, usos e ocupações, conforto ambiental, espacialidade, estrutura e materialidade. Esses condicionantes foram incorporados com algum grau de força ou interferência no processo de concepção, implicando de modo responsivo a volumetria do pavilhão.

O pavilhão foi organizado em três volumes: pavilhão principal, pavilhão anexo e passarela de pedestres. A setorização define os territórios de uso, planejados para abrigar as atividades predominantes no local e estimular novos usos, colaborando para maior apropriação e permanência do pedestre: eventos comunitários, quiosques, feira livre, esportes, atividades físicas, espaços de permanência, convívio, playground, academia popular, pista de skate, horta comunitária. Em função do alto fluxo de veículos ao redor do terreno propõe-se uma passarela para travessia de pedestres, ampliando as conexões entre o terreno e as vias que o circundam (Figura 5).

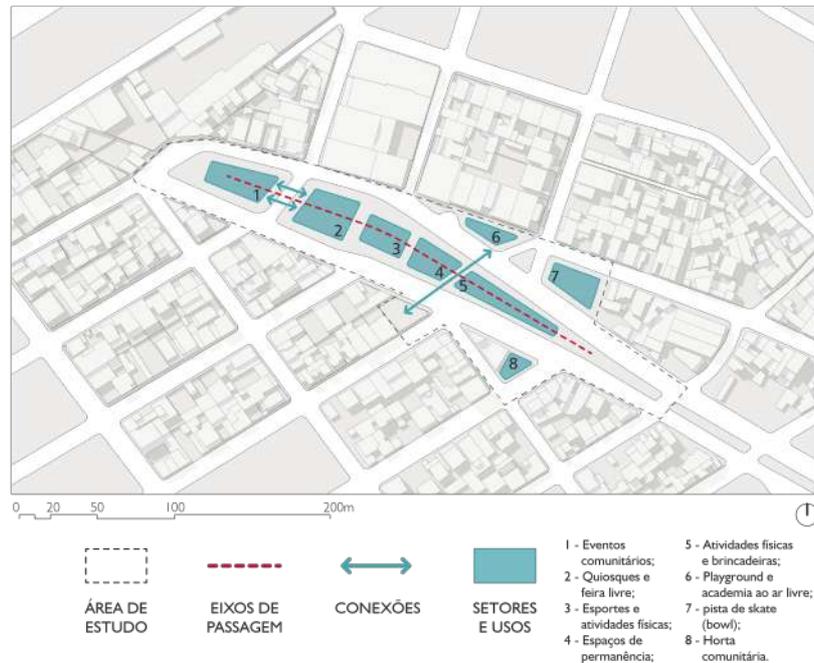


Fig. 5: Mapa com planejamento dos territórios de usos, em função das atividades espontâneas observadas e atividades potenciais. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

O entorno foi modelado no software Revit Architecture e importado no software Rhinoceros 3D (Figura 6), juntamente com os diagramas de representações gráficas e vetoriais sobre a análise do contexto, apresentando elementos bases para programar a forma. Foi criada uma geometria sintética dos limites dos afastamentos, localização de atividades esportivas e o fluxo de travessia principal.

Partindo dos elementos base, foram programados códigos generativos no software Grasshopper, para cada composição construtiva: o pavilhão principal, o pavilhão anexo, a passarela de pedestres e a paginação de piso.



Fig. 6: Base importada para *software Rhinoceros* para construção dos algoritmos. Fonte: autores, 2018.

A vantagem dos sistemas generativos está na possibilidade de usar fontes de informações distintas para obter melhor resultado. Porém, quanto maior é a informação gerenciada, mais demorado e lento ficará o processamento. Pelas limitações de *hardware*, equipe e tempo, a concepção dos códigos foi dividida em etapas.

Cinco códigos foram organizados no fluxo de programação, para a concepção formal e avaliação de performance (Figura 7). O código 01 define o pavilhão principal; o código 02 gerencia a volumetria e estrutura da passarela; o código 03 faz análise de insolação sobre a volumetria do pavilhão, auxiliando a escolha dos materiais, otimizada a partir do UDI (*Useful Daylight Illuminance*); o código 04 gerencia a volumetria do pavilhão anexo; o código 05 define a paginação da pavimentação.

