

Sistemas Fibrosos: Arquitetura para um aviário

Fibrous Systems: Architecture for an aviary

Talyta Guedes

Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
talyta_guedes@hotmail.com

Robson Canuto

Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
robsoncanuto.arq@gmail.com

Abstract

The Dois Irmãos State Park, located in Recife, Brazil, is an area dedicated to research, environmental education and captive breeding, composed by a zoologic and vast rainforest area. Despite the educational and conservational purposes, the hostility and poor conditions of the zoo's captivities may negatively affect animals, mentally and physically, which contradicts concepts of preservation and sustainability. This work, hence, investigates the architectural capacity of improving captivity spaces by promoting integration between species, natural and built environment. It explores concepts of morphoecology, computational design techniques and fibrous tectonics strategies in order to create adequate ecosystems essentials for encouraging ecological resilience.

Keywords: Captivity spaces; Aviary; Material systems, Fibrous tectonic; Computational design.

Introdução

O Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), situado em Recife, Pernambuco, é uma instituição voltada para pesquisas, educação ambiental e reprodução de espécies em cativeiro. O parque é composto pelo Zoológico de Dois Irmãos (ZDI) e vasta área de reserva de Mata Atlântica. Atualmente, porém, encontra-se em situação crítica devido à falta de manutenção, insalubridade, subdimensionamento e segregação de seus ambientes de cativeiro. A hostilidade destes locais contradiz com o próprio conceito de preservação e educação preconizado pela instituição.

Este trabalho, portanto, especula sobre a capacidade de a arquitetura melhorar as condições inadequadas de ambientes de cativeiro em zoológicos. Ao contrário dos recintos encontrados no Parque de Dois Irmãos, caracterizados pelo cárcere de animais para fins de exibição, objetiva-se criar ambientes que reforcem a integração entre as espécies e os meios natural e construído. Tal integração é investigada através da convergência de diferentes campos do conhecimento como a zoologia, biologia, arquitetura, estrutura e computação, respectivamente: zootopia, morfoecologia, biomimética, performance estrutural e algoritmo computacional.

Compreende-se que o meio ambiente natural vem sendo protagonista de vários estudos aplicáveis a diversas áreas do conhecimento, inclusive à arquitetura. Segundo Weinstock (2006, p.12), 'o fascínio da arquitetura pela natureza está no amplo surgimento de novas composições de estruturas interiores dos seres vivos, juntamente com a matemática destes processos biológicos'. Na escala microscópica das estruturas naturais, a exemplo dos padrões mórnicos e

policromáticos observados na plumagem das aves, habitam lógicas formativas e estruturais que podem servir de estratégias organizacionais para definir a materialidade arquitetônica.

Assim, estabelece-se um processo de projeto para um aviário, que sirva de referência para o desenho dos demais espaços de cativeiro do Zoológico de Dois Irmãos. Exploram-se recentes conceitos e técnicas de design computacional, tectônica fibrosa, com base em pressupostos metodológicos propostos pelo professor Achim Menges em seu livro *Material performance: fibrous tectonics & architectural morphology* (Menges, 2015), resultado de experiências didáticas na Universidade de Stuttgart e na Universidade de Harvard - uma abordagem na qual a materialidade e a materialização são ativos geradores de forma, espaço e estrutura.

Finalmente, parâmetros estruturais e ambientais são incorporados ao processo de projeto do aviário, visando à criação de recintos promotores de resiliência que, na Ecologia, refere-se à capacidade de um ecossistema (ou qualquer sistema complexo) de se adaptar a mudanças ou responder a perturbações ou distúrbios, resistindo ao trauma e se recuperando rapidamente (Pickett, Cadenasso & MacGrath, 2013). Entende-se que, apesar do trauma causado pelo cativeiro, a recuperação e reintegração das aves do Zoológico de Dois Irmãos pode ser facilitada pela arquitetura.

Sistemas Materiais Fibrosos

Nos últimos anos, tem-se observado a emergência de pesquisas de projeto, envolvendo estudos de sistemas materiais como estratégias organizacionais, com precedência em trabalhos de pioneiros como Frei Otto, Buckminster Fuller e Antoni Gaudí (Oxman, 2007, p.27). Tais investigações preconizam a concepção da morfologia e da materialidade arquitetônica a partir da pesquisa de relações intrínsecas entre material, estrutura e forma, facilitadas pelo emprego de fabricação digital, técnicas de design computacional, ferramentas de simulação e fabricação robótica. Trata-se do que vem sendo chamado na literatura de *material-based design computation* (Oxman, 2007; Oxman, 2010), *digital materiality* (Gramazio & Kholer, 2008) ou, simplesmente, *material computation* (Menges, 2012).

Em *Theories of the Digital in Architecture*, Oxman & Oxman, (2014, p.5) definem o design baseado no material como o “processo computacional que possibilita a integração entre estrutura, material e forma dentro de lógicas de tecnologias de fabricação”, sendo o termo “tectônica orientada” introduzido como um conceito central. Ainda de acordo Oxman & Oxman (2014, p.5), a capacidade de moldar sistemas materiais como sistemas tectônicos vem redefinindo a arquitetura como prática material, fornecendo meios para modular a materialidade digital no projeto.

De acordo com Michael Weinstock, “a prática material da arquitetura está no começo de uma reconfiguração substancial, na qual a convergência de campos do conhecimento como a biologia, estruturas, engenharia e computação tem estimulado um processo de evolução que está aberto e não reduzido completamente a um cenário rígido de formas e espaços prescritos” (Weinstock, 2006, p.12).

