Pavilhões de Identidade e Cultura

uma abordagem generativa do objeto arquitetônico

Trabalho Final de Graduação – Filipe de Melo Oliveira

Curso de Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal do Ceará

Filipe de Melo Oliveira

Pavilhões de Identidade e Cultura: uma abordagem
generativa do objeto arquitetônico
Trabalho Final de Graduação
Curso de Arquitetura e Urbanismo
Universidade Federal do Ceará
Orientador: Daniel Cardoso
Fortaleza – Ceará
2012

Sejamos paramétricos

ÀQUELES

O meu mais sincero obrigado a todos aqueles que de alguma forma contribuiram para a materialização desse trabalho, que tomava forma a cada conversa nos corredores, links compartilhados e páginas folheadas. Demorei, mas tenho certeza que o resultado não me faria tanto sentido se o tivesse terminado há um mês, semestre ou ano atrás.

Obrigado primeiramente àqueles que me criaram, a quem eu sou eternamente grato por todos os esforços empreendidos na construção do que sou hoje, me apoiando incondicionalmente quando eu dizia querer ser arquiteto, quando eu não queria mais e quando eu quis novamente.

Muito obrigado a minha mãe, Idejane, por todo o carinho e ajuda nesses tempos de noites viradas, não teria conseguido entregar sem sua força. Muito obrigado ao meu pai, Jorge, que vem me incentivando desde cedo, ao ser a única pessoa que conheço que gosta mais de tecnologia do que eu. Muito obrigado aos meus irmãos, Lucas e Larissa, por estarem sempre ali quando precisei ser ausente nestes tempos de produção. Muito obrigado a minha namorada, Luciana, pela força, pela paciência e por todo o apoio que me deu. A estes eu agradeço imensamente não só pela ajuda prestada nesta reta final, mas por todos os momentos durante estes 6 anos de arquitetura, seja nas madrugadas ajudando a desenhar hachuras de telhado e paredes de pedra, ajudando a passar desenhos a limpo ou esticando tecido para fazer maquetes.

Muito obrigado a todos os meus companheiros de curso, àqueles que fizeram as manhãs de aula mais aprazíveis e as madrugadas mais fáceis de serem vencidas. Obrigado também aos meus amigos do Saint Paul e do Nossa Senhora das Graças, que nunca entendiam como eu podia ficar tão ocupado aos finais de semestre, mas nunca deixaram de contar comigo para qualquer coisa. Obrigado aos amigos do GREat e do R Design, pessoas que ajudaram imensamente na minha formação profissional e pelos quais sempre irei ter uma profunda afeição.

Muito obrigado.

RESUMO

O presente trabalho propõe a criação de um sistema generativo de pavilhões de exposição adaptados às condições do local a ser implantado. Ele inicia situando em um contexto econômico e social os atuais métodos conceptivos e produtivos do objeto arquitetônico, com ênfase naqueles que que utilizam técnicas auxiliadas pelo computador. Em seguida, é traçado um panorama da evolução das principais tecnologias de auxílio ao projeto, buscando situar a realidade brasileira em meio a esse contexto, evidenciando as maiores dificuldades e potencialidades do país na área. Por último é lançada a proposta do desenvolvimento de uma metodologia projetual alicerçada na coleta, análise e organização de informações contextuais para a criação de dois pavilhões de exposição temporários, a serem utilizados em um programa do Governo Federal de estímulo à cultura.

Palavras-chave: arquitetura generativa, pavilhão de exposições, design auxiliado por computador (CAD), prototipagem rápida, fabricação digital.

Lista de Imagens

Fig. 1.1 – Antropocene maps of transports: http://globaia.org/en/anthropocene/#Maps
Fig. 1.2 – Facebook Connections map: https://www.facebook.com/note.php?note_id=469716398919 (acessado em 30-06-12)
Fig. 1.3 – Plano setorial de Brasilia - mapa_Plano Piloto: http://doc.brazilia.jor.br/Trilhos/Mapas/codeplanListelPlanoPilotoEPIA.jpg
Fig. 1.4 – Int villa savoye: Interpretação de Sylvio de Vasconcellos sobre aVille Savoye, de Le Corbusier. Fonte: Vasconcelos, 1983, p. 29.
Esquema Villa Savoye: http://ravnicka.wordpress.com/
Fig. 1.5 – Decline of cubicle: http://workspacesolutions.com/blog/wp–content/uploads/2011/12/
Fig. 1.6 – Marcas Consolidadas: http://www.brandsoftheworld.com
Fig. 1.7 – Kunsthaus Graz: http://eng.archinform.net/projekte/12111.htm
http://www.wayfaring.info/2008/05/19/the-kunsthaus-of-graz/
http://www.trekearth.com/gallery/Europe/Austria/East/Styria/Graz/page11.htm
Fig. 1.8 - Santa Fe Mexico City: http://people.su.se/~aldi8100/mexico.htm
Sao Paulo City: http://otemporeina.blogspot.com.br/2012/01/sao-paulo.html
Shanghai: http://www.hewdge.com/2012/06/4709/
Jakarta: http://jakartamaps.blogspot.com.br/
Fig. 1.9 - Blur Building http://en.urbarama.com/project/blur-building
http://openbuildings.com/buildings/blur-building-profile-2257#.
Fig. 1.10 – Superfície NURBS: http://www.3dmax-tutorials.com/graphics/il_nurbs_cvsurf.jpg
Fig. 1.11 – BMW http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.060/460
http://www.itaproject.eu/TTU/6/bubble.html. (Photo: Fritz Busam).

Fig. 2.1 – Unite d'Habitation: http://www.panoramio.com/photo/3544210
Fig. 2.2 – 2008fordmodelt02 assemblyft: http://carrosantigos.wordpress.com/2008/07/25/100-anos-do-ford-modelo-t/.
Ford-T-6: http://bestcars.uol.com.br/nasser/01-01-00.htm.
Fig. 2.3 – BOEING PAPERLESS Josh Holusha, "Boeing's 'paperless' plane pushes envelope" Lakeland Ledger – 17 nov. 1991
http://news.google.com/newspapers?id=Cu8vAAAAIBAJ&sjid=FvwDAAAAIBAJ&hl=pt-BR&pg=6320%2C3179189
Fig. 2.4 e 2.5 – Electroplastique: http://www.creativeapplications.net/processing/electroplastique-and-grid-distortions--processing/
http://www.unlekker.net/proj/electroplastique/

Fig. 2.6 – Manufatura Clássica VS. Manufatura Automatizada: A third industrial revolution. The economist http://www.economist.com/node/21552901
Fig. 2.7 – Sake Shapeways: http://www.spacecoolhunting.eu/en/parsepage.php?tpl=tpl_news_detail&sqlpam1=13698
Fig. 2.8 – Peca indústria - http://www.economist.com/node/18114221
Fig. 2.9 – Vídeo de divulgação macbook pro: http://www.apple.com/macbook-pro/
Fig. 2.10 - Skull Kaloupi: http://dml.chania.teicrete.gr/ereuna/3dmedical1_en.html 07/03/12
Jawbone - http://www.bbc.co.uk/news/technology-16907104 peça a ser implantada (28-06)
Fig. 2.11 - Gaudi http://reciclaria.blogspot.com.br/2009/05/ha-arquitetura-biodigital.html
Fig. 2.12 - Sketches of Frank Gehry, 2005 Sony Pictures http://www.arcspace.com/gehry_new/index.html?main=/gehry_new/catia/catia.html
Fig. 2.13 - Lele, Sarah: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423
Fig. 2.14 - Ship ribs http://olsonfarlow.photoshelter.com/image/I0000YJlrWS2vWMk
Fig. 2.15 - Livraria Florence: Architecture now 2
Fig. 2.16 - Sidney store: http://www.l-a-v-a.net/projects/sydney-story-factory/
Fig. 2.17 - Robô Jordana , Sebastian . “Pike Loop, a robot-built installation in NYC” 29 Sep 2009. ArchDaily. Accessed 05 Jul 2012. http://www.archdaily.com/36439
Robo construindo parede: http://dornob.com/hand-crafted-by-robots-unbelievably-curved-brick-walls/
Rob-450 e rob1 http://www.interactivearchitecture.org/
Fig. 2.18 - BMW Welt> http://openbuildings.com/buildings/bmw-welt-profile-2506#!buildings-media/0; http://jacobskaaning.com/places/bmw-welt/; http://commons.wikimedia.org/wiki/File:BMW_Welt,_M%C3%BAnich,_Alemania17.jpg
Fig. 2.19 - Yokohama http://www.archello.com/en/project/yokohama-international-port-terminal
http://www.arcspace.com/architects/foreign_office/yokohama/yokohama_index.html
Fig. 2.20 - http://urbanao.com/
Fig. 2.21 - Sage Gateshead: http://www.michael-denholm.co.uk/2011/04/22/newcastle-upon-tyne/2011_04_20_0110--copy/
Bent Glass: Vollers, Karel. Adjustable mould for annealing freely curved glass panes. 2007, p.3
PUPO p.65.
Fig. 2.22 – Reprap, prototipadora de baixo custo: http://reprap.org/wiki/RepRap
Fig. 2.23 – Parque de prototipagem Robtec: http://www.robtec.com/empresa.html

Fig. 3.1, Fig. 3.2 – http://www.zaha-hadid.com/architecture/nordpark-railway-stations/.
Fig. 3.3 – Zaha hadid: http://www.e-architect.co.uk/austria/nordpark_zaha_hadid.htm.
Fig. 3.4 – Serpentine: http://www.serpentinegallery.org/architecture/

Fig. 3.5, 3.6 e 3.7 e 3.8 – Prada Transformer: http://iwan.com/photo_OMA_Prada_Transformer_Waist_Down.php; http://prada-transformer.com/
Fig. 3.9 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.10 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.11 – Imagem aérea Beira Mar: Google Earth
Fig. 3.12 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.13 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.14 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.15 – Renda: http://www.acasa.org.br/objeto/OB- 00906/c16b9689daead80e7693f87fe4b260cf. Foto: Gustavo Ribeiro
Fig. 3.16 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.17 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.18 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.19 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.20 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.21 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.22 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.23 – Google Earth
Fig. 3.24 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.25 – Folhas: http://www.flickr.com/photos/valedaneblina/6759523895/sizes/l/in/photostream/
Fig. 3.26 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.27 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.28 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.29 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.30 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.31 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.32 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.33 – Imagem gerada pelo autor.
Fig. 3.34 – Imagem gerada pelo autor.

Sumário

Apresentação e Contextualização do Objeto de Estudo 11

Arcabouço Conceitual 13

Sociedade líquida 17

Arquitetura digital 21

Cultura e identidade 23

Arcabouço Tecnológico 27

O Computador como ferramenta de projeto e produção 30

Desenvolvimento das tecnologias 32

Prototipagem rápida e fabricação digital 38

Realidade Brasileira 46

Projeto 47

O programa 49

A inspiração 50

O partido 50

O método 53

Tipologia linear: pavilhão Av. Beira Mar 55

Tipologia espacial: pavilhão Praça do Ferreira 64

A flexibilidade do processo 68

Perspectivas 70

Referências e Anexos 73

Bibliografia 75

Pranchas Anexos I – XV

Apresentação e Contextualização do Objeto de Estudo

"Arquitetura é a vontade da época traduzida em espaço."

Ludwig Mies van der Rohe

A aceitação de uma ideia pela sociedade está intimamente ligada a uma confluência de fatores econômicos, políticos, sociais e culturais favoráveis. Podemos observar historicamente inúmeros exemplos de ideias que por falta de adequação ao contexto são descartadas ou ignoradas até que em um momento futuro, uma nova situação justifique o seu novo desenvolvimento.

Estamos vivendo na primeira década do século XXI em um período em que o potencial acumulado ao longo dos anos através do desenvolvimento de conceitos teóricos, evolução tecnológica, transformações econômicas, sociais e políticas, está desencadeando uma série de revoluções que vinham tomando forma desde os anos 80, após a decadência (ou evolução) do que foi conhecido como Pós-modernismo.

Politica e socialmente, o triunfo do neoliberalismo contribuiu para a criação de um estado de "modernidade líquida[1]" — caracterizada pela descentralização, pela decadência das instituições e pela constante transformação —, em oposição à "modernidade sólida" — caracterizada pela força das instituições centralizadoras, pela aparente sensação de estabilidade e certeza. Paralelamente, o avanço da computação e das telecomunicações contribuiu para a criação da "era da informação" — caracterizada pelo estabelecimento de uma rede global de livre acesso à informação.

A inter-relação destes dois conceitos acaba por definir o Zeitgeist contemporâneo, influenciando a produção da nossa sociedade e, por conseguinte, a cidade e o objeto arquitetônico. A cidade do século XXI é caracterizada pela confluência entre identidades locais e globais, pelo elevado nível de mobilidade e pela coexistência de funcionalidades. O objeto arquitetônico, por sua vez, passa a sofrer uma influência maior das tecnologias digitais, que passam a influenciar a teoria espacial e a metodologia projetual, ocasionando em novas maneiras de se pensar e trabalhar os espaços, formas, volumes e funções. Esse novo tipo

[1] Conceito que vem sendo desenvolvido pelo sociólogo polonês Zygmunt Bauman em uma série de livros que procuram analisar os diversos aspectos da sociedade contemporânea.

de arquitetura produzida pela combinação de novos esforços arquitetônicos e tecnologia digital é geralmente conhecida como Arquitetura Digital (LIU, 2007, p. 07).

O presente trabalho pretende analisar os atuais métodos conceptivos e produtivos do objeto arquitetônico em um contexto que leva em consideração os avanços tecnológicos e as transformações socioculturais, observando as consequências desses processos e a sua repercussão na produção do espaço.