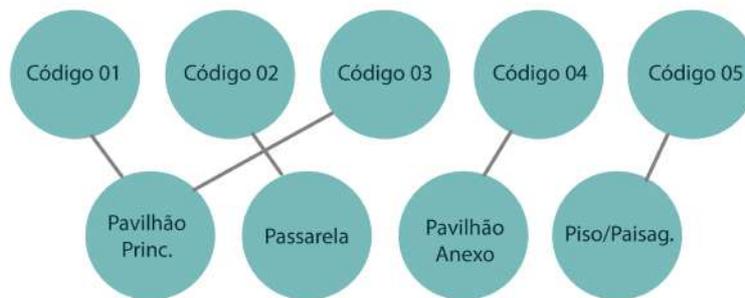


Fig. 7: Diagrama com fluxo de Programação no *Grasshopper*. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

Para simulações de radiação solar e iluminação natural foi utilizado o *software DIVA for Rhino*³. O DIVA é um *plug-in* de modelagem de energia e iluminação natural otimizado para *Rhinoceros* e *Grasshopper*. Foi desenvolvido inicialmente na *Graduate School of Design at Harvard University* e é distribuído por Solemma LLC. Permite avaliações de desempenho ambiental de edifícios, ambientes urbanos, incluindo mapas de radiação, renderizações fotorrealísticas, análises métricas de iluminação natural baseada em arquivos climáticos, análise de ofuscamento e análises energéticas.

A simulação da estrutura e o padrão dos painéis foram desenvolvidas no *plug-in Kangaroo*, desenvolvido por Daniel Piker. *Kangaroo*⁴ é um mecanismo *Live Physics* para simulação interativa, busca da forma, otimização e solução de restrições. Essa ferramenta foi utilizada para incluir as informações dos fluxos e usos na geração da forma, operando em duas situações distintas. A primeira operação cria a superfície principal e determina o padrão dos painéis; a segunda operação gera a estrutura, que compartilha os mesmos princípios da primeira operação, porém se limita a volumetria principal, evitando incompatibilidades.

Para definição da volumetria do pavilhão anexo foi utilizado o *plugin Galapagos*⁵, incorporado no *Grasshopper*, que gera genomas evolutivos para maximizar resultados. Nesse momento da concepção tem-se o entendimento do processo de “buscar a forma”, no qual os condicionantes são definidos pelo arquiteto, mas a forma final é imprevisível.

3.2 Construção dos algoritmos

O código 01 (Figura 8) foi programado para definir a volumetria do pavilhão principal, e está organizado em quatro partes, gerenciando dois resultados. A primeira parte é formada pela seleção dos elementos bases para definição de uma forma bidimensional projetada da qual são retiradas informações que alimentam os parâmetros e as dinâmicas para criação da superfície da cobertura; a segunda parte é formada pelos parâmetros e dinâmicas como os pontos âncoras – pontos com forças dinâmicas para fixar a geometria em uma determinada coordenada – a força da gravidade e restrições de tamanho, assegurando maior controle no momento da deformação, evitando perda de otimização; a terceira parte contém a ferramenta *Kangaroo2* que calcula e gerencia os dados e informações coletadas nas etapas anteriores; a quarta etapa apresenta os resultados obtidos pelo gerenciamento e otimização. O código foi elaborado para gerar dois resultados que se justificam devido às diferenças de modulação entre os painéis da superfície (Figura 9) e a modulação da treliça espacial (Figura 10), não permitindo ocorrer incompatibilidades entre ambos componentes.

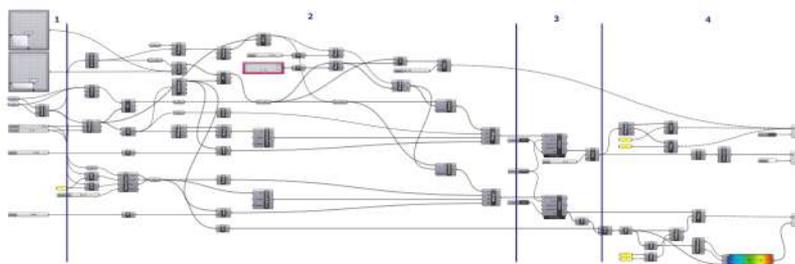


Fig. 8: Código 01 programado no *Grasshopper*: Define a cobertura e estrutura do pavilhão principal. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.