Não obstante, as atuais práticas de arquitetura ainda estão fortemente baseadas na concepção projetual, em detrimento da materialização construtiva, isto é, em abordagens de design que sobrepõem o desenvolvimento da forma à sua materialização (Menges, 2014, p. 195). Ainda de acordo com Menges (2014, p.195) deve haver um entendimento das complexas interrelações entre forma, material e estrutura, que podem ser exploradas por meio de processos integrais de morfogênese computacional. Dessa maneira, as ferramentas digitais passam a ser usadas na investigação de capacidades morfológicas e performativas de sistemas materiais. Um exemplo de exploração de sistemas materiais são as recentes investigações de Achim Menges sobre sistemas materiais fibrosos como exploração tectônica. Inicialmente, esses estudos foram desenvolvidos por meio de pavilhões de pesquisa e, posteriormente, foram compilados em publicações.

Em 2012, um pavilhão de pesquisa foi concebido pelo Instituto de Design Computacional (ICD) em conjunto com o Instituto de Estruturas Construídas e de Design Estrutural (ITKE) da Universidade de Stuttgart, com o objetivo de desenvolver um novo paradigma de construção compósita para a arquitetura. A pesquisa investigou a possível inter-relação entre estratégias de design biomimético e novos processos de

produção robótica, focando princípios materiais e morfológicos dos exoesqueletos de artrópodes. Fabricado roboticamente a partir de compósitos de carbono e fibra de vidro, o projeto do pavilhão fundamenta-se em um modelo biológico – o exoesqueleto da lagosta (*Homarus americanus*), cuja estrutura apresenta uma composição fibrosa. Além da característica fibrosa, outros fundamentos biológicos como a espessura de camadas e os gradientes de rigidez presentes no exoesqueleto foram investigados e convertidos em princípios de projeto e aplicados à concepção de uma estrutura envoltória saturada com resina e fabricada roboticamente. Tais fibras foram colocadas por um robô, resultando numa estrutura composta com orientação de fibra personalizada (Figura 1).

Em 2014, o Instituto para Design Computacional e Construção (ICD) e o Instituto de Estruturas Construídas e de Design Estrutural (ITKE) da Universidade de Stuttgart desenvolveram um pavilhão de pesquisa que investigou o potencial de tectônicas fibrosas, associando conceitos de biomimética, design computacional e fabricação robótica. Buscou-se traduzir princípios biomiméticos encontrados na composição anatômica do élitro (asa espessa do besouro) em regras de design. Posteriormente, foi criado um sistema robótico modular que, através da abstração dos princípios biomiméticos, possibilitou o desenvolvimento de uma técnica de bobinagem automática de fibras de vidro e carbono para a concepção de um protótipo arquitetônico (Figura 1).



Figura 1: Pavilhões de pesquisa de sistemas de materiais fibrosos (Pavilhão 2012 / Pavilhão 2014)

Fabricate (2017); ICD (2014)

Em 2015, o professor Achim Menges compilou pesquisas acerca de sistemas materiais fibrosos no livro *Material performance: fibrous tectonics & architectural morphology*, resultado de curso ministrado na *Harvard Graduate School of Design* (GSD) e de pesquisas desenvolvidas no *Institute for Computational Design* (ICD). Segundo Menges (2015, p.5), o objetivo foi o aprofundamento de investigações sobre as relações existentes entre aspectos da tecnologia e da biologia, explorando materiais fibrosos, seus variados comportamentos e possibilidades de organização na natureza. Através desses estudos, protótipos foram concebidos, apresentando características espaciais, estruturais e tectônicas. A metodologia aplicada é apresentada como um processo de construção composto por seis fases (Menges, 2015, p.13-16):

Fase 1: Construção do conhecimento (2D) – A primeira visa à investigação de fundamento para a composição de protótipos. A aplicação do conhecimento é apresentada através de experimentos simples elaborados pela manipulação de linhas, compondo modelos de estruturas fibrosas 2D.

Fase 2: Sintaxe do projeto e desenvolvimento do sistema material (3D) - A segunda fase visa ao desenvolvimento do sistema material por meio de lógicas algorítmicas (matrizes de design). Essas lógicas determinam estrutura, potenciais de variação tectônica e sequência de concepção pelo manuseio de fibras, que podem impactar tridimensionalmente a composição.

Fase 3: Morfologia fibrosa espacial (Estudo de Composição Material) – A terceira fase visa à composição material como experimento dos potenciais estruturais e espaciais dos sistemas fibrosos. É criada uma hierarquia espacial, derivada da sintetização das matrizes, objetivando-se a percepção da morfologia do protótipo em larga escala.

Fase 4: Potenciais espaciais, estruturais e tectônicos de protótipos de morfologias fibrosas (Sistema Fibroso Espacial - Desenvolvimento da Morfologia) – A quarta fase relaciona-se ao desenvolvimento da morfologia. Dá-se pela continuidade dos experimentos anteriores, adicionando novas propriedades que caracterizam o sistema e seu comportamento. Essas qualidades correspondem à modularidade, continuidade, superfícies habitáveis, abertas, opacas ou transparentes.

Fases 5 e 6: Morfologia fibrosa proto-arquitetônica (Adaptação morfológica) e Morfologia espacial proto-arquitetônica - A quinta e a sexta fase correspondem, respectivamente, à adaptação da morfologia e ao estudo da morfologia fibrosa proto-arquitetônica. As duas etapas sintetizam as fases anteriores, desenvolvendo digitalmente todo o processo juntamente com a construção de um protótipo em larga escala. Todo o procedimento colabora na identificação dos critérios de performance, as possibilidades de morfologia e abstração da topografia local, promovendo o reconhecimento do sistema de construção e as características de superfície (Figura 2).