Como suporte às ideias apresentadas, é traçado um paralelo constante com o atual desenvolvimento de outras atividades produtivas, dando ênfase às de caráter criativo, como as artes, o design de produtos e o design gráfico, evidenciando as potencialidades e restrições da adoção dos conceitos na arquitetura.

Por fim, é desenvolvida uma família de objetos arquitetônicos, sob a forma de pavilhões de exposição efêmeros de Identidade e Cultura, utilizando metodologias e tecnologias que os potencializem como entidades capazes de se adaptar ao meio em que estão inseridos e de ser um placo flexível que atenda a múltiplas intenções de usuários e programas.

Arcabouço Conceitual

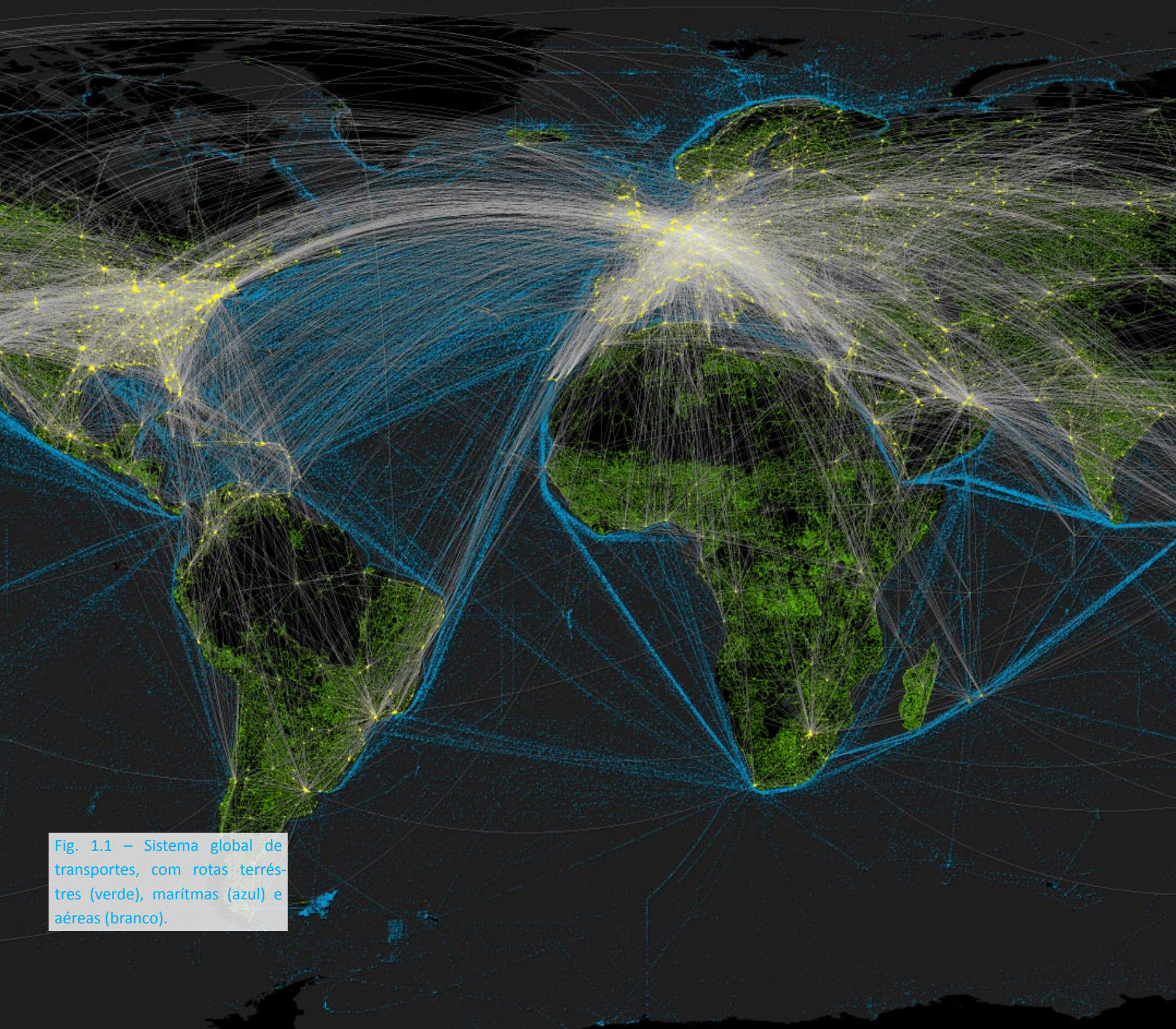

Fig. 1.1 – Sistema global de transportes, com rotas terrestres (verde), marítmas (azul) e aéreas (branco).

Fig. 1.2 – Rede de influência e conexões globais da rede social – Facebook.

Sociedade Líquida

Uma das consequências mais evidentes do processo de globalização é o gradual enfraquecimento do conceito de identidade, ao menos da maneira abordada na "modernidade sólida"[1]. Nesse período, refletindo o contexto político-econômico de disputa entre os dois eixos capitalismo-socialismo, os meio-termos foram deixados de lado e um posicionamento firme era exigido em todos os aspectos do cotidiano. Sendo assim, politicamente, grande parte do Séc. XX foi marcada pela ascensão de governos extremistas em diversos países e de fortes movimentos reacionários em resposta.

Os espaços idealizados neste período eram caracterizados pela imposição do *Zeitgeist* sobre o *genius loci*. Na escala urbanística, seguindo a lógica industrial, a cidade era concebida como uma máquina que deveria satisfazer as necessidades de habitar, trabalhar, recrear e circular, organizadas em setores bem definidos da maneira mais funcional possível (Fig. 1.3).

Na escala do edifício, o objeto arquitetônico era produzido segundo a mesma lógica, configurando-se como a máquina-de-morar (Fig. 1.4) ou de trabalhar (Fig. 1.5) e assim por diante, prezava pela clareza formal, com formas, elementos e, sobretudo, espaços bem definidos. Pensada em edifícios que poderiam ser instalados em qualquer fosse o local, alguns dos próprios elementos básicos da arquitetura moderna, como o pilotis, evidenciavam a desvalorização do *genius loci*.

[1] Período compreendido entre o começo do século 20 e o final dos anos 80, segundo Bauman (2000, p. 24).

Fig. 1.3 – Planta setorial de Brasília, projetada por Lúcio Costa.

Fig. 1.4 - Planta esquemática da Villa Savoye, de Le Corbusier, onde se pode observar a compartimentalização das funções rotineiras de um lar.

Fig. 1.5 – Andar tipo de um edifício empresarial moderno, com estações de trabalho compartimentadas em cubículos, criados originalmente por Robert Propst

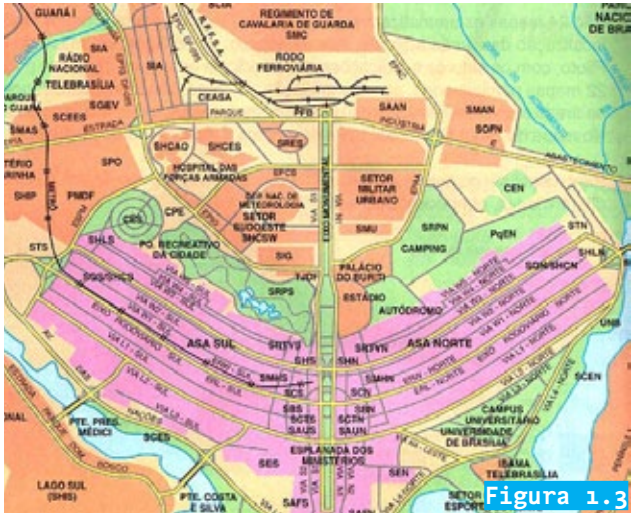

Figura 1.3

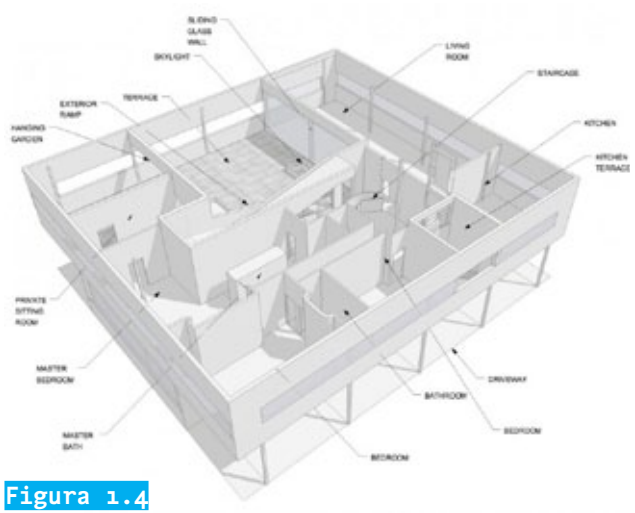

Figura 1.4

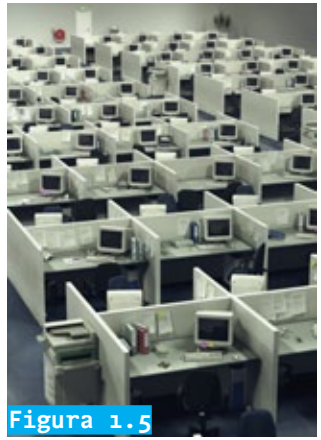
Figura 1.5

Figura 1.6

Fig. 1.6 – Marcas que tiveram poucos elementos alterados desde sua criação.

Na esfera social, as gerações conhecida como baby boomers (nascidos no pós-guerra, até meados dos anos 60) e geração X (de meados dos anos 60 até o final dos anos 80) eram caracterizadas por suas tendências de se segregar em grupos de indivíduos com características bem definidas. A informação que essa sociedade consumia era gerenciada por um pequeno grupo que dominava os meios de telecomunicação, principais responsáveis pela formação de opinião das massas (BOX1824, 2011).

Comercialmente, essa necessidade de uma identidade bem definida resultou em um grande desenvolvimento da indústria do design, da publicidade e da propaganda. O investimento em marketing se tornou um elemento vital para as empresas, visto a necessidade de posicionamento claro da marca em relação ao público alvo e o resultado disso pode ser observado nas visões e missões de marcas com grande tradição, bem como em alguns logos icônicos que, até os dias atuais, pouco ou nada mudaram (Fig. 1.6).

Vivemos agora em um contexto diferente, denominado por Zygmunt Bauman como "Modernidade Líquida", onde a ausência de disputa pelo domínio ideológico permite um estado de relaxamento que leva a um processo constante de adaptação/transformação – uma das características fundamentais e um dos motivos de êxito do capitalismo neoliberal – impulsionado pela evolução nas telecomunicações, que subverte as barreiras físicas e faz com que a escala global tenha uma influência constante na escala local.

A sociedade derivada deste contexto também está em constante mudança, sendo influenciada por uma rede de informações cada vez mais democratizada onde não existe controle sobre a verdade, sujeita a mudar dia após dia. As próprias instituições Kantianas — a família, o estado e a igreja—, que norteavam as certezas e a identidade do ser humano começam a perder força e se desintegrar (GEORG SIMMEL apud BAUMAN, 2004, p. 23).

Frente a tantas indefinições, resta ao indivíduo dessa geração assegurar sua integridade com uma identidade mutável, não mais pertencendo a um único grupo social definido, mas permeando inúmeras comunidades – físicas ou virtuais –, criando avatares temporários que servem para externar apenas o que é relevante naquele momento, buscando sempre a sensação de pertença inerente a sua natureza gregária[2].

O ato de consumir também foi transformado, assumindo agora responsabilidade parte da formação da identidade do ser humano. Frente ao detrimento do poder do estado, o

[2] Definição de *Cloakroom communities*, por Richard Webber, comunidades formadas instantâneamente com uma série de características em comum, onde identidades são "vestidas como uma capa leve, prontas para serem retiradas a qualquer momento" (Bauman, Identidade, 2004)

poder agora está na mão das corporações, que emergem como base sólida e poderosa num sistema que gira "não só em torno do capital, mas também em torno da mídia" (informação verbal)[3] . Se antes os produtos se moldavam aos valores do usuário, agora os valores se inverteram e marcas tomam o lugar das falidas instituições, criando personalidades idealizadas com as quais os indivíduos almejam se identificar.

Todas essas transformações da sociedade são naturalmente refletidas diretamente na maneira que construímos o espaço urbano e as edificações. O tráfego intenso de influência global sobre o local faz com que os espaços se tornem cada vez mais um lugar-comum, situação descrita pelo arquiteto Rem Koolhaas em seu texto "A Cidade Genérica". Essa cidade genérica tem sua riqueza e dinamicidade caracterizadas nas suas infinitas contradições, na tentativa da conservação de seu patrimônio histórico frente às novas incursões sobre o espaço urbano, na constante dialética entre o *Zeitgeist* e o *genius loci*.

Todavia, a ideia desenvolvida por Koolhaas desconsidera que, de maneira geral, as cidades são entidades que demoram para serem transformadas, por exigir um investimento alto

Figura 1.8

Figura 1.7

[3] Informação obtida de palestra em vídeo proferida por Peter Eisenman em 23 de março de 2010, no auditório do Berlage Institute, cujo o tema era Genius Loci and the Zeitgeist: Two Ideologies.

Fig. 1.7 – Kunsthaus Graz, dos arquitetos Peter Cook e Colin Fournier se insere dentro do tecido da cidade medieval Graz, colocando em dialogo o patrimônio histórico da cidade com uma arquitetura contemporânea.