Fig. 9: Vista superior da cobertura. Referência da superfície 2D projetada (esquerda) e cobertura com o padrão dos painéis (direita). Visualização no *Rhinceros 3D*. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.



Fig. 10: Detalhe da treliça com o dimensionamento das seções dos perfis vinculado à análise de tensão. Visualização no *Rhinceros 3D*. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

O Código 02 (Figura 11) define a geometria da passarela e otimiza as aberturas. Foi elaborado com a mesma estrutura de etapas do código 01: definição da geometria, parâmetros, ferramentas gerenciadoras e resultados. Neste código é utilizada a simulação de radiação solar oferecida pelo DIVA 4 (Figura 12a) que otimiza o tamanho das aberturas dos painéis da passarela em função da quantidade de insolação recebida (Figura 12b).

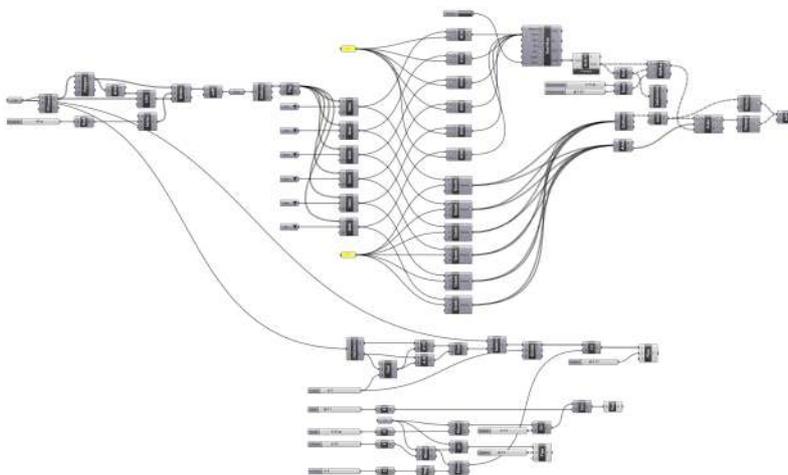


Fig. 11: Código 02 programado no *Grasshopper*. Define os painéis e a estrutura da passarela. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

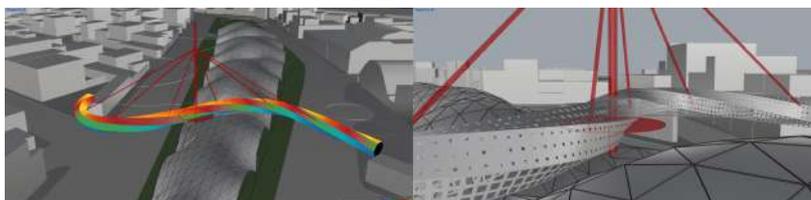


Fig. 12: (a) Simulação de radiação solar no *plugin DIVA for Grasshopper*, (b) Otimização do tamanho das aberturas em função da quantidade de radiação solar recebida. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

O código 3 (Figura 13) foi desenvolvido para análise de insolação na cobertura e obtenção dos níveis de iluminância no pavilhão, a fim de orientar os pontos de abertura na cobertura para iluminação e ventilação. Este código opera apenas como método de análise de resultados, através das simulações de UDI (*Useful Daylight Illuminance*) no DIVA 4 (Figura 14). Nesse caso, não se aplica o conceito de "buscar a forma", mas tem como princípio o exercício de avaliação e gerenciamento de resultados por meio da programação.

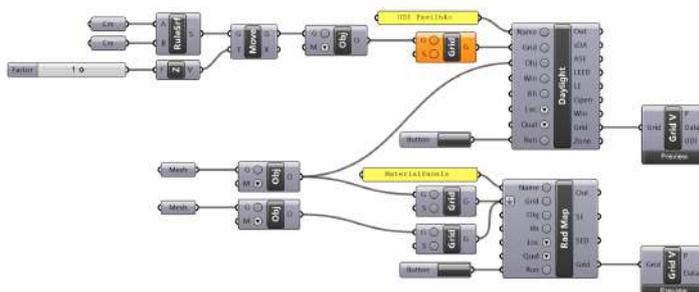


Fig. 13: Código 03 programado no *Grasshopper*. Analisa a insolação na cobertura e níveis de iluminância no pavilhão, para orientar os pontos de abertura para iluminação e ventilação. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