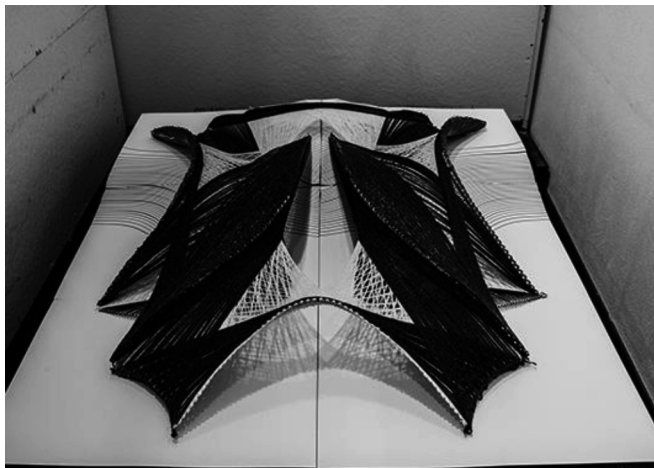


Figura 2: Morfologia espacial proto-arquitetônica.

ICD (2015)

Essa metodologia sistematiza etapas para o desenvolvimento de estruturas fibrosas, desde a abstração de conhecimentos até a materialização - a estrutura proto-arquitetônica ou arquitetônica. Trata-se de um procedimento replicável, que pode ser empregado em diferentes abordagens projetuais. Estes passos processuais orientaram a concepção do aviário proposto para o Zoológico de Dois Irmãos - primeiramente, estabelecendo uma morfologia arquitetônica e, posteriormente, a tectônica fibrosa do aviário, ainda que sejam instâncias inter-relacionadas.

Morfologia Arquitetônica

O Zoológico de Dois Irmãos apresenta grande diversidade de aves tais como araras, papagaios, corujas, pelicanos, e avestruzes, dentre outras espécies. Hoje, essas aves ocupam cerca de trinta células de cativeiro, verdadeiras jaulas que funcionam em condições precárias, sem qualquer lógica de organização. Como alternativa a essa situação, propõe-se a remoção desses cárceres e a substituição por recintos que propiciem o habitat adequado às particularidades de cada animal, promovendo a integração entre as espécies e o ambiente natural da reserva ecológica – condição ideal para a reintegração desses animais ao meio ambiente natural.

Partindo deste pressuposto, em detrimento de células de cativeiro, foram propostos grandes recintos de geometria losangular parametricamente associados a uma linha de percurso - uma promenade arquitetônica (Figura 3). De modo que, alterando os pontos de controle da promenade, a geometria dos recintos é automaticamente ajustada para acomodar-se às condições geográficas do sítio. Assim, cada recinto losangular se diferencia dos demais em dimensão, aspecto essencial para garantir certa dinâmica ao conjunto arquitetônico e singularidade a cada recinto.

O modelo geométrico dos recintos - cuja geometria foi biomimetizada da estrutura fibrosa da plumagem das aves composta de elementos como a raque, os ramos e as barbicelas - foi parametrizado em Rhinoceros e Grasshopper para variar conforme a demanda de área necessária ao abrigo de aves com boas condições de habitabilidade. Esses critérios foram adaptados de parâmetros fornecidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Segundo o IBAMA (2008, p.24), para constituir ambientes que forneçam boas condições de vida para as espécies é necessário estabelecer uma relação entre o número de animais (de pequeno, médio e grande porte) e uma determinada área mínima em metro quadrado, que varia de acordo com a classificação da ordem a qual pertence a espécie, como pode ser observado na Tabela 01. Trata-se de um parâmetro mínimo, que não considera a altura (ou o volume espacial) do recinto, mas apenas a área.

Tabela 1: Tabela construída a partir de dados disponibilizados pelo IBAMA. Relaciona a quantidade de aves existentes por recinto e as suas respectivas áreas necessárias para ambientes de boa qualidade.

Ordens	Área*	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
Psittaciformes	2 / 5m ²	36	16			20					12	8			
Galliformes	2 / 9m ²	20				14		16			4	2			
Falconiformes	2 / 20m ²												14	8	12
Passeriformes	2/3m ²		6	14		10									
Ciconiiformes	2/10m ²			16											
Strigiformes	2/6m ²						10								
Piciformes	2/4m ²					10									
Gruiformes	2/25m ²	10													
Struthioniformes	2/100m ²									8					
Pelecaniformes	2/50m ²								7						
Anseriformes	2/50m ²				7										
Total de aves	-	66	22	30	7	54	10	16	7	8	16	10	14	8	12
Área necessária	-	180	49	101	175	148	30	72	175	400	48	29	140	80	120
Área projetada	-	312	170	220	194	261	156	140	197	409	128	100	265	196	234

*Área mínima fornecida pelo IBAMA de acordo com as ordens de aves. Relaciona quantidade de aves por metro quadrado.

A partir disto, buscou-se conhecer as aves existentes no Zoológico de Dois Irmãos, identificando a classificação taxonômica desses animais e a ordem a que pertencem, bem como a quantidade de espécies existentes e características comuns (como demandas alimentares e ambientais) e a possibilidade de agrupamentos e convivência nos mesmos recintos. Foram computadas cerca de 280 aves de 11 ordens diferentes, sendo 38,86% das aves pertencentes à ordem dos Psittaciformes (araras, papagaios, jandaías, etc.), 20% Galliformes (mutuns, pavões, etc.), 12,14% Falconiformes (águias, carcarás, etc.), 10,71% Passeriformes (xexéus, curicas, etc.), 5,71% Ciconiiformes (maguaries), 3,57% Strigiformes (corujas), 3,57% Piciformes (tucanos), 3,57% Gruiformes (seriemas), 2,86 % Struthioniformes (emas, avestruzes), 2,50% Pelecaniformes (pelicanos) e 2,50% Anseriformes (cisnes).