Fig. 1.8 – Grandes centros urbanos que tiveram um intenso desenvolvimento recente apresentam características semelhantes, independente da sua localização. Sentido horário: Jacarta, Cidade do México, Xangai e São Paulo.

de dinheiro, mão-de-obra e energia. Se existem algumas cidades que estão passando por um intenso processo de transformação, a maior parte delas muda de maneira gradual, com elementos locais e globais convivendo no mesmo espaço, se influenciando mutuamente.

Saindo da escala da cidade e adentrando a escala dos edifícios, o intenso ritmo de transformações da sociedade coloca em questão a permanência e a materialidade do objeto arquitetônico, fazendo surgir uma nova arquitetura, que trata os espaços de maneira mais fluida e leva em consideração o tempo e a informação como componentes essenciais do projeto.

Figura 1.9

Fig. 1.9 – Blur Building, por Diller + Scofidio, é um edifício que explora a imaterialidade e efemeridade do vapor d'água, criando um espaço etéreo e desafiando o conceito de espaço construído.

Arquitetura Digital

O desenvolvimento dos diferentes estilos arquitetônicos por vezes acompanha as transformações culturais da sociedade, que inspiram novas intenções projetuais e, aliadas a novas técnicas produtivas, fazem surgir novos repertórios de como se pensar e articular os espaços. Historicamente, a arquitetura utiliza a geometria Euclidiana para conceber, representar e executar seus objetos. Esta tradição se fundamenta principalmente nas ferramentas utilizadas pelos projetistas e técnicas construtivas disponíveis, pois, segundo Mitchell (2001, p. 354), os "Arquitetos desenhavam o que podia construir e construíam o que podiam desenhar".

Durante o pós-modernismo, os arquitetos gabavam-se de ter se livrado das amarras Euclidianas no espaço e, motivados por materiais 'formativos' como o concreto e o plástico, foram inspirados a tratar a forma de maneira mais livre e ilimitada (SCHMAL, 2001, p.199), mas a falta de ferramentas apropriadas para seu uso fez com que na verdade sob suas curvas, se escondessem os mesmos tijolos utilizados anteriormente e uma camada de enchimento (JODIDIO, p.14).

A segunda metade do século XX foi marcada pelo desenvolvimento de novos materiais e pela rápida evolução do computador como ferramenta de auxílio ao desenvolvimento humano. À medida que este foi passando a oferecer possibilidades de trabalhar com articulação de geometrias e simulação de espaços, se verificou um grande potencial a oferecer ao processo de projeto, que, aliado aos novos materiais e técnicas de fabricação desenvolvidas com a evolução da robótica, vem modificando a arquitetura contemporânea.

"Arquitetura Digital" é um termo desenvolvido por Yu-Tung Liu[4] no final da década de 90 para definir a arquitetura produzida pela combinação de novos esforços arquitetônicos com tecnologias digitais. O resultado observado no primeiro momento deste novo período era uma livre experimentação de formas e superfícies com o intuito de descobrir as possibilidades de se trabalhar com o espaço de maneira não-Euclidiana. Impulsionado pelo controle sobre formas livres que vinha sendo evidenciado nas indústrias automotivas e aeroespaciais graças a utilização dos *Non Uniform Rational Basis Splines* (NURBS) (Fig. 1.10), foram surgindo vários exemplares do que ficou conhecido como arquitetura dos *"blobs"*,

[4] Interessado em compreender o fenômeno arquitetônico emergente no início dos anos 90, Yu-Tung Liu criou o Far Eastern International Digital Architectural Design Award (FEIDAD), concurso onde o desenvolvimento e a discussão aberta sobre a produção da arquitetura digital eram colocados em pauta (LIU, 2007, p. 8). Mais recentemente temos o exemplo do SmartGerometry Group, que organiza conferências, workshops e grupos extracurriculares com o intuito de "incentivar o ensino e a pesquisa na área de aplicações avançadas de CAD" (CELANI, 2008, p.15).

Fig. 1.10 – Superfície NURBS com seus respectivos pontos de controle.

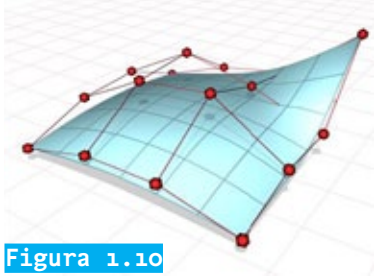

Figura 1.10

caracterizada pela utilização de formas orgânicas – nem sempre amebóides – e complexas soluções de estrutura e fechamento, possíveis apenas graças a utilização do CAD.

Nesta arquitetura de formas complexas cada vez menos os métodos bi-dimensionais de representação tradicionais suprem as necessidades de compreensão espacial e comunicação entre as partes envolvidas no projeto. Sendo este último fator condicionante para o sucesso do projeto, os novos métodos de representação vêm se consolidando como base para visualização e documentação dos projetos arquitetônicos, como afirma Pupo (2009, p. 20):

> "A representação tridimensional e o modelo físico proporcionam um maior êxito nessa comunicação, estabelecendo proporcionalidades, perspectivas e funcionalidades inerentes ao projeto, que talvez não pudessem ser evidenciadas em uma representação bi-dimensional."

Mais recentemente, a produção arquitetônica resultante de uma intensa utilização de computadores finalmente está atingindo um grau de maturidade onde não se busca apenas a exploração estética (JODIDIO, 2005, p.14). A complexidade dos programas arquitetônicos

Fig. 1.11 – O BMW Bubble, por Bernhard Franken, foi uma das primeiras estruturas no mundo inteiramente criada de maneira digital, da concepção à produção. Em sentido horário: Edifício construído, análise estrutural, análise de elementos finitos e análise gaussiana.

Figura 1.11

contemporâneos e dos contextos em que estão inseridos fazem com que a máxima performance do edifício seja um objetivo a ser alcançado e a utilização do computador se faz útil para garantir que aspectos como eficiência estrutural, adaptabilidade, conforto, capacidade para mudar com o uso e evoluir com o tempo sejam cumpridos.

As formas deixam de ser algo estático ou cristalizado obtido através de operações com sólidos geométricos e passam a ter sua materialidade definida pelas ferramentas do ambiente digital, que são concebidas em cima de conceitos como interatividade, modificabilidade e evolução (DE LUCA E NARDINI, 2002, p.21-22). Os autores definem ainda algumas das ferramentas que atuam em diferentes camadas do processo de produção digital, que serão detalhadas no Arcabouço Tecnológico:

Manipulação dos modelos digitais:

- Modelagem CAD
- Processos Generativos
- Interpolação de formas
- Animação
- Simulações fluídicas
- Simulações mecânicas
- Deformações espaciais

Interfaces de interação:

- Sensores (involuntários)
- Realidade Virtual (voluntários)

Materialização:

- Fabricação digital
- Prototipagem Rápida

Digitalização:

- Escaneamento 2D/3D

Cultura e Identidade

Com origem antropológica no latim *colere*, que significa cultivar, a palavra cultura possui diferentes sentidos, variando de acordo com o ramo de conhecimento em que está sendo aplicada. Remetendo ao campo da sociologia, Tylor citado por Nunes (2009, p.17) a define da seguinte maneira:

> "(...) é todo complexo que inclui conhecimentos, crenças, arte, moral, leis, costumes ou qualquer outra capacidade ou hábitos adquiridos pelo homem como membro de uma sociedade."

Um dos principais capitais simbólicos de um povo, a cultura influencia os indivíduos, distanciando o homem da animalidade e influenciando seus padrões comportamentais e até mesmo suas funções vitais (KROEBER apud NUNES, 2009, p. 19). Está também intimamente ligada ao sentimento de identidade e pertença, inerentes à natureza gregária do ser humano.

Por se estabelecer e se difundir a partir das relações sociais, a cultura é diretamente influenciada pela comunicação. Em um contexto onde as novas tecnologias digitais possibilitam a propagação de informação em escala global de uma maneira sem precedentes, é cada vez mais evidente a emergência de macrotendências culturais, que estão em constante interação com as culturas locais, numa relação que resulta em problemas e oportunidades inéditos (PLANO Nacional de Cultura, 2007, p.15).

Enquanto por um lado, grupos de identidade mais fracos correm o risco de serem dissolvidos diante das dinâmicas econômicas excludentes que debilitam e ameaçam valores e expressões culturais, por outro, as tecnologias "proporcionam novos fluxos de experimentação artística e oportunidades de valorização de tradições culturais específicas, combinada ao uso criativo dos mais recentes recursos científicos e tecnológicos" (PLANO Nacional de Cultura, p.15).

É papel do governo instituir a regulação das "economias de cultura", na forma de planos de incentivo à cultura que ultrapassem o alcance tradicional e restritivo das belas-artes e dos produtos da indústria cultural, alicerçados em diretrizes que garantam o pluralismo, uma maior igualdade de oportunidades e a valorização da diversidade. O plano descrito a seguir procura estimular o desenvolvimento igualitário e a difusão de todas as formas de arte, estando o projeto arquitetônico proposto no presente trabalho de acordo com seu escopo de ações.

Plano Nacional de Cultura

O Plano Nacional de Cultura – PNC – é "um plano de estratégias e diretrizes para a execução de políticas públicas dedicadas à cultura" (PLANO Nacional de Cultura, p.11), que leva em consideração as dinâmicas emergentes no mundo contemporâneo, sem deixar de atender às manifestações históricas e consolidadas.

Compreendendo que o estado deve atuar como "indutor, fomentador e regulador das atividades, serviços e bens culturais" (PLANO Nacional de Cultura, p. 28), o programa prevê uma série de investimentos à "criação, produção, circulação, promoção, difusão, acesso, consumo, documentação e memória", mediante fundos públicos e privados, patrocínios e disponibilização de meios e recursos (BRASIL. Lei nº 12.343 – Plano Nacional de Cultura, 2010, capítulo 1).

Como resultado da Segunda Conferência Nacional da Cultura, foram estabelecidas 32 propostas prioritárias, dentre as quais serão listadas à seguir as mais relevantes para o desenvolvimento do programa proposto (II Conferencia Nacional de Cultura – PNC – Prioridades, 2010).

1. Implementar políticas de intercâmbio em nível regional, nacional e internacional entre os segmentos artísticos e culturais, englobando das manifestações populares tradicionais às contemporâneas que contemplem a realização de mostras, feiras, festivais, oficinas, fóruns, intervenções urbanas, dentre outras ações, estabelecendo um calendário anual que interligue todas as regiões brasileiras, com ampla divulgação (...).

80. Estabelecer uma política nacional integrada entre os governos federal, estaduais, municipais e no Distrito Federal, visando a criação de fontes de financiamento, vinculação e repasses de recursos que permitam a instalação, construção, manutenção e requalificação de espaços e complexos culturais com acessibilidade plena: teatros, bibliotecas, museus, memoriais, espaços de espetáculos, de audiovisual, de criação, produção e difusão de tecnologias e artes digitais, priorizando a ocupação dos patrimônios da união, dos estados, municípios e do Distrito Federal em desuso no país.

Arcabouço Tecnológico

"Produção em massa foi o ideal do século XX. Customização em massa é a recém-emersa realidade do século XXI"

Stephen Kieran e James Timberlake (2004, p. xii)

A evolução da computação e da robótica atingiu um nível de desenvolvimento que está, aos poucos, mudando alguns conceitos de produção da nossa sociedade. Saímos de uma era moderna, onde a racionalização extrema e a produção em série tornaram possíveis o sonho do consumo em massa, e chegamos em uma época onde o consumo pode ser personalizado, pois o próprio processo de fabricação das peças oferece essa flexibilidade.

Com a segunda revolução industrial, as linhas de montagem passaram a ocupar o chão das fábricas, otimizando a produção de peças e consequentemente reduzindo os preços dos produtos, com a condição que as peças fossem idênticas ou sofressem apenas pequenas alterações. Um dos exemplos que ilustram esse tipo de produção em seu início é a célebre frase de Henry Ford onde "Você pode ter o seu Modelo T em qualquer cor, contanto que seja preto". A arquitetura, que antes da revolução industrial era inevitavelmente artesanal, também passou a adotar estes conceitos industriais, emergindo com o modernismo uma arquitetura fortemente baseada em módulos e elementos pré-fabricados.

Segundo Jodidio (2005, p.14), "A lógica economicista das máquinas levou ao abandono do único em favor do idêntico, à unidade normalizada". Mas com a evolução do maquinário, a introdução da computação e o desenvolvimento da robótica, ocorreram grandes mudanças nesta lógica. Ferramentas de precisão foram desenvolvidas, capazes de criar peças únicas com pouca ou nenhuma diferença de custo em relação à peças idênticas. Mas não é só o processo de

Figura 2.1

Fig. 2.1 – Unité d'Habitation, de Le Corbusier, série de grandes edifícios baseados em módulos.

Fig. 2.2 – Ford T, de Henry Ford, primeiro carro a ser produzido em massa, no sistema de linha de montagem. Modelo e linha de produção.

Figura 2.2

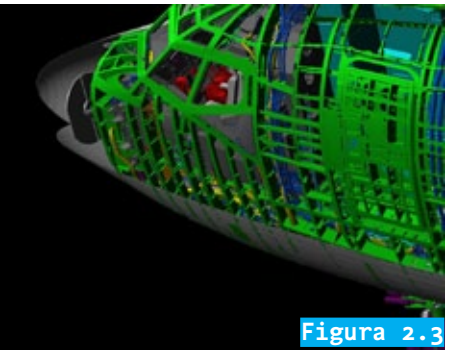

Figura 2.3

[1] "Boeing's 'paperless' plane pushes envelope" – Lakeland Ledger, 17 nov. 1991.