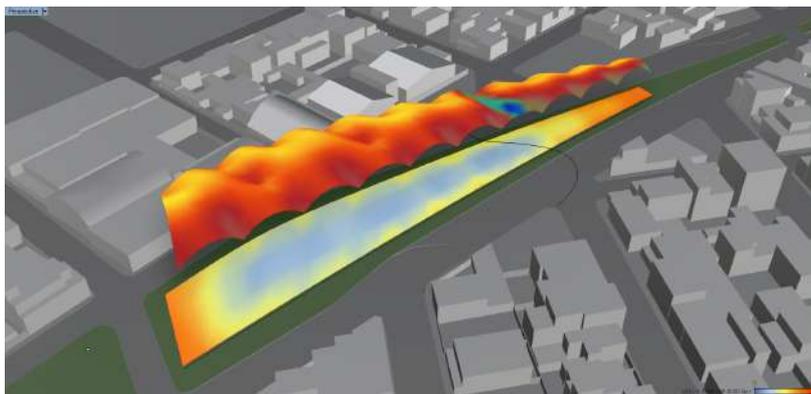


Fig. 14: Vista da geometria com análise de insolação e UDI, visualização no Rhinoceros 3D. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

O código 04 (Figura 15) define uma volumetria paramétrica, planejada para sofrer evoluções genéticas, otimizando a quantidade de insolação no interior do pavilhão anexo. Utiliza-se o *plugin Galapagos* para gerar genomas evolutivos e maximizar resultados, combinando diferentes possibilidades dos algoritmos e parâmetros, para alcançar os melhores resultados e filtrá-los. Esse processo se divide em cinco etapas: a primeira etapa seleciona os elementos bases e define inicialmente uma geometria bidimensional; a segunda etapa constitui a parametrização da volumetria, dados que são usados no processo do gene evolutivo; a terceira etapa contém as ferramentas de análise de insolação, usando o DIVA 4; A quarta etapa coleta os resultados; e a quinta etapa é responsável por combinar os parâmetros distintamente buscando a melhor solução (Figura 16).

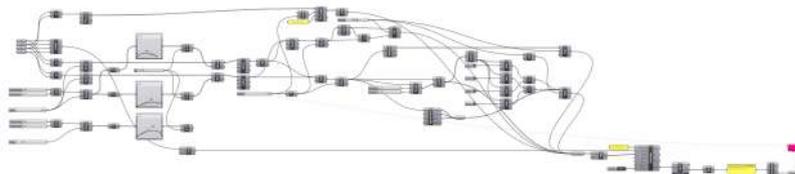


Fig. 15: Código 04 programado no *Grasshopper*. Faz análise de insolação no interior do pavilhão e define a melhor volumetria a partir da análise dos genomas evolutivos. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

A caixa de diálogo do *Galapagos* apresenta gráficos relativos aos valores obtidos e organiza os valores nas prioridades definidas nas configurações. De acordo com a figura 16, notam-se os dados de radiação analisados pelo DIVA 4 em ordem crescente. A partir desses dados, pode-se ainda selecionar qual combinação de parâmetros será mantida na definição final da forma, levando em consideração também os aspectos estéticos (Figura 17).

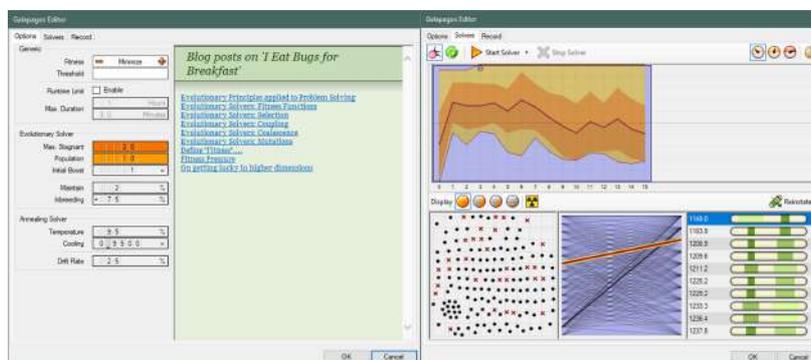


Fig. 16: Captura de tela da Caixa de diálogo do *Galapagos*, apresentando a configuração e o gerenciamento do genoma evolutivo, baseado nos parâmetros definidos no código (esquerda) e processo e resultado do genoma evolutivo (direita). Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