Essas espécies foram distribuídas em 10 losangos que abrigam 14 recintos (alguns losangos possuem divisão interna, gerando dois recintos triangulares). (Figura 3). Os losangos também foram classificados em três grandes grupos, organizados conforme características e demandas espaciais e ambientais comuns às aves:

Grupo 01 (os três primeiros losangos próximos à entrada) - No primeiro grupo, por questão de proximidade com a entrada e o percurso principal do aviário, foram colocadas aves que possuem maior facilidade de socialização, como Psittaciformes e Passeriformes, sujeitas a maior exposição aos visitantes.

Grupo 2 (os quatro losangos intermediários) - O segundo grupo de recintos foi destinado aos Struthioniformes, animais pesados que possuem restrições, como a necessidade de habitar em terreno plano. Apesar de não voarem, essas aves necessitam de uma superfície acessível, pois são corredoras e utilizam as asas para se equilibrarem e auxiliarem a mudança de direção enquanto correm. Foram incluídas neste grupo aves que possuem hábitos aquáticos, como os Pelecaniformes e os Anseriformes, os quais nidificam em aterros construídos em lagos pouco profundos. Para essas espécies e outras espécies foram criados dois lagos com o intuito de suprir tais necessidades e também de exercerem promover a amenização da temperatura.

Grupo 3 (os três últimos losangos próximos à saída) - O terceiro grupo foi dedicado aos Falconiformes, levando em consideração a necessidade destes animais de habitarem locais com maior altura para voo, ambientes mais reservados e silenciosos que facilitem a observação das presas. Esses animais possuem caça ativa, agilidade no voo e visão e audição aguçadas. Além dessas características, as aves de rapina também possuem características morfológicas semelhantes, que as auxiliam nos hábitos de caça, como bicos curvos e pontiagudos e garras resistentes. Devido a estas características, reservou-se os últimos recintos do aviário para estas aves, os quais estão mais integrados à Mata Atlântica, próximos à saída.

Com base neste agrupamento (ou zoneamento), foi feita uma distribuição das 280 espécies nos 14 recintos, considerando a superfície mínima necessária para uma boa acomodação das espécies, conforme os critérios do IBAMA. Essa distribuição foi programada em uma matriz computacional (Tabela 1), definindo uma superfície mínima, que foi introduzida no algoritmo como restrição, garantindo que nenhum recinto se configurasse com área abaixo da mínima necessária. Por este aspecto, a área dos recintos será sempre maior que a área necessária.

Com recintos mais generosos em termos de superfície, o aviário pode ainda abrigar cerca de 150 novas espécies que o Parque venha a receber. Em geral, no Parque Estadual de Dois Irmãos, os animais em cativeiros advêm de zoológicos locais, circos, entregas voluntárias ou apreensões em fiscalização de combate ao comércio ilegal de animais silvestres. As entregas voluntárias, em sua maioria, são feitas a órgãos como a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e ao Centro de Triagem de Animais Silvestres de Pernambuco (CETAS – PE). Aos órgãos responsáveis cabe o recebimento, identificação, avaliação, recuperação, reabilitação e destinação dos animais silvestres.

Além disso, como se trata de uma concepção modular, embora não padronizada, novos recintos poderiam ainda ser adicionados ao conjunto arquitetônico do aviário, isto é, pode ser permanentemente expandido.

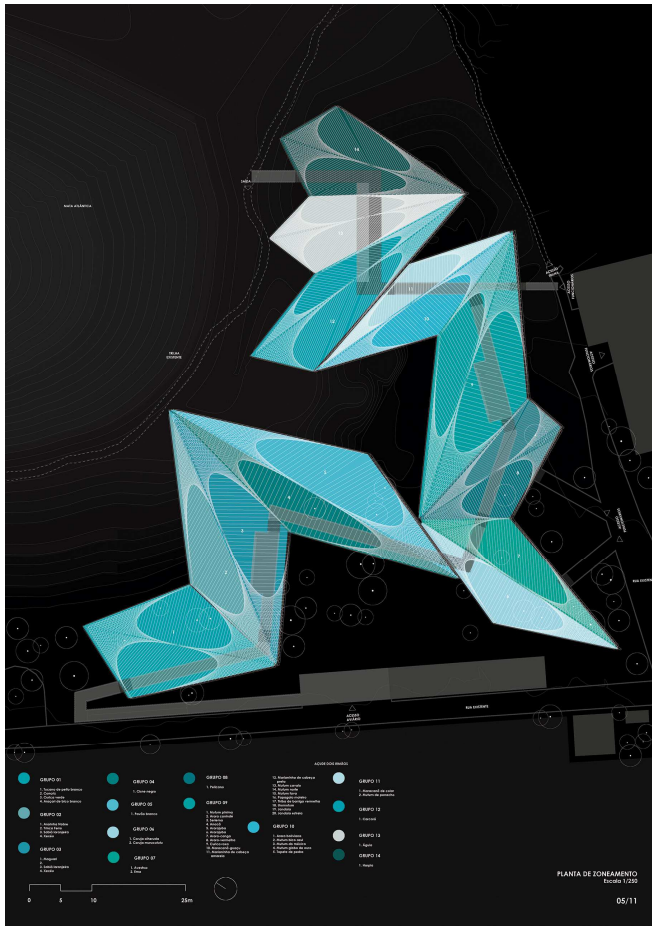


Figura 3: Morfologia do aviário e agrupamento de espécies.