Fig 2.3 – Modelo tridimensional de um Boeing 777, projetado de maneira inteiramente digital no software CATIA

fabricação que está migrando do analógico para o digital, o próprio exercício do projeto, da concepção ao detalhamento, cada vez mais é alçado em técnicas digitais.

Chegamos no século 21 em um grau de evolução da computação onde algumas indústrias transferiram seu processo projetual formal inteiramente para o ambiente digital, um exemplo disso é a empresa Boeing, onde todos os seus aviões mais recentes foram projetados em um ambiente "*paperless*"[1]. Avanços na integração do computador com o maquinário industrial e o surgimento de processos de fabricação digital a partir de modelos digitais possibilitam tamanha flexibilidade na produção que o consumo em massa de objetos customizados está pouco a pouco se tornando realidade.

O Computador como ferramenta de Projeto e Produção

"Computar não é mais algo que diz respeito a computadores. Diz respeito a viver"

Nicholas Negroponte

O ato de projetar e produzir com o auxílio de computadores vem sendo adotado nas mais diferentes indústrias como forma de se obter alta precisão e qualidade em processos ágeis, reduzindo consideravelmente o tempo necessário para concepção e produção de peças. O computador facilita também a integração entre diversas equipes envolvidas em um projeto, possibilitando a colaboração simultânea e favorecendo a exploração de novas soluções.

Se em áreas como as da matemática aplicada e engenharia o uso do computador se tornou ubíquo, em áreas criativas o seu uso sempre sofreu certa resistência. Há o medo de que o computador iniba o processo criativo, conceito que muitas vezes se associa à falta de domínio sobre esta ferramenta. O computador não tem a capacidade de conceber idéias imaginativas, necessitando obrigatoriamente de um mínimo de instruções para que possa trabalhar e, assim sendo, não pode ser considerado criativo, apesar disto, sua capacidade de realizar cálculos e verificações em um curto período de tempo oferece um campo de possibilidades a se explorar muito vasto.

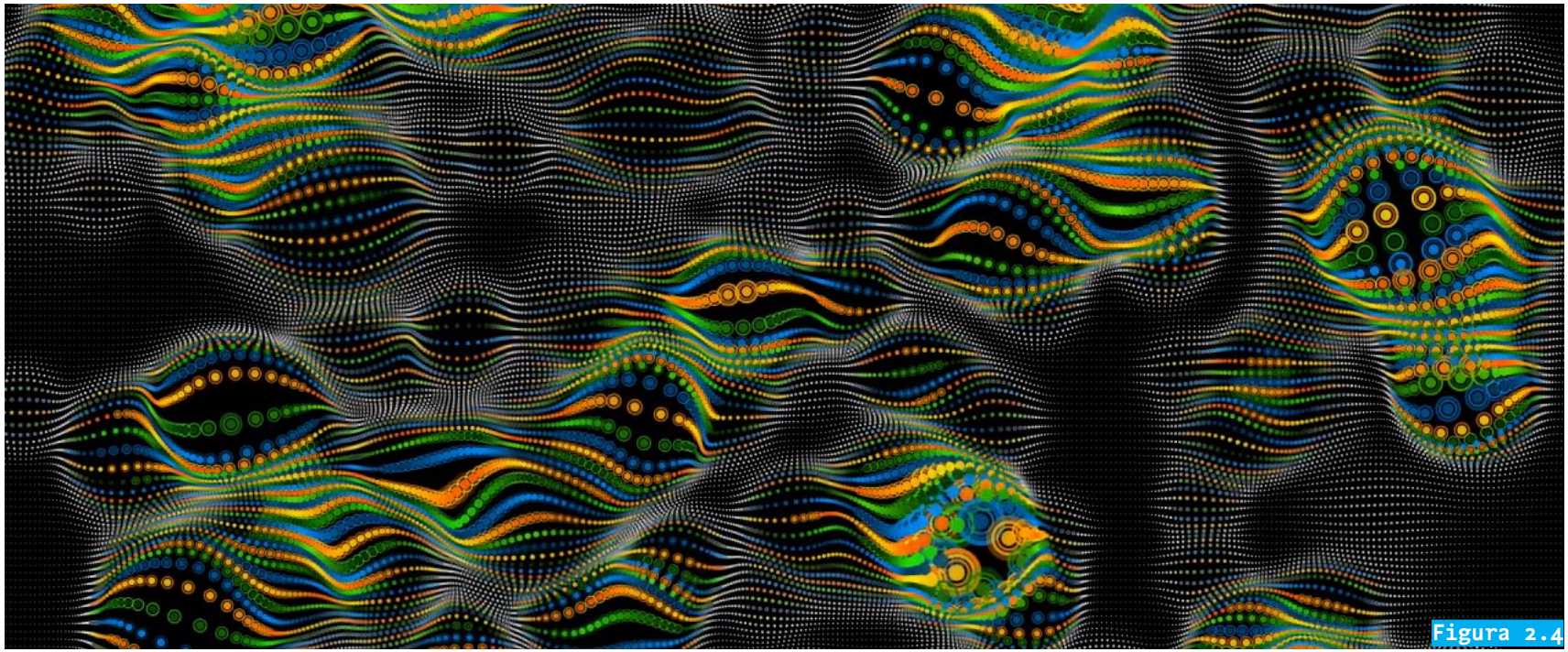

Figura 2.4

O domínio de linguagens de programação possibilita ao usuário um ajuste fino sobre as operações realizadas pelos softwares e, sendo assim, torna possível adaptá-los ao seu processo criativo. O desenvolvimento de linguagens de programação visuais está fazendo com que haja uma cada vez maior de artistas para os meios digitais, já que essas linguagens altamente intuitivas facilitam a transposição do método criativo para o computador.

Tecnologias recentes permitem ainda que processos criativos baseados em métodos tradicionais sejam transpostos sem dificuldade para dentro do ambiente de desenvolvimento do computador. Técnicas de engenharia reversa como o escaneamento 3d e a realidade aumentada oferecem a possibilidade de que processos de criação tradicionais se integrem facilmente aos processos digitais, sem que haja a necessidade de abrir mão de um destes.

A arquitetura sempre se inseriu entre arte e técnica, sua concepção é basicamente um trabalho criativo, mas com diversas limitações executivas, sendo seu resultado um equilíbrio das duas partes. Considerando essa particularidade, o design auxiliado por computador tem um potencial enorme a ser explorado pela arquitetura, oferecendo ao projetista a possibilidade de criar, copiar, transformar e deformar entidades gráficas complexas (De Luca e

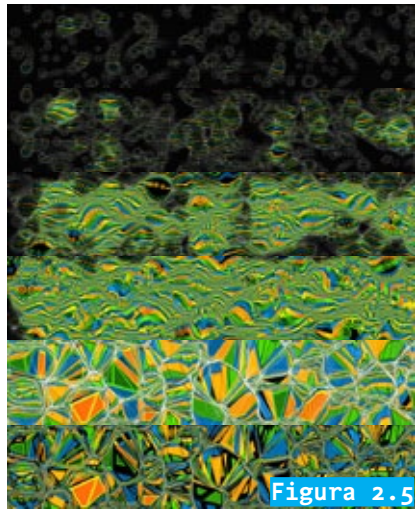

Figura 2.5

Fig. 2.4 e 2.5 – Electroplastique, por Marius Watz. concebido utilizando linguagem de programação

Nardini, 2002, p.9), além de testar a eficiência de propostas rapidamente, gerar alternativas e gerar informação para produção instantaneamente, porém, na maioria das vezes, essas possibilidades são subutilizadas e o *Computer Aided Design* (CAD) fica relegado apenas a representação gráfica. De acordo com Celani (2002, p. 17), um dos grandes responsáveis por essa subutilização é o ensino nas faculdades de arquitetura, que carece de fundamentação em teorias de design computacional e de ensino de linguagens de programação para que haja um controle maior sobre os softwares operados. Quanto mais cedo os alunos tiverem acesso aos conceitos básicos do CAD, mais liberdade terão ao utilizar um computador sem se sentirem limitados por suas ferramentas.

Desenvolvimento das Tecnologias

Com suas aplicações evidenciadas primeiramente nas indústrias automotivas e no design industrial, que segundo Pupo (2005, p.21) "são grandes fontes inspiradoras para o crescimento no uso de novas técnicas de produção também na arquitetura", as tecnologias digitais se desenvolveram de maneira integrada durante os últimos 60 anos, culminando em uma "*Digital chain*" (corrente digital) de processos que unifica todas as fases de projeto — da concepção à produção. O desenvolvimento de cada uma dessas ferramentas será descrito à seguir.

CAD — a concepção

Celani (2002, p.33), a partir do trabalho de Mitchell, divide a história do desenvolvimento do *Computer Aided Design* em sete gerações, já evidenciando o início de uma oitava, que, possivelmente, está se consolidando no presente momento.

Se inicia na década de 50, com implementações experimentais, utilizadas principalmente no âmbito acadêmico e com pouco apelo para a indústria. A falta de uma interface gráfica nos primeiros computadores dificultava o desenvolvimento dessa ferramenta, que segundo os teóricos, uma vez em plena utilização, seria utilizado pelos projetistas para representação gráfica, análise, simulação, otimização, exploração de formas, geração de alternativas e automação de tarefas de design. (CELANI, 2002, p.18)

O primeiro software comercial de CAD, denominado *Sketchpad*, foi desenvolvido por um Ivan Sutherland, doutorando do MIT, no início dos anos 60 e possibilitava a ao projetista desenhar com uma caneta especial diretamente na tela do computador. Apesar de não contar com uma precisão muito grande, o aplicativo foi revolucionário por ser o primeiro a combinar manipulação de dados com uma interface gráfica e ele é considerado um ponto inicial para o desenvolvimento de softwares mais precisos e com benefícios para as indústrias.

A inserção do CAD nas indústrias foi impulsionado pelo desenvolvimento das *Non-Uniform Rational Bézier Splines* - NURBS - (ROGERS, 1991) no início da década de 60 por Paul de Casteljau e Pierre Bézier. Elas permitiam a representação e o controle de curvas e superfícies livres, essenciais para as indústrias naval, automotiva e aeroespacial. Os sistemas de CAD foram sendo implementados gradativamente em ambientes que exigiam alta precisão e performance, causando revoluções nas indústrias automobilística, aeroespacial e aeronáutica. Nos primeiros anos da tecnologia, apenas grandes empresas podiam arcar com os preços dos computadores necessários para a utilização do CAD e devido as especificidades de cada indústria, os softwares eram desenvolvidos sob demanda dentro da própria empresa, não passando de ferramentas de desenho 2D que contavam com o benefício de automatizar tarefas repetitivas e reduzir os erros de projeto, mas que devido a complexidade, só eram operadas por técnicos.

A partir dos anos 70, com a redução do preço dos computadores e o interesse em aplicações de CAD, diversas empresas começaram o desenvolvimento de plataformas comerciais, que foram sendo adotadas aos poucos por construtoras e grandes escritórios de engenharia e arquitetura dos Estados Unidos da América, porém os softwares ainda eram operados por técnicos e, de acordo com Geoffrey Broadbent, citado por Celani (2002, p.34), para a maioria dos arquitetos, se não havia mais a repulsa em relação aos programas de CAD, havia a mistificação e o receio de que os computadores fosse inibir o aspecto humano da arquitetura.

Ainda na década de 70 surgiram os primeiros programas que possibilitavam operar com sólidos 3D, porém os computadores da época ainda não tinham a capacidade de processamento necessária para se trabalhar com modelagem tridimensional. Não foi até o início dos anos 80 que o aumento na capacidade de processamento, o surgimento do sistema operacional com interface gráfica e a redução do preço das estações de trabalho, juntamente com a redução de preço dos softwares, culminaram na viabilização do CAD para os mercados de

arquitetura e eletro-eletrônicos, sobretudo nas empresas de pequeno porte. Esses fatores aumentaram significativamente a demanda pelos softwares CAD para clientes "não high-end" fez com que várias empresas começassem a lançar suas plataformas próprias e o mercado se que no início da década ainda era insípido, se tornou altamente competitivo. Nesta década surgiram os softwares CAD mais conhecidos e utilizados na área da arquitetura até os dias atuais.

O lado negativo dessa popularização é que os programas de CAD foram simplificados para serem utilizados nos computadores pessoais e, segundo Mitchell citado por Celani (2002, p. 18), isso afetou o desenvolvimento de toda a história da utilização do CAD na arquitetura, pois boa parte da gama de recursos da plataforma foram ignorados, e enquanto áreas como a engenharia aeronáutica e o design de produtos tentavam inserir em suas cadeias produtivas programas de modelagem sólida paramétrica, por muitos anos os arquitetos continuaram a utilizar o CAD apenas como um substituto para a prancheta de desenhos.

Nos anos 90, a popularização da internet e das redes de computadores tornaram possível a colaboração remota – a interação de várias pessoas em um mesmo arquivo, estando estas na mesma sala ou do outro lado do mundo –, facilitando a integração e o gerenciamento das diversas partes envolvidas em um projeto, essas ferramentas de integração e controle dos dados foram denominadas *Product Lifecycle Management* (PLM). A presença de plataformas CAD nos escritórios de arquitetura passaram de exceção à regra e as possibilidades mais amplas previstas no início do desenvolvimento da tecnologia começaram a ser exploradas. A análise e simulação de elementos de projeto e a renderização, foto-realística ou não, passaram a ser utilizadas como ferramentas de auxílio aos projetistas, oferecendo informações relacionadas à eficiência, ao custo e a viabilidade da proposta em etapas antecipadas de projeto.