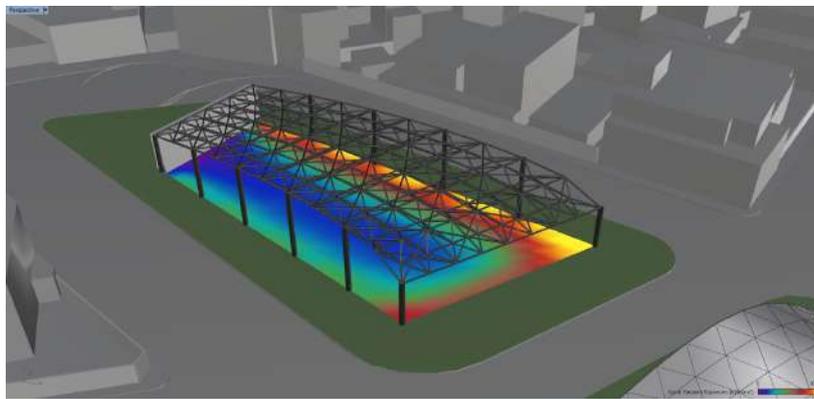


Fig. 17: Vista da geometria resultante, apresentada juntamente com a análise de insolação, visualização no *Rhinceros 3D*.
Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

O código 5 (Figura 18) contém uma parametrização na qual são considerados pontos específicos – determinados a partir do fluxo de pessoas e usos do pavilhão – que carregam um determinado campo de força para atuar sobre o desenho projetado no piso. Geram desenhos dinâmicos, que auxiliam a visualização dos eixos de passagem no projeto e os espaços de permanência. Os campos de força definidos pelos pontos orientam, ao mesmo tempo, pequenas aberturas para o contato com o solo, auxiliando o escoamento da água da chuva, principalmente nos locais onde existirão aberturas na cobertura.

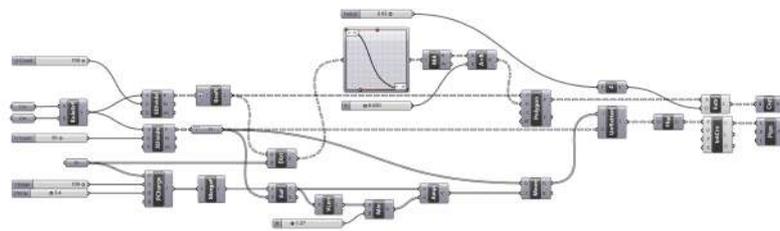


Fig. 18: Código 05 programado no *Grasshopper*. Faz a parametrização da paginação do piso no interior do pavilhão. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

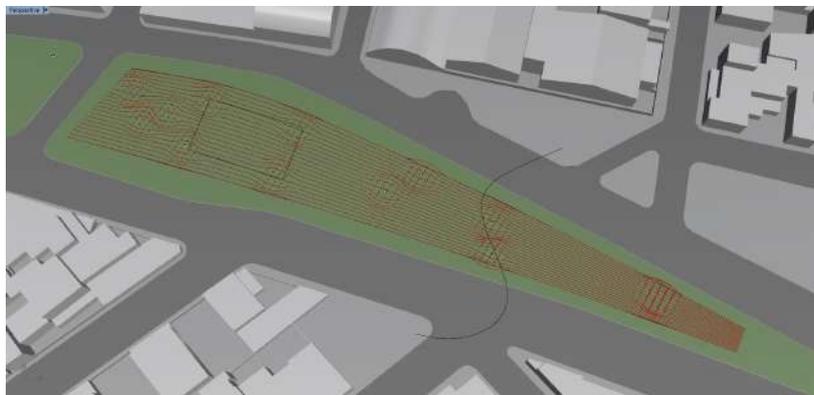


Fig. 19: Vista da paginação de piso resultante dos campos de força. Visualização no *Rhinceros 3D*. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

4 O pavilhão

Diante dos resultados volumétricos gerados através dos códigos, elaborou-se uma série de conteúdos gráficos para representação do projeto (Figuras 20 a 24). Esse conteúdo busca, por meio da humanização, expor as espacialidades, os usos, as vistas do observador, a estética e escala.