Tectônica Fibrosa

Com base nas fases descritas por Menges (2015, p.13-16) para o projeto de tectônicas fibrosas, foi pesquisada uma estrutura material para o aviário. Essa investigação foi desenvolvida por meio de experimentos físicos e digitais. Trata-se de modelos 2D e 3D sobre uma mesma base circular constituída por 36 pontos. Com o auxílio de linhas, foram reproduzidas ligações diversas entre pontos, caracterizando cada modelo diferentemente. Esse conhecimento foi, posteriormente, tectonicamente evoluído para o aviário.

Fase 1 - Construção do conhecimento (2D)

Estudo 01 – Modelo simples composto por ligações diretas no qual pontos enumerados em sequência ligam-se uns aos outros, seguindo a ordem numérica: 1, 2, 3... (Figura 4).

Estudo 02 – Modelo simples gerado a partir de conexões diretas entre pontos, porém as ligações acontecem primeiramente entre os números pares e posteriormente entre os números ímpares (Figura 4).

Estudo 03 – Modelo simples com único ponto interno à circunferência, a partir do qual partem todas as ligações (Figura 4).

Estudo 04 – Modelo construído por meio da junção dos três primeiros modelos. A partir de um determinado ponto pertencente à circunferência, iniciam-se as conexões. As ligações seguem do primeiro ponto até um segundo ponto, estabelecendo uma conexão direta, e do segundo ponto a um terceiro ponto, criando um cruzamento de linhas. (Figura 4).

Fase 2 - Sintaxe do projeto e desenvolvimento do sistema material (3D)

Estudo 05 – Modelo resultante da aplicação de uma matriz, $2(x+1)$, cuja incógnita da equação refere-se aos pontos presentes na circunferência. Os valores dos pontos de origem das ligações, ao serem introduzidos ou substituídos na equação, geram um resultado que também corresponde aos mesmos pontos da circunferência. (Figura 4). Ex.: $2(x+1)$; substituição $x=1$; $x=2$ e $x=3$

$$2(x+1) = 2(1+1) = 2(2) = 4$$

$$2(x+1) = 2(2+1) = 2(3) = 6$$

$$2(x+1) = 2(3+1) = 2(4) = 8$$

Estudo 06 – Modelo resultante da aplicação da equação $4x+1$, que dá forma a um novo padrão de desenho. Segue-se a mesma lógica de estruturação do Modelo 05, substituído a variável x na equação pelos valores de cada ponto contido na circunferência (Figura 4). Ex.: $4x+1$; substituição $x=1$; $x=2$ e $x=3$

$$4x+1 = 4*1+1 = 4+1 = 5$$

$$4x+1 = 4*2+1 = 8+1 = 9$$

$$4x+1 = 4*3+1 = 12+1 = 13$$

Estudo 07 – Modelo resultante de conexões que partem de 3 pontos internos. Tais conexões se ligam a cada um dos pontos limítrofes da circunferência. Devido à alteração nas alturas dos pontos internos, é obtida uma configuração tridimensional. (Figuras 4 e 5).

Nas Fases 1 e 2, investigou-se estruturas bidimensionais e tridimensionais obtidas a partir da mudança da lógica (ou da matriz) aplicada que influi diretamente a composição. Deste modo, outras matrizes poderiam ser empregadas para gerar padrões de composição. Trata-se de processos simples, extremamente didáticos, que podem ser simulados em meio físico e digital.

Inicialmente, optou-se por desenvolver simulações físicas com uso de maquetes de 20x20cm. Posteriormente, essa lógica de construção foi transportada para um algoritmo computacional, visando construir conhecimento para o desenvolvimento da tectônica do aviário em meio digital. As fases subsequentes apresentam os estudos tectônicos propriamente dito.

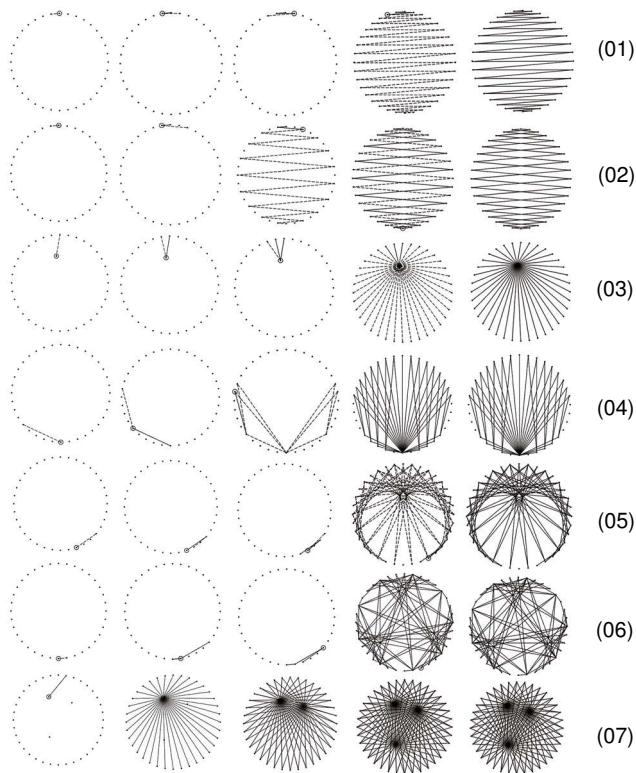


Figura 4: Estudos 01, 02, 03, 04, 05, 06 e 07, correspondentes às Fases 01 e 02.