Enquanto foram passando por algumas melhorias em performance e suas interfaces foram ficando mais simples e intuitivas, poucas mudanças drásticas ocorreram nos softwares CAD nos anos 2000, podemos destacar a integração de bancos de dados dos fabricantes com a biblioteca nativa de componentes dos programas, como forma de facilitar o detalhamento e especificações técnicas, e também o recente desenvolvimento de ferramentas paramétricas integradas à interface de desenho dos programas. Apesar da constante

evolução dos softwares CAD tradicionais voltados para arquitetura, aos poucos eles estão sendo substituídos ou complementados pelos programas BIM, que serão abordados mais adiante.

CAM — a produção

Se desenvolvendo ao longo desses 60 anos em paralelo às plataformas de CAD, o Computer Aided Manufacturing (CAM) é o processo de produção industrial automatizada, com a utilização de robôs ou outras máquinas que realizam processos de maneira independente e flexível, orientados por sistemas de Controle Numérico Computadorizado (CNC) (U.S. Congress, Office of Technology Assessment. 1984, p.48).

De suas primeiras utilizações experimentais na década de 50, o CAM começou a ser implementado nas indústrias automotiva e aeronáutica, evoluindo a medida que o maquinário se desenvolve e se integra de maneira mais fluida com o computador, ficando capaz de realizar tarefas mais complexas de maneira mais precisa e rápida, ao mesmo tempo que suas interfaces ficam mais simples e intuitivas.

Atualmente, os processos de manufatura auxiliado por computador estão em praticamente todos os tipos de produção industrial, de calçados a eletro-eletrônicos e na arquitetura estes vêm crescendo à medida que práticas de construção eficiente vão sendo adotadas.

Na era industrial anterior à introdução dos computadores, cada etapa de produção era realizada por uma máquina concebida para realizar uma única operação específica, a necessidade de uma nova operação implicava frequentemente na reprogramação manual nas máquinas da linha de produção, fato que consumia recursos e atrasava a produção. Com a introdução dos computadores e a integração destes com o maquinário industrial, o CAM é responsável pelo gerenciamento dos processos de produção, onde uma simples mudança no código — *input* —que controla as máquinas já reconfigura a linha de produção.

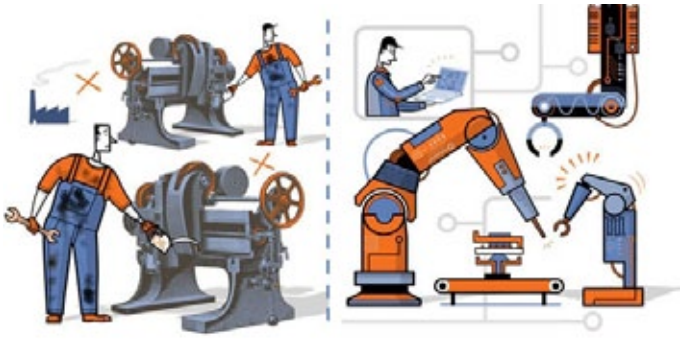

Fig. 2.6 – Manufatura industrial clássica vs. Produção automatizada.

Figura 2.6

Esse grau de flexibilidade inerente dos processos digitais de fabricação acaba eliminando a necessidade de produção em série para justificar alto investimento em um parque industrial concebido para a

concepção de um único produto, permitindo o desenvolvimento de tecnologias focadas na fabricação de peças individuais, que serão apresentadas e discutidas mais adiante na seção "Prototipagem Rápida e Fabricação Digital"

BIM — o gerenciamento

As práticas contemporâneas de indústrias e empresas utilizam uma integração entre diversas tecnologias de criação e gerenciamento de produtos conhecida como P*roduct Lifecycle Management* (PLM), responsável pela coleta e organização dos recursos ativos em todas as etapas de um projeto.

As áreas e tecnologias envolvidas no processo podem variar de indústria a indústria, mas geralmente compreendem as fases de concepção, desenvolvimento, produção/distribuição e uso/descarte, sendo todas essas auxiliadas pelo trabalho de gerenciamento e comunicação.

Embora o processo de PLM não seja dependente de softwares, a complexidade dos negócios e a necessidade de agilidade nos processos acabam por favorecer a utilização destes, sendo o CAD e o CAM as ferramentas situadas no centro do processo (CIMData). Entre os benefícios de se utilizar uma plataforma integrada de PLM, podem ser destacados a redução do tempo entre concepção e entrega do produto, aumento da qualidade, redução de custos em testes e menor desperdício na produção.

A indústria da construção civil se diferencia das indústrias tradicionais por possuir uma cadeia produtiva muito extensa e tradicionalmente desarticulada. As partes responsáveis pelo planejamento, concepção, produção e vendas raramente tem uma noção do processo como um todo e a interação entre estas é muito pontual, essa estrutura muitas vezes faz com que erros cometidos por um *stakeholder* não sejam identificados até uma etapa adiantada de execução, fazendo com que a qualidade diminua e o custo final aumente.

Visando a integração entre as diversas etapas do processo construtivo, a plataforma *Building Information Modeling* (BIM) foi desenvolvida especificamente para o design e a construção de edifícios, com o objetivo de integrar o processo de gerenciamento, projetos de arquitetura, estrutura e instalações, análises de eficiência, documentação, verificação de custos e controle de estoque em um único software, atuando como uma ferramenta de PLM específica para a construção civil. Antes da utilização dessa plataforma, o trabalho de

cada envolvido no projeto era gerado em arquivos separados e era necessário fazer compatibilizações que deixavam o processo mais demorado. Com a utilização de um único arquivo compartilhado entre os envolvidos, o processo flui mais rápido e os erros são reduzidos.

Os softwares BIM atuais foram desenvolvidos a partir da observação dos benefícios obtidos pela indústria de sistemas mecânicos ao adotar modelagem paramétrica baseada em objetos[2]. Enquanto nos softwares CAD 2D/3D tradicionais quase nenhuma informação referente aos objetos desenhados é armazenada, no desenho paramétrico a forma e composição de cada entidade podem ser definidas e controladas em uma estrutura de classes hierárquicas, facilitando alterações, análises e gerando os desenhos técnicos instantaneamente. Essa estrutura de trabalho é ideal para se trabalhar com objetos complexos como o arquitetônico, pois nela partimos de um nível bem simples do objeto, sobre o qual vão sendo adicionadas continuamente novas camadas de informação.

A exemplo da Boeing, mencionado anteriormente, que ao conceber o seu modelo 777 pôde definir as regras de aparência, fabricação e montagem de todo o interior do avião. Puderam ajustar parametricamente a fuselagem para que obtivesse uma melhor performance aerodinâmica em simulações de túnel de vento e, por fim, realizaram uma montagem virtual do modelo, onde conseguiram identificar mais de seis mil possíveis problemas e economizar 90% de tempo no retrabalho (EASTMAN et al, 2007, p.32). Na construção civil, é estimado que a utilização de um sistema BIM economize entre 5 a 10% em custos de projeto e construção, sem contar os gastos operacionais do edifício (BIM Outsourcing).

A atual geração de programas BIM é um bom exemplo da gama de possibilidades que o projeto auxiliado por computador pode oferecer à arquitetura, entretanto, na área da exploração conceitual de formas suas abordagens ainda são muito incipientes, sendo, até o presente momento, mais apropriada a utilização de outros tipos de software para este tipo de procedimento. Com o aumento do interesse em softwares de investigação de formas, as empresas de softwares BIM estão aos poucos desenvolvendo ferramentas que permitam a exploração e a integração dessas geometrias dentro de seus sistemas.

[2] "Edifícios são representados; aeronaves são modeladas." (KIERAN; TIMBERLAKE, 2004, p.59)

Prototipagem Rápida e Fabricação Digital

Fig. 2.7 – Sake set generator –exemplo de manufatura rápida com modelo gerado pelo usuário, em uma interface interativa online

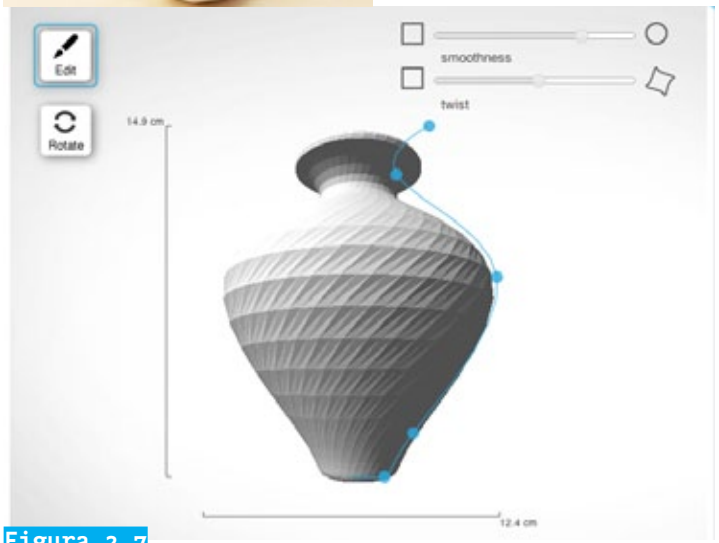

Figura 2.7

Compreendidas por diversas formas e técnicas de produção automatizada, a Prototipagem Rápida (PR) e a Fabricação Digital (FD) correspondem a materialização de propostas criadas no computador, sejam elas na forma de maquetes e protótipos para estudo e análise – no caso da Prototipagem Rápida –, sejam elas para a criação de componentes finais ou de moldes para a confecção destes – no caso da Fabricação Digital (PUPO p.26).

Além da finalidade do objeto produzido, outra diferença essencial entre Prototipagem Rápida e Fabricação Digital está no que diz respeito ao material utilizado e o processo de produção. Historicamente, a PR utiliza a técnica de adição de camadas sucessivas de substrato – resinas, gesso, plásticos, entre outros – até que a peça seja formada. Já a Fabricação Digital, como produz componentes finais ou moldes, utiliza materiais mais resistentes como o aço, vidro e a madeira, em blocos, tubos ou chapas, que passam pelos processos de corte – a laser, plasma ou jato d'água –, desbaste, enformamento ou dobramento/encurvamento.

Todavia, com o aumento na qualidade, a redução nos preços dos substratos tradicionais e o aumento da gama de materiais que podem ser utilizados pelas máquinas de prototipagem, a linha de divisão entre Prototipagem Rápida e Fabricação Digital está começando a desaparecer, pois técnicas utilizadas inicialmente exclusivamente para a produção de maquetes e protótipos estão sendo utilizadas para a produção de produtos de consumo, originando o processo conhecido pelo termo de Manufatura Rápida[3] (BUSWELL, em PUPO p.69-71). De acordo com dados da Wholers Associates, uma consultoria especializada na área, atualmente cerca de 20% dos produtos finais de um processo de prototipagem rápida são utilizados como peças finais, com uma estimativa otimista de que até 2020 essa taxa será de 50% (The Printed World, The Economist, 10/02/2011).

Até o início dos anos 90, enquanto a fabricação em série de produtos era associada a velocidade e custos reduzidos de produção, peças customizadas representavam o oposto e a personalização era considerada artigo de luxo. Entretanto, esses conceitos vêm mudando à medida que as tecnologias de fabricação baseadas no

Controle Numérico Computadorizado (CNC) vêm sendo adotadas como padrão nas linhas de produção, fazendo eventualmente com que não haja diferença entre produzir mil peças idênticas ou mil peças únicas.

A utilização de técnicas de PR e FD nas áreas da aeronáutica[3], produção de bens de consumo[2] e médica[3] já estão consolidadas. na área da arquitetura e construção civil, estas técnicas só estão sendo utilizadas significativamente há seis anos, segundo relatório da Wholers Associates, e, apesar de contarem com um crescimento rápido, ainda representam uma utilização muito pequena em relação à outras indústrias produtivas.

A própria tecnologia de fabricação das máquinas de prototipagem está evoluindo, reduzindo os preços finais e tornando-as mais acessíveis ao usuário doméstico. Ao trazer as ferramentas de manufatura para próximo do usuário final, todos os impactos do atual modelo de concentração da produção em polos industriais longe dos centros consumidores seriam drasticamente diminuídos. Alguns analistas da área, como Cathy Lewys (2008), acreditam que a tendência é que, eventualmente, essa tecnologia esteja inserida em todos os lares e ao invés de consumidores, teremos usuários que desenham ou carregam da internet e produzem em casa ou em um bureau de prototipagem próximo as suas necessidades materiais, mudando para sempre os padrões de produção e consumo da sociedade.

[3]Empresas de aviação substituem as técnicas substrativas para a obtenção de peças de titânio das aeronaves pelas técnicas aditivas, economizando até 90% do material utilizado, utilizando menos energia e produzindo em menos tempo (FILTON) (Fig. 2.8).

Fig. 2.9 – Desde 2006, a Apple vêm introduzindo técnicas de Fabricação Digital na sua linha de MacPros, iMacs, Macbook Pro e Macbook Air, produzidos através de uma série de processos de desbaste utilizando como matéria prima o alumínio.

Fig. 2.10 – A medicina utiliza técnicas de PR para planejamento pré-cirúrgico e técnicas de FD para a confecção de implantes.

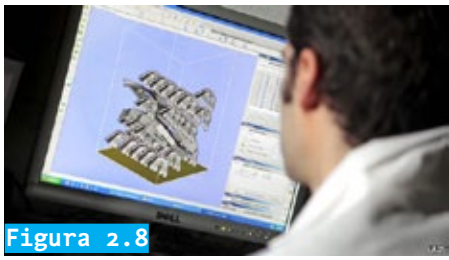
Figura 2.8

Figura 2.9

Figura 2.10

Fig. 2.11 – O arquiteto catalão Antônio Gaudì utilizava maquetes com o intuito de encontrar soluções estruturais otimizadas, com a adoção de correntes e cordas suspensas que formavam arcos catenários.