O projeto considera terrenos e lotes vazios do entorno para melhor integração entre esse entorno e o edifício, na melhoria do fluxo de pessoas. Estes lotes vazios abrigam as rampas que dão acesso à passarela, a pista de skate (*bowl*), permitindo ainda ampliações para hortas comunitárias, *playground* para crianças e academia para idosos. Os parâmetros para limitação da altura da cobertura foram programados para não exceder a altura média do entorno, gerando nova paisagem em harmonia com as volumetrias.

As perspectivas expõem a flexibilidade dos componentes gerados, com instalações de pequenos quiosques, quadra esportiva, espaços de permanência com mobiliários diversos e eixos para passagem. O trabalho paisagístico busca inserir elementos naturais de forma dinâmica, além de propiciar melhor conforto visual e

térmico. É possível perceber a disposição da abertura dos painéis, gerada de forma responsiva à incidência da insolação.



Fig. 20: Renderização da implantação do projeto. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.



Fig. 21: Renderização da vista aérea do projeto. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

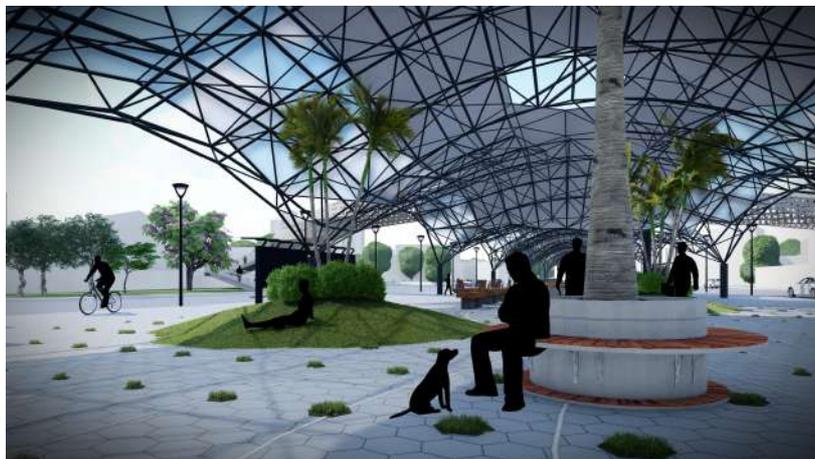


Fig. 22: Renderização da vista do observador, exibindo a espacialidade interna do pavilhão principal. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.



Fig. 23: Renderização da vista do observador, exibindo a quadra, bicicletários e pontos de ônibus. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.



Fig. 24: Renderização da vista do observador, exibindo a espacialidade interna do pavilhão principal. Fonte: acervo da pesquisa, 2018.

5 Conclusões

O ensaio projetual realizado explorou as ferramentas de modelagem generativa para a construção da informação no processo de projeto. Na concepção projetual, a interação com a forma ocorreu através dos mecanismos de programação, que acomodaram as informações do contexto e as variáveis de performance desejadas. Uma vez construídos, possibilitaram experimentar soluções formais. A geração e a adaptação da forma ocorreram a partir de processos retroalimentados pelas informações obtidas na manipulação das ferramentas generativas.

No método utilizado, as ferramentas digitais, utilizadas na programação da forma, colaboraram para processo de conhecer-na-ação e refletir-na-ação. A modelagem generativa possibilitou a concepção dinâmica integrada à análise de performance. Auxiliou a tomada de decisões pautadas no conhecimento tácito, adquirido na ação, em função das informações explícitas disponibilizadas pelas ferramentas, no ato da concepção.

A performance é determinante na busca da forma, e condicionada na construção dos algoritmos, especialmente em duas situações: na definição das aberturas da passarela, cujas dimensões estão condicionadas à radiação solar; na definição da forma do pavilhão anexo, gerada por genomas evolutivos, adaptados para possibilitar melhor disponibilidade de luz natural. Em outras situações, como a definição das aberturas e das treliças do pavilhão principal, a simulação de performance, ainda que não esteja diretamente vinculada ao mecanismo de busca da forma, atua como importante informação para reflexão, análise e transformação, durante a concepção formal.