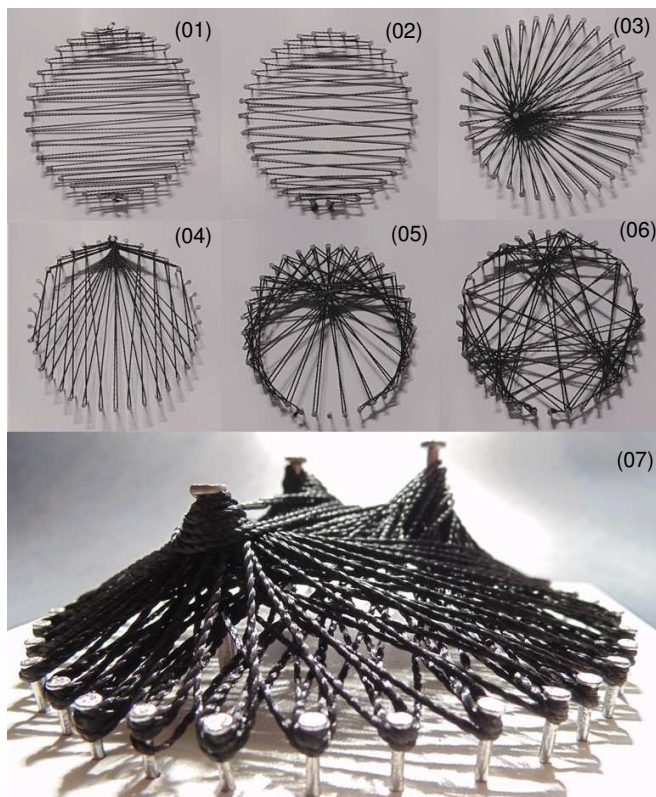


Figura 5: Maquetes dos estudos de distribuição de fibras.

Fases 3 e 4 - Estudo de Composição Material e Desenvolvimento da Morfologia

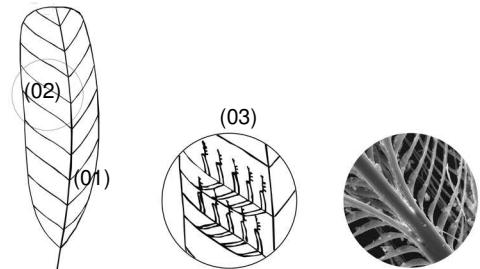


Figura 6: Microestrutura da pena e seus filamentos (01 - raque; 02 - ramo e 03 - barbicelas)

Nas fases 3 e 4, explorou-se os potenciais estruturais e espaciais dos sistemas fibrosos, visando ao estudo de uma composição material desenvolvida por meio de um modelo computacional hipotético.

A investigação partiu de uma pesquisa biomimética baseada na estrutura fibrosa da plumagem das aves, que pode ser melhor observada em escala microscópica. Os elementos presentes nesta estrutura foram reinterpretados tectonicamente no objeto arquitetônico: a raque, elemento principal de estruturação da pena; os ramos, elementos secundários derivados da “ramificação” da raque e, por fim, as barbicelas, unidades delicadas provenientes dos ramos (Figura 6)

Esses elementos foram aplicados à forma losangular do recinto. Este é formado por cinco arcos biarticulados, sendo um arco central (a raque) e quatro arcos secundários. Nestes, foram instalados pontos de conexões (nós ou pinos) para possibilitar as ligações (ou ramificações), sendo 72 nós no arco principal e 34 e 38 nós nos arcos secundários. A esses arcos foram aplicadas duas camadas sobrepostas de linhas (ou fibras) que seguem lógicas distintas de composição. A primeira camada é estruturada por ligações diretas simples entre pontos existentes nos arcos da base e o arco principal. A segunda camada também é constituída por ligações diretas simples, porém, é consequência da conexão de pontos de extremidades opostas gerando linhas (fibras) reversas.

Essas lógicas foram replicadas nos arcos por meio de um algoritmo computacional, possibilitando regular a distribuição, e a intensidade de fibras (Figura 7). A variação de intensidade de fibras foi testada em um modelo computacional losangular – um recinto hipotético, por meio do qual foram observados os efeitos das variações nas vistas de topo, frontal e perspectiva. (Figura 7). A proteção dos recintos é obtida pela instalação de telas de aço (barbicelas) fixadas aos cabos, com padrões polimórficos adequados a cada agrupamento de espécies.

Embora o modelo estrutural não tenha sido objeto de análise de performance em softwares de Análise de Elementos Finitos, por exemplo, buscou-se incorporar parâmetros estruturais, no sentido de atribuir dimensões ótimas para arcos biarticulados (vãos x altura de flecha). Os arcos biarticulados são compostos de tubulações de aço, com 35cm de diâmetro, que juntamente com as sapatas de concreto e os cabos de aço tensionados (fibras) conformam um conjunto estrutural íntegro e em equilíbrio. A seção da tubulação foi pré-dimensionada em função dos vãos (entre 27 e 54 metros) e das flechas que variam de 10 a 30 metros de altura.