Fig. 2.12 – Frank O. Gehry utiliza maquetes no processo de exploração formal.

Figura 2.11

Prototipagem Rápida na Arquitetura

A produção de maquetes de objetos arquitetônicos sempre foi uma ferramenta essencial no processo de projeto, podendo ser destinada aos mais variados propósitos. A confecção de uma maquete pode auxiliar no estudo das proporções entre os volumes de um prédio, oferecer suporte a análises de insolação, ventilação e eficiência estrutural, e servir como meio de comunicação e visualização do projeto arquitetônico para aqueles incapazes de compreender desenhos técnicos.

Com o advento da Prototipagem Rápida, uma instância do objeto digital ou parte deste pode ser materializada, oferecendo "uma forma interativa e rápida de se obter informações importantes para as decisões projetuais" (PUPO, 2005, p. 25). Fazendo o caminho inverso, a digitalização 3D oferece a flexibilidade de executar ajustes rápidos na maquete física e transferir as modificações ao modelo digital.

Fabricação Digital na Arquitetura

Um dos pontos essenciais para a viabilização de qualquer projeto, seja este de um eletroeletrônico, de uma peça de indumentária ou de um objeto arquitetônico, é a definição

Figura 2.12

da técnica a ser utilizada na confecção das peças finais. O entendimento das possibilidades e restrições oferecidas pelas diversas tecnologias de fabricação e materiais disponíveis pode ajudar a direcionar intenções de projeto (Pupo e, como pode ser visto em uma análise histórica, até mesmo definir vocabulários projetuais de certas épocas.

O advento da industrialização dos elementos edificantes da construção civil propiciou um aumento gradativo na qualidade e eficiência dos processos construtivos, com ganhos em termos de agilidade, segurança e organização nas obras. A gama de elementos disponíveis vai desde elementos estruturais, passando por blocos de fechamento, escadas, esquadrias e até banheiros inteiros pré-fabricados.

Ordonéz, citado por Serra (2005, p. 3) destaca que a utilização de pré-fabricados, principalmente os de concreto armado, cresceu significativamente no período após a Segunda Guerra Mundial em função da necessidade de reconstruir cidades devastadas. Nessa época predominou a utilização do chamado ciclo fechado de pré-fabricação, onde os componentes eram procedentes de um mesmo fornecedor e buscava-se aplicar na construção civil os mesmos conceitos de produção em série com alto índice de repetição adotados em outras indústrias. Essa padronização, segundo Serra (2005, p. 4) criou um estigma associando a pré-fabricação à "uniformidade, monotonia e rigidez na arquitetura, com flexibilidade 'zero'."

Com o subsequente desenvolvimento de novas técnicas e o aparecimento dos componentes pré-fabricados de ciclo aberto – originários de várias indústrias e compatíveis entre si –, a pré-fabricação tomou novo impulso e vem sendo responsável por processos de construção rápidos, organizados, limpos e com alta qualidade nos acabamentos.

Assim como a definição da utilização de pré-moldados de concreto estabeleciam certas restrições ao projeto arquitetônico, as diversas técnicas disponíveis de Fabricação Digital oferecem potencialidades e restrições que têm de ser conhecidas pelo arquiteto em estágios preliminares de concepção. Iwamoto (2009) define cinco métodos formativos básicos, juntamente com as tecnologias mais apropriadas para cada método, descritos à seguir.

Seccionamento ou Fabricação em Duas Dimensões

Método projetual padrão nas indústrias navais e aeronáuticas há bastante tempo, a técnica de seccionamento possibilita a obtenção de formas com curvaturas complexas de maneira econômica e estruturalmente eficiente. Trata-se basicamente da disposição sucessiva de perfis

Figura 2.13

Fig. 2.13 – Adoção de sistemas pré-fabricados para hospitais da rede Sarah pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé).

Figura 2.14

Fig. 2.14 – Técnica de seccionamento adotada amplamente na indústria naval.

longitudinais e/ou transversais formando um esqueleto estrutural que pode ser revestido com chapas flexíveis para a criação de uma superfície.

Na arquitetura, essa técnica começou a ser explorada graças as capacidades formativas do concreto, sendo um exemplo icônico de sua utilização a coberta projetada por Le Corbusier para a Capela de Ronchamp, com sete perfis únicos de concreto que criam uma forma inspirada na asa de um avião.

Enquanto nos tempos anteriores à modelagem 3D cada perfil era projetado individualmente, atualmente cada seção é obtida automaticamente através da interseção de planos sucessivos com um modelo 3D do objeto projetado. O resultado de cada interseção pode ser enviado diretamente para uma máquina de corte e, para a melhor utilização desse tipo de processo formativo, as chapas originantes do processo podem ser montadas em uma estrutura de nervuras, empilhamento ou grelha estilo waffle (Fig. 2.15).

Fig. 2.15 – Livraria Florence Loewy, por Jakob + Macfarlane, com estruturas alveolares para a exposição de livros.

Fig. 2.16 – Sidney Story Factory, por LAVA. Uma única linguagem para diversos elementos espaciais

Figura 2.15

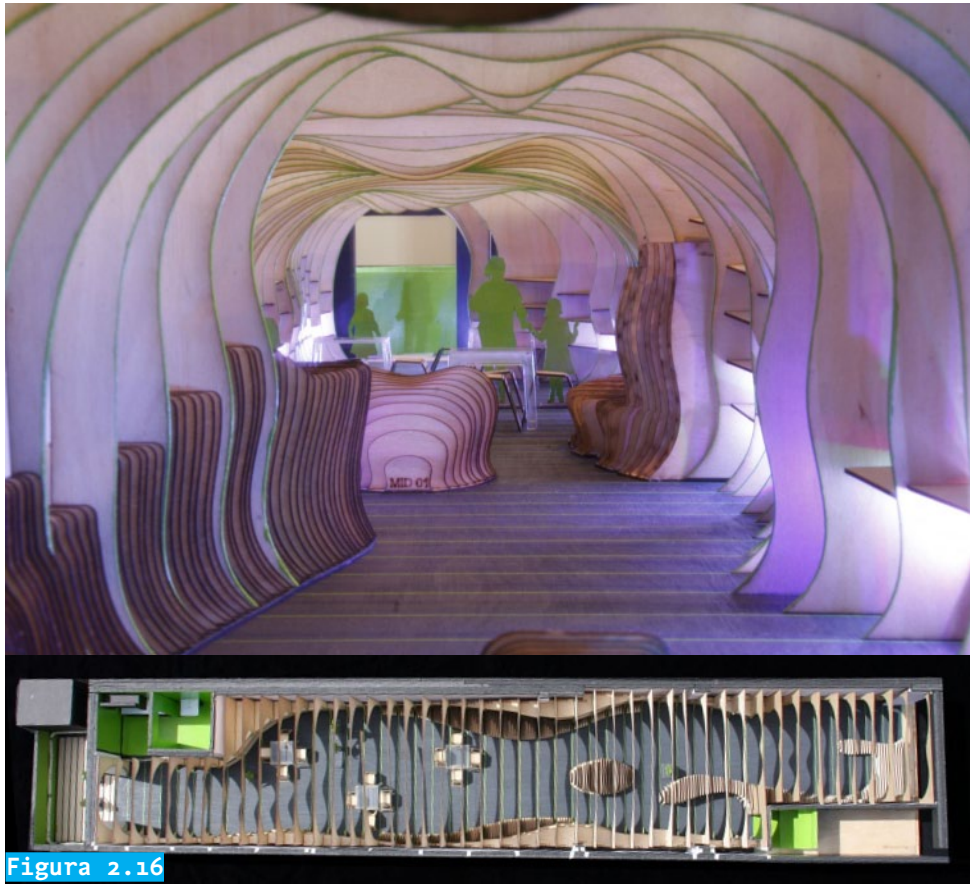
Figura 2.16

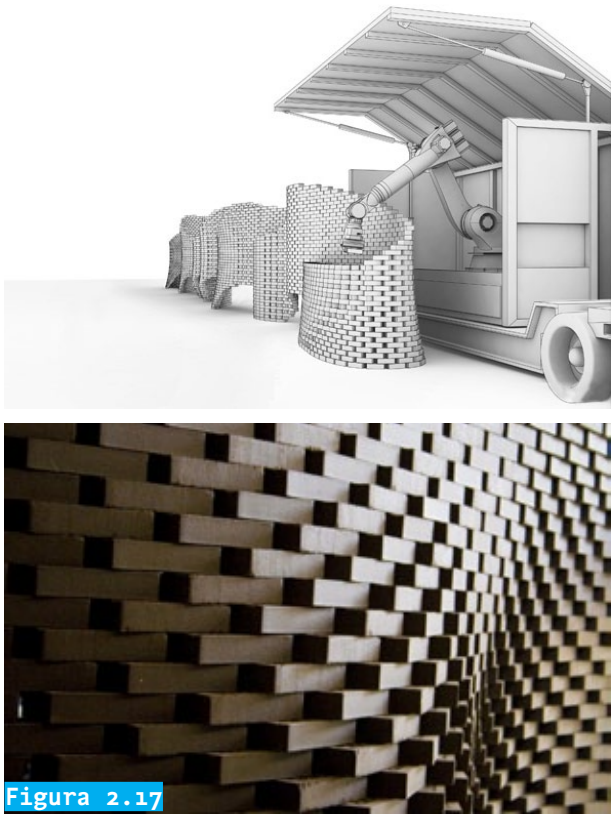

Figura 2.17

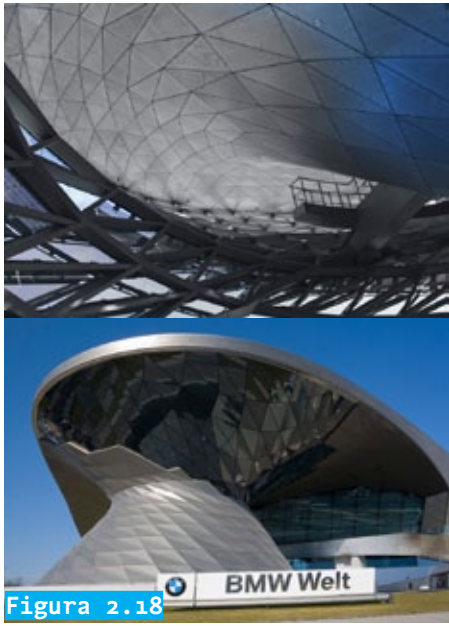

Figura 2.18

Tesselamento

Tesselar é o ato de construir uma superfície uniforme através de peças menores que se encaixam, originando-se a partir do nome das peças individuais de um mosaico (tessela). A adoção de peças modulares de escala reduzida oferece uma flexibilidade maior quanto ao preenchimento de superfícies, Labra (2008, p. 33) afirma que quanto menor o tamanho do módulo utilizado, maior a liberdade formal, porém menor a eficiência.

Mesmo sendo uma das técnicas mais tradicionais na arquitetura, pois uma simples parede de Tijolos tecnicamente é um tesselamento, a fabricação digital apresenta novas possibilidades, como a aproximação de superfícies complexas a partir de malhas poligonais, ou a maior liberdade ao se trabalhar com módulos (IWAMOTO, 2009 p.36), visto que estes podem ter suas peças customizadas de acordo com as necessidades do projeto.

Fig. 2.17 – Pike Loop, por Gramazio & Kohler. utiliza um braço robótico articulado para construir superfícies complexas com materiais low-tech. Em sentido horário: Esquema de construção; processo de montagem; detalhe do resultado final.

Fig. 2.18 – BMW Welt, por Coop Himmelb(l)au, utiliza polígonos triangulares para reconstruir superfícies complexas.

Figura 2.19 A.

Figura 2.19 B.

Fig. 2.19 – Yokohama International Port Terminal, por FOA, com suas vigas formadas pelo processo tectônico de dobramento.

Dobramento

Ato de transformar superfícies planas em tri-dimensionais, o dobramento é uma técnica versátil não somente para criar formas, como para criar elementos estruturais (IWAMOTO p.62). Visualmente atraente, efetivo em diversas escalas e materialmente econômico, essa técnica de fabricação confere rigidez e estabilidade aos mais diversos tipos de materiais. Iwamoto afirma ainda:

> "O ato de dobrar ou preguear permite a emergência de novos espaços e territórios sem que se percam as características nativas do que está sendo dobrado, além de seu potencial de manifestar coesão e continuidade de características espaciais, culturais, sociais, programáticas e contextuais em uma única linguagem."

Desbastamento ou Fabricação Subtrativa

Processo de fabricação onde várias camadas sucessivas de material são desbastadas ou lixadas por uma fresadora CNC. Um dos processos mais básicos de fabricação digital, amplamente difundido na produção de bens materiais, possui a desvantagem de consumir muito tempo e material, gerando grandes quantidades de resíduos (IWAMOTO, 2009, p. 91).

Seu uso na arquitetura se dá essencialmente na construção de componentes do edifício — como painéis acústicos personalizados ou divisórias —, ou na confecção de moldes para processos de enformação.

Enformação ou Fabricação Formativa

A fabricação de peças através de moldes se tornou a técnica mais utilizada em diversas indústrias por ser economicamente viável fabricar inúmeras peças a partir de um único molde. Também adotada intensamente na arquitetura, os elementos pré-moldados se tornaram um dos principais recursos dos arquitetos desde o modernismo, e sua utilização é ubíqua na indústria da construção civil (Iwamoto, p.108) seja na forma de pequenos elementos produzidos em larga escala, como cobogós, tijolos e blocos cimentícios, ou de elementos maiores, mas menos reprodutíveis como lajes, paredes e pilares.