A programação da forma colabora para redução do tempo de modelagem, comparativamente ao processo convencional, principalmente em projetos de maior complexidade, facilitando alterações, testes e a visualização rápida dos resultados, simultaneamente à concepção projetual. No ensaio realizado, o projeto generativo e performativo permitiu a otimização da forma em função dos aspectos relacionados à conforto ambiental, estrutura, materialidade, funcionalidade, viabilidade, entre outras variáveis de performance.

O projeto digital, concebido a partir de modelos generativos e performativos, possibilitou tratar a complexidade do processo projetual, através da modelagem integrada do objeto. Nesse processo, mediado pelas ferramentas digitais, o *designer* assumiu posição central, desde a programação, experimentação, teste e avaliação, incluindo também juízos de ordem estética. As informações explícitas obtidas no fazer conduziram à reflexão sobre a ação e retroalimentaram o processo a favor da escolha da melhor solução.

Referências

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Fundamentos, desenvolvimento e aplicações. 5 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes. 2010.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing**. 1 ed. Nova Iorque: Taylor & Francis Group, 2003.

KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. M. **Performative Architecture: Beyond Instrumentality**. 1 ed. Nova Iorque: Spon Press, 2005.

KOLAREVIC, B.; KLINGER, K. R. **Manufacturing Material Effects: Rethinking Design and Making in Architecture**. 1 ed. Nova Iorque: Routledge, 2008.

KOLAREVIC, B.; PARLAC, V. **Building Dynamics: Exploring Architecture of Change**. 1 ed. Nova Iorque: Routledge, 2015.

MARCONSINI, C. **Compreendendo o edifício como organismo: Interfaces entre pensamento sistêmico, sustentabilidade e ensino de arquitetura**. Tese (Doutorado em Ciências da Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

OBRA do Canal Bigossi vai começar. **Jornal A Tribuna**. 09 março 2007. [online] Disponível em: <http://ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/338666>. Acesso em: 21 jan. 2018.

OXMAN, R. Theory and Design in the First Digital Age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, 2006.

OXMAN, R. Performance based Design: Current Practices and Research Issues. **Journal of Architectural Computing**, v. 6, n. 1, 2008a.

OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design Studies**, v. 29, n. 2, 2008b.

OXMAN, R.; OXMAN, R. The New Structuralism. **Architectural Design**, n. 206. Londres: John Wiley & Sons, 2010.

OXMAN, R.; OXMAN, R. **Theories of the Digital in Architecture**. 1 ed. Nova Iorque: Routledge, 2014.

PASK, G. **Uma introdução à Cibernética**. Coimbra: Arménio Amado, Editor, Sucessor. 1970.

SCHÖN, D. **Educando o Profissional Reflexivo**. Um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2000.

1 A retroalimentação ou retroação é característica de sistemas nos quais os efeitos das respostas informam as ações dos receptores, sucessivamente, em sistemas autorregulados. Uma grande variedade de sistemas na tecnologia e na natureza são regulados por mecanismos de retroação. O processo de retroação é central na cibernética, "teoria dos sistemas de controle baseada na comunicação (transferência de informação) entre sistema e meio e dentro do sistema, e do controle (retroação) da função dos sistemas com respeito ao ambiente" (BERTALANFFY, 2010, p. 43).

2 Cibernética é uma ciência transdisciplinar, surgida em meados do século XX, que investiga os fluxos de informação em sistemas vivos e inanimados: informação, controle e retroalimentação. Norbert Wiener a define, originalmente, como "a ciência do controle e da comunicação no animal e na máquina" (PASK, 1970). A cibernética deu origem, na década de 1960, à Teoria da Informação, e influenciou pesquisas nas mais diversas áreas, inclusive a psicologia e a pedagogia.

3 Disponível em: <http://solemma.net/Diva.htm>. Acesso em: ago. 2019.

4 Disponível em: <https://www.food4rhino.com/app/kangaroo-physics>. Acesso em: ago. 2019.

5 Disponível em: <https://www.grasshopper3d.com/group/galapagos>. Acesso em: ago. 2019.