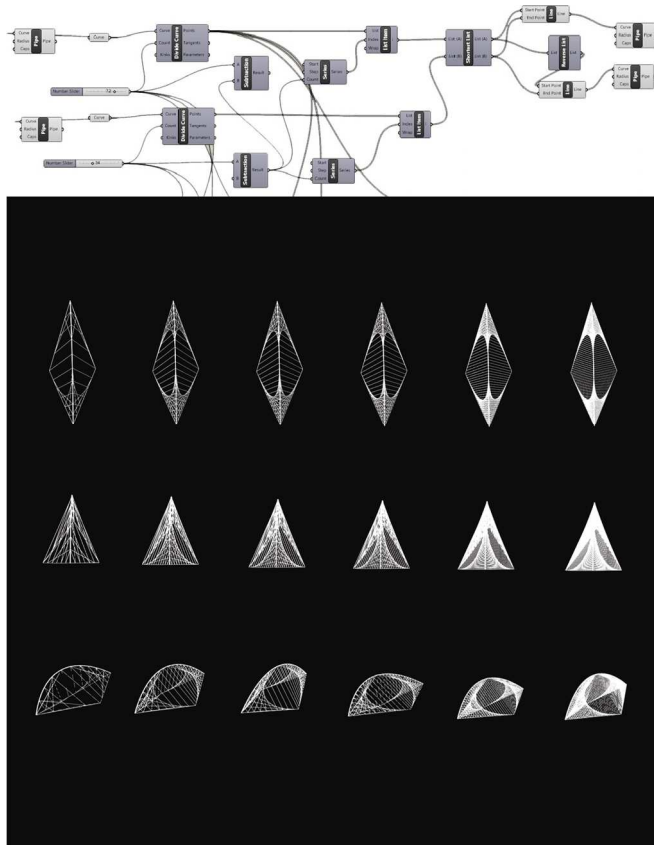


Figura 7: Algoritmo computacional e diagramas processuais de intensidade de fibras (vista de topo, frontal e em perspectiva).

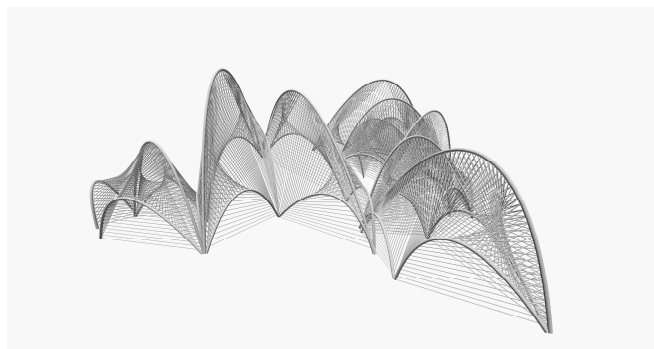


Figura 8: Morfologia protoarquitetônica do aviário

Fases 5 e 6: Adaptação morfológica e Morfologia Espacial Arquitetônica.

O modelo computacional do recinto hipotético desenvolvido nas fases 3 e 4 foi, em seguida, replicado para os demais recintos, visando constituir a morfologia proto-arquitetônica do aviário. Para tanto, todo o processo foi desenvolvido digitalmente, replicando o algoritmo, mas levando em consideração a adaptação à topografia local e os demais elementos do sítio. (Figura 8).

Arquitetura para um Aviário

O aviário se baseia na articulação de dois elementos principais: a promenade arquitetônica e a estrutura de tectônica fibrosa. Enquanto a promenade em madeira abriga percursos e permanências, cumprindo a função de conduzir o visitante pelos diversos recintos do aviário, a estrutura em aço encaixada no relevo define um sistema que delimita tais recintos, ao passo que cria uma imagem de impacto, marco de chegada ao Parque Estadual de Dois Irmãos. Ambos se articulam à topografia e ao ambiente natural local, definindo um conjunto integrado – uma arquitetura em madeira e aço (Figura 9).

Os visitantes serão recepcionados por um bloco prismático leve dedicado à exposição do acervo ornitológico do parque e, ao mesmo tempo, serão instruídos sobre o percurso dentro aviário. Em seguida, serão guiados por um instrutor a caminharem através de passarelas de madeira, possibilitando uma experiência sensorial da arquitetura, associada a informações sobre as diversas espécies. Ao adentrar o aviário, os visitantes atravessam antecâmaras estrategicamente instaladas entre os recintos de modo a proteger aves mais frágeis. O percurso é elevado para exercer menor impacto no ambiente natural, cumprindo uma diferença de nível de doze metros entre a cota de acesso pela via principal e a cota de saída pela trilha do parque - um trajeto que promove a interação com as espécies, desperta a curiosidade, promove o conhecimento e respeito pela natureza. Em determinados trechos o percurso alarga-se, possibilitando a emergência de espaços de permanência e contemplação das aves e da paisagem 'abraçadas' pela edificação.

Durante o percurso, é permitida a visualização de espécies vegetais projetadas para atender e alimentar cada conjunto de espécies, bem como lagoas artificiais, criadas para promover um maior conforto térmico para as espécies. No fim do percurso, uma grande caixa de madeira com rampas permite que os visitantes deixem o aviário e sigam para a visitação dos demais espaços do zoológico pela trilha existente.

Além disso, o conjunto arquitetônico do aviário faz uso de determinadas infraestruturas de suporte já instaladas no parque, tais como o Centro de Tratamento e Manutenção, Lojas, Restaurantes e Reservatórios que se encontram em

pleno funcionamento, sem necessidade de substituição ou inclusão deste programa em sua infraestrutura.