Embora o processo de enformação nunca seja digital por si, a fabricação digital tem criado novas possibilidades para a rápida criação de moldes customizados com o auxílio de outras técnicas, como por exemplo o desbastamento.

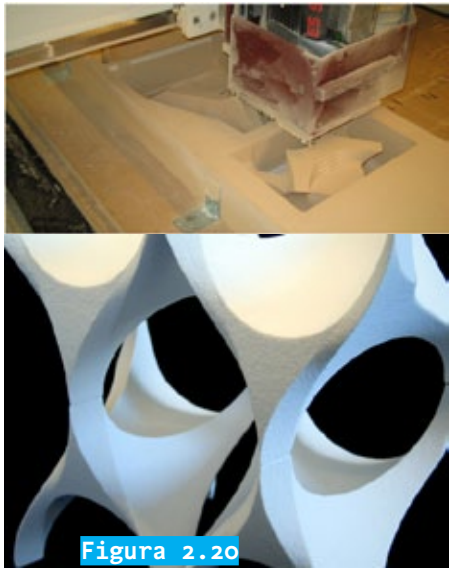

Figura 2.20

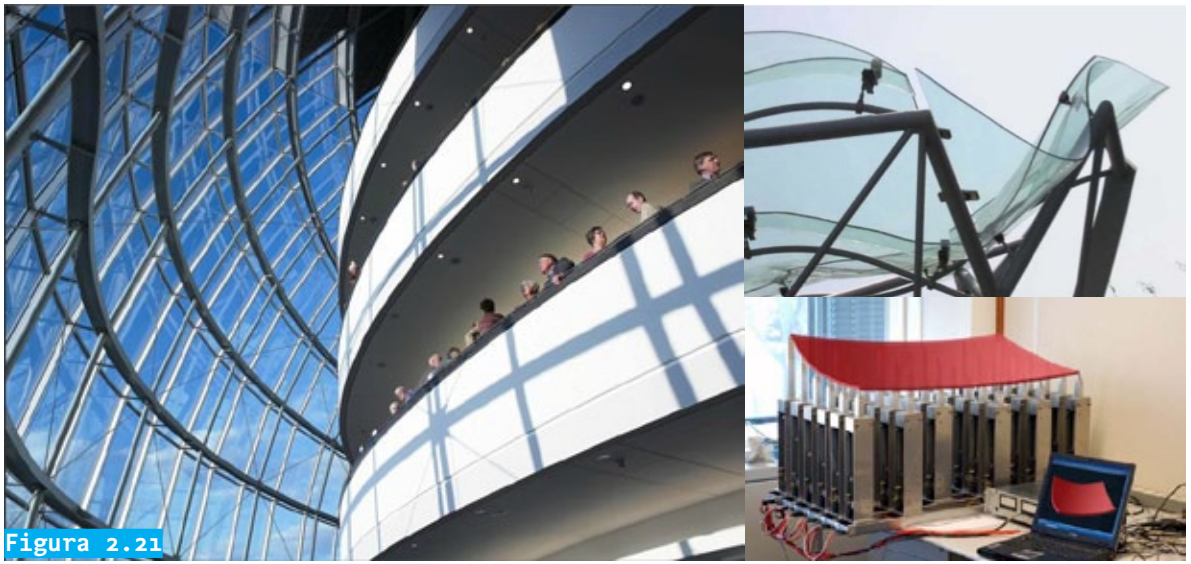

Figura 2.21

Fig. 2.20 – Bone Wall, por Urban A&O, é um painel paramétrico com componentes produzidos com a técnica de desbaste.

Fig. 2.21 – Processo de fabricação de painéis de vidro curvos a partir de um molde ajustável. Em sentido horário: Sage Gateshead, por Foster + Partners; exemplo de vidro com dupla curvatura; processo formativo a partir de grid de pontos ajustáveis.

Realidade Brasileira

Embora a adoção de técnicas digitais na construção civil nacional ainda seja restrita, pois uma série de fatores econômicos e sociais contribuem para o lento desenvolvimento da área, essa situação vem sendo transformada, paulatinamente, à medida que esforços são empregados nas áreas projetuais e produtivas em prol da consolidação dessas práticas no cenário nacional.

Se no lado projetual, Celani (2002, p. 165) identificou que a maioria dos arquitetos utiliza sistemas de CAD como uma mera ferramenta representacional e que poucos conhecem as verdadeiras possibilidades oferecidas pelo método, esta situação vem sendo transformada pela realização de eventos que divulguem e estimulem o desenvolvimento de métodos projetuais alçados nessas tecnologias — como o 1º Seminário Internacional AsBEA Sobre Arquitetura Digital — e pela criação de laboratórios e grupos específicos para o estudo e pesquisa na área em várias universidades nacionais.

Já no lado da produção, Pupo (2009, p.24) levantou como fatores limitantes o custo dos equipamentos e materiais utilizados ainda elevado, já que a maioria destes vêm da China, Europa ou Estados Unidos, e a ausência de profissionais especializados nessa área. Aliado a isso, a ampla disponibilidade de mão-de-obra não-especializada barata dificulta ainda mais o processo de automatização dos processos construtivos, ao passo que em países desenvolvidos, o custo elevado da mão-de-obra contribui para a busca e adoção de processos automatizados.

Entretanto, o valor necessário para o investimento em máquinas de prototipagem vem decrescendo ano após ano, já existindo no mercado equipamentos de prototipagem de pequeno porte com o custo inferior a R$5.000,00[4]. Paralelamente, o surgimento de bureaus de prototipagem rápida (Fig. 2.23) vem contribuindo para a popularização dessa tecnologia, eles estão se tornando prática comum nos Estados Unidos, Europa e Ásia[5], constituindo uma alternativa viável ao investimento em equipamentos e software para escritórios e firmas de arquitetura (PUPO, 2009. p. 76).

[4] RepRap é um exemplo americano de máquina de prototipagem de baixo custo, com peças fabricadas pela própria máquina (Fig. 2.22). No caso nacional, o primeiro exemplo comercial é a Metamáquina.

[5] A proporção de bureaus que oferecem serviços de PR e FD entre Inglaterra/China/Brasil é de 7/5/1 (The Worldwide RP Service Bureau Directory).

Fig. 2.22 – RepRap modelo Prusa Mendel e suas respectivas peças. O custo total do modelo é inferior a U$800,00

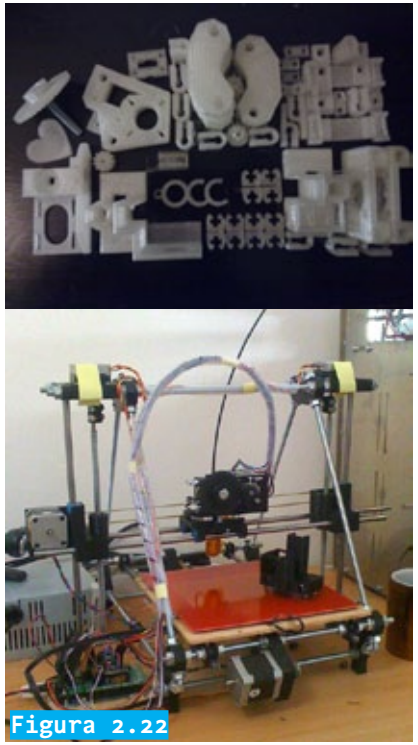

Figura 2.22

Fig. 2.23 – Pátio do bureau de prototipagem rápida nacional — Robtec.

Figura 2.23

Projeto

O Programa

A fim de “Abranger as demandas culturais dos brasileiros e brasileiras de todas as situações econômicas, localizações geográficas, origens étnicas, faixas etárias e demais situações identitárias” (PLANO Nacional de Cultura, p. 11), o Plano Nacional de Cultura busca incentivar o acesso universal à cultura, visto que “os indicadores de acesso a bens e equipamentos culturais no Brasil refletem conhecidas desigualdades e estão entre os piores do mundo.” (PLANO Nacional de Cultura, p. 12).

Levando em consideração que a maior parte da população brasileira não tem o hábito de dedicar uma parte de seu tempo livre para atividades culturais — poucos freqüentam teatros, museus, centros culturais ou cinemas —, o presente projeto arquitetônico tem a intenção de inserir equipamentos culturais no cotidiano das pessoas, se apropriando do espaço público de maneira temporária e promovendo a diversidade cultural através de um programa flexível de pavihões de exposição, que pode ser adaptado de acordo com o espaço, as características e a necessidade ou demanda do local.

Adotando o conceito de família de objetos — pouco explorado na arquitetura mas constantemente utilizado em áreas como o design de moda e o design de produtos —, a identidade dos pavilhões será desenvolvida a partir da interação entre elementos constituintes gerais e elementos específicos do contexto em que está inserido. Visando obter a flexibilidade necessária para a criação dos diferentes pavilhões, uma abordagem generativa foi adotada, de modo que cada pavilhão seja o reflexo direto de uma série de informações contextuais relevantes do local onde ele foi inserido, como fluxos de circulação, incidência solar, ventilação, área necessária para o programa, etc. Com intenção de obter uma melhor adaptação do edifício ao contexto e garantir sua construtibilidade, foram desenvolvidas duas tipologias diferentes de pavilhão — linear e espacial —, com sistemas estruturais otimizados para cada uma das duas situações.

Como produto final do presente trabalho, serão desenvolvidos dois pavilhões temporários em espaços públicos da cidade de Fortaleza, inseridos na Av. Beira Mar e na Praça do Ferreira, com as tipologias linear e espacial, respectivamente.

Fig. 3.1 – Projeto das quatro estações — Congress, Innsbruck, Hungerburg e Alpenzoo.

Fig. 3.2 – Implantação da estação de Innsbruck.

Fig. 3.3 – Detalhe do material – vidro com dupla curvatura.

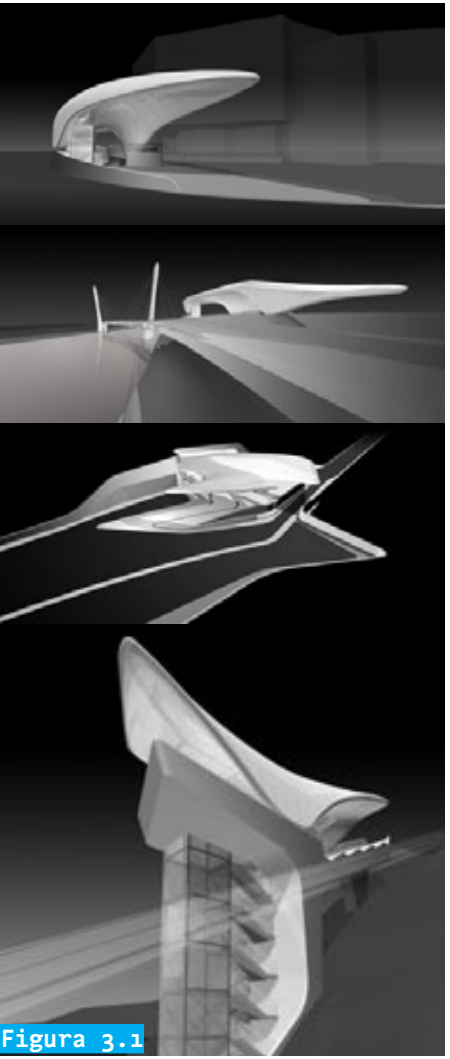

Figura 3.1

A Inspiração

Como referência projetual, foram considerados esforços arquitetônicos onde estavam presentes os conceitos de fluidez, adaptabilidade, efemeridade, refletindo assim as principais características adotadas pelo projeto arquitetônico proposto.

Nordpark Railway Stations – Zaha Hadid

O projeto do escritório Zaha Hadid Architects para quatro estações ferroviárias na cidade de Innsbruck é um bom exemplo de desenvolvimento de uma família de objetos arquitetônicos que, através do parametricismo, se adaptam à diferentes contextos mantendo uma linguagem coesa entre si. Hadid explica:

> "cada estação tem seu único seu contexto, topografia, altitude e circulação. (...) Um alto grau de flexibilidade dentro da linguagem adotada permite à estrutura do edifício se ajustar a estes vários parâmetros enquanto mantem uma lógica formal coerente."

Demonstrando a utilização integrada das diversas ferramentas de design auxiliado por computador, o processo de fabricação teve intenso uso de técnicas de fabricação digital, como desbastamento e fabricação formativa, permitindo assim uma conversão precisa dos modelos digitais para os objetos construídos.

Figura 3.2

Figura 3.3

Serpentine Gallery Pavilions – Vários Arquitetos

De maneira complementar à exposição permanente da galeria de arte localizada no centro de Londres, todos os anos é comissionado a um escritório de arquitetura diferente o projeto de um pavilhão temporário de exposições e atividades culturais, a ser construido ao lado do edifício principal da galeria. Estes pavilhões permanecem durante todo o verão no local, sendo depois desmontados e dando lugar à uma nova proposta no ano seguinte.

Fig. 3.4 – Projetos dos pavilhões temporários, por: A. Zaha Hadid; B. Daniel Libeskind e Arup; C. Toyo Ito; D. Oscar Niemeyer; E. Alvaro Siza e Eduardo Souto de Moura; F. Rem Koolhaas e Cecil Balmond; G. Olafur Eliasson e Kjetil Thorsen; H. Frank Gehry; I. SANAA; J. Jean Nouvel; K. Peter Zumthor; L. Herzog & de Meuron.

Figura 3.4

Fig. 3.5, 3.6 e 3.7 – Processo transformação do edifício.

Fig. 3.8 – Vista externa do edifício; vista interna durante exposição; vista interna durante exibição de vídeos; esquema de transformação.