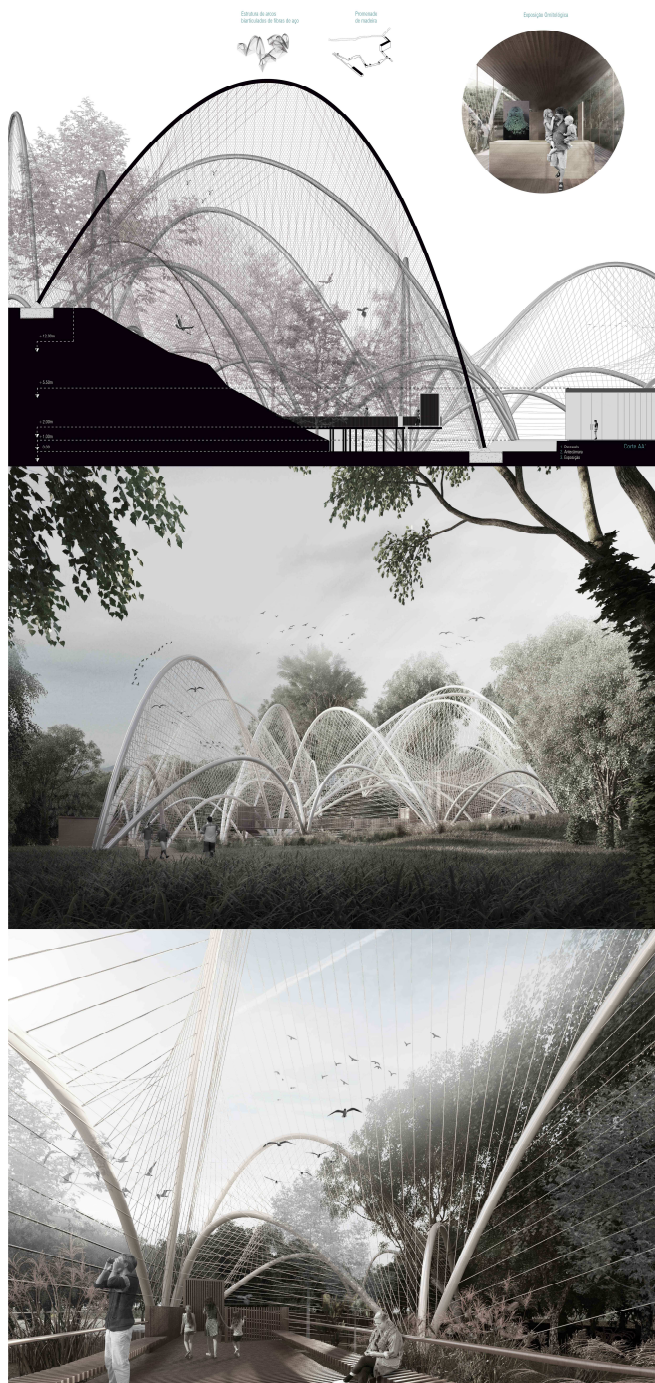


Figura 9: Conjunto arquitetônico do aviário

Conclusão

O trabalho investigou arquitetura para um aviário capaz de melhorar as condições inadequadas de ambientes de cativeiro no Zoológico de Dois Irmãos, em Recife. Foram explorados conceitos e técnicas recentes de design computacional e tectônica fibrosa, visando definir composição material e morfologia espacial arquitetônica, fundamentada na própria constituição anatômica e microestrutural da plumagem das aves.

Assim, foram definidos 14 recintos de estrutura fibrosa, que acomodam ecossistemas integrados promotores de resiliência ecológica. Os recintos, inicialmente, abstrações geométricas resultantes da metodologia proposta por Menges (2014) para o projeto de morfologias arquitetônicas e tectônicas fibrosas, foram, posteriormente, adaptados e distribuídos no sítio segundo parâmetros formais, espaciais e de integração entre espécies.

A estrutura de tectônica fibrosa resultante da aplicação da metodologia proposta por Menges (2014) foi alcançada pela manipulação do design através de parâmetros, associando forma, estrutura e material. Essa metodologia demonstrou grande potencial para desenvolvimento de projeto, com ênfase na tectônica.

Referências

- Cadenasso, M.L., McGrath, B., & Pickett, S.T.A. (2013). Resilience in Ecology and Urban Design: Linking Theory and Practice for Sustainable Cities (Future City: 3). Disponível em: https://www.amazon.com.br/dp/B00BLQIACM/ref=rdr_kindle_ext_tmb
- Gramazio, F., & Kohler, M. (2008). Digital Materiality in Architecture. (1st ed.). Disponível em: <https://www.amazon.com/Digital-Materiality-Architecture-Fabio-Gramazio/dp/303778122X>
- Harvard University Graduate School of Design (2015). Material Performance: Fibrous Tectonics & Architectural Morphology. Achim Menges. Disponível em: <https://issuu.com/gsdharvard/docs/materialperformance>
- Instrução normativa IBAMA 169 (2007). Decreto n. 6.099, de 26 de abril de 2007.
- Menges, A., & Weinstock, M. (2006). Morpho-ecologies. Londres. é um Capítulo de livro? Fiquei na dúvida.
- Menges, A. (2012). Material Computation: Higer Integration in Morphogenetic Design. Londres.
- Menges, A. (2014). Material Systems, Computational Morphogenesis and Performative Capacity. Em Oxman, R., & Oxman, R. (Eds.), Theories of the digital in architecture (pp.195-208).
- Oxman, N., & Louis, J. (2007). Material-based Design Computation: An inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties as Design Generators. International Journal of Architectural Computing.
- Oxman, N., & Louis, J. (2010). Material-based Design Computation. Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Architecture.