Prada Transformer – Rem Koolhaas

Construído em Seul – Coréia, este pavilhão multifuncional desenvolvido para a marca Prada contempla quatro possibilidades diferentes de configuração espacial, cada uma com uma planta otimizada para um uso diferente — exposição, desfile, cinema e eventos especiais —, que são acionadas pelo içamento e rotação do edifício com o auxílio de gruas.

Dispostas na forma de um tetraedro, cada uma das quatro faces é composta por uma forma geométrica básica e facilmente identificável, unidas por uma malha que envelopa o edifício como um todo, de tal modo que Koolhaas denomina o edifício como sendo um "anti-blob" e um "blob" ao mesmo tempo.

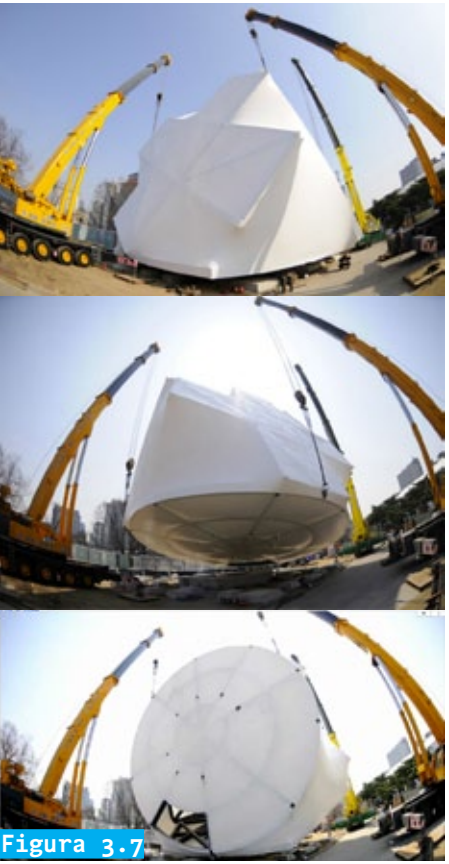

Figura 3.7

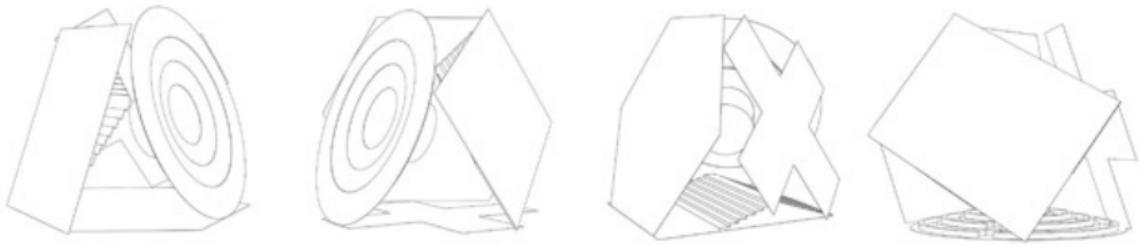

Figura 3.8

O Partido

O partido adotado ao conceber esses pavilhões teve como base a tentativa de aproveitar ao máximo os benefícios oferecidos ao se trabalhar de maneira integrada com as diversas ferramentas digitais, inserindo-as no processo de projeto não apenas para fins representativos, mas como um "Parceiro de projeto" (*Design Partner*) tal como Negroponte definiu em seu trabalho "Soft architecture machines" (Celani, 2002, p.18).

Com o desenvolvimento de sensores e tecnologias de análise de dados, a quantidade de informações que podem ser coletadas do ambiente em que o projeto se insere é um fator que deve ser aproveitado, cabendo ao arquiteto fazer a triagem do que é relevante para o seu processo de criação. Desta maneira, a coleta e análise de dados do entorno foram adotadas como importantes condicionantes para o desenvolvimento do projeto. Influenciando na forma final dos pavilhões e na definição de seus elementos.

Formalmente, foi levado em consideração o contexto socio-cultural e econômico definido por Zygmunt Bauman através de seus desenvolvimentos sobre a "Modernidade Líquida", e, desta maneira, se buscou produzir uma arquitetura de inconstante, com a utilização deformas fluidas, materiais leves e moldáveis, por vezes etéreos. Assim, embora o edifício resultante possua um aspecto formal genérico — quase um *blob* —, ele é o resultado direto das influências do local onde foi instalado.

O Método

Considerando o produto final de um projeto arquitetônico como a soma de várias etapas de coleta, organização e depuração de informação, as propostas aqui apresentadas são fruto de um trabalho metaprojetual, onde o processo foi o centro da atenção, e o resultado final um reflexo dos direcionamentos tomados.

Grande parte do processo projetual girou em torno do plugin para Rhinoceros, Grasshopper, um "editor gráfico de algoritmos (...) que não necessita de conhecimentos de programação ou *scripting*" (Grasshopper3D.com), que foi utilizado não só como ferramenta

de exploração de formas, mas também como plataforma gerenciadora de dados do projeto, incluindo, em parte, a documentação e a preparação para produção dos elementos da construção.

A etapa inicial do projeto é a escolha do local de implantação do projeto, sendo favorecidos espaços públicos com grande circulação de pessoas, mas considerando apenas espaços que não teriam sua principal função comprometida pela inserção do pavilhão. Paralelamente, deve-se ter em mente a técnica de fabricação a ser utilizada, fator determinante para o processo de criação do edifício. Neste caso, levando em consideração o desejo de prototipar uma instância do projeto final e os processos de fabricação disponíveis no momento, foram priorizados processos que se utilizem da técnica de produção por corte de chapas.

A partir da escolha do local, se dá início a fase de coleta de dados do entorno. Nesta etapa são elencados as principais condicionantes que irão afetar o desenvolvimento do projeto. Podem ser levados em consideração nesta etapa: análises topográficas, de fluxos, ventilação, insolação, climatológicas, de edifícios do entorno, entre outras.

Ao final da coleta e análise das informações relevantes ao projeto, é dado início ao desenvolvimento do edifício, modelado de maneira paramétrica associativa, com todos os elementos organizados e detalhados seguindo as hierarquias do projeto, obtendo um arquivo final bastante completo e, ao mesmo tempo, flexível. A partir deste arquivo final, podem ser obtidos facilmente: O modelo tridimensional, desenhos bi-dimensionais para documentação, informações de análises efetuadas, informações de custo projetual, detalhamento de peças para a produção de protótipos e detalhamento de peças para a fabricação digital.

Figura 3.9

Tipologia linear — Pavilhão Av. Beira Mar

O sítio

Um dos espaços públicos da cidade de Fortaleza com uma das dinâmicas mais ricas, o calçadão da Avenida Beira Mar concentra atividades de lazer, culturais e comerciais para todas as classes sociais. Levando em conta a facilidade de acesso e o aspecto recreativo das atividades realizadas no local, a implantação de um pavilhão de exposições no local contribuiria para o consumo e a difusão de cultura, na medida que os usuários se sentissem convidados a passar por este enquanto se deslocam no calçadão.

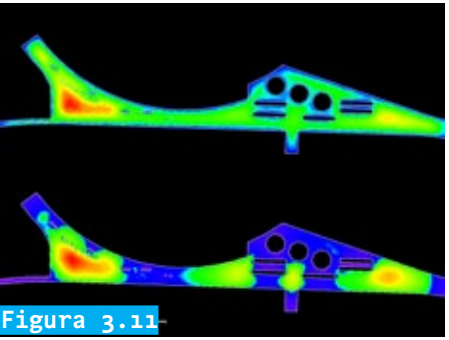

Figura 3.11

Figura 3.10

A definição do local a ser implantado levou em consideração a não obstrução das atividades consolidadas e do fluxo de pessoas, priorizando os trechos de caráter transitório que possuissem uma faixa de calçada larga o suficiente para a implantação do programa em sua forma linear. A partir de uma análise de sintaxe espacial[1], realizada com o objetivo de identificar pontos transitórios que possuiam um grande potencial de convergência, foi identificado um dos locais mais favoráveis para o desenvolvimento do programa (FIG. 3.10), iniciando-se então a coleta de dados do entorno para subsequente desenvolvimento do projeto.

Para esta localização, foram levados em consideração os parâmetros: Insolação e ventilação, como condicionantes para a caracterização do elemento de revestimento do edifício. Os dados de insolação foram obtidos através de arquivos de dados climáticos EnergyPlus[2], enquanto os dados de ventilação de superfície do local foram obtidos através de pesquisa na base de dados do Sistema de Geração e Disponibilização de Informações Climatológicas – Banco de Dados Climatológicos do Comando da Aeronáutica (ICEA, 2012).

[1] Teoria desenvolvida por Bill Hillier com o intuito de identificar as qualidades inerentes à composição espacial, analisando de maneira lógica o espaço urbano ou arquitetônico e identificando possíveis padrões de deslocamento, pontos de aglomeração ou dispersão, relações de integração entre espaços, etc.

[2] EnergyPlus é um sistema de análise de energia e carga termal desenvolvido com subsídio do departamento de energia do governo dos Estados Unidos da América.

Fig. 3.10 – Imagem de satélite do local de implantação.

Fig. 3.11 – Gráficos de conectividade e fluxo do sítio escolhido para a implantação do edifício, resultantes das análises de sintaxe espacial através do *software* UCL Depthmap.

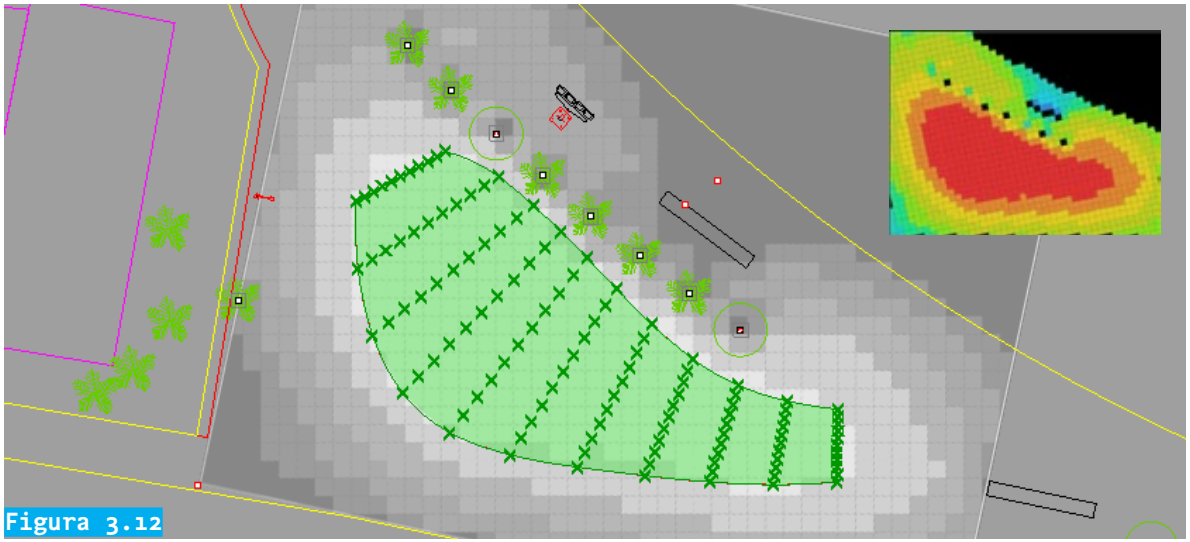

Figura 3.12

A forma

Partindo da forma emergente do gráfico de análise da sintaxe espacial, a planta baixa do pavilhão foi definida através do traçado de duas linhas que definem os limites da forma, levando em consideração a tipologia linear de pavilhão. Ao interpolar estas duas linhas, obtemos uma poligonal que foi utilizada como base para a criação de todos os elementos do edifício (FIG. 3.12).

Em seguida, através da uma simulação de forças gravitacionais[4] atuando nas linhas-medias da poligonal, foram gerados arcos catenários (FIG. 3.13), utilizados na criação de uma forma tridimensional onde existam apenas esforços compressão. Após a definição desta forma, se dá início ao processo de criação de componentes estruturais do edifício, iniciando com a modulação dos pórticos estruturais e definição de seus perfis (FIG. 3.14),

4 Utilizando o plugin para Grasshopper – Kangaroo –, utilizado para a simulação de forças, fluidos e partículas.

Fig. 3.12 – Definição da planta baixa do pavilhão a partir da forma emergente da análise de sintaxe espacial.

Fig. 3.13 – Simulação gravitacional das linhas-médias , criando arcos catenários.

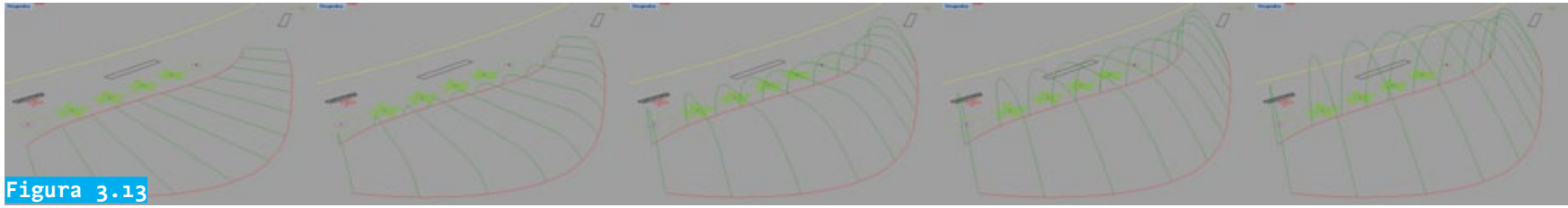

Figura 3.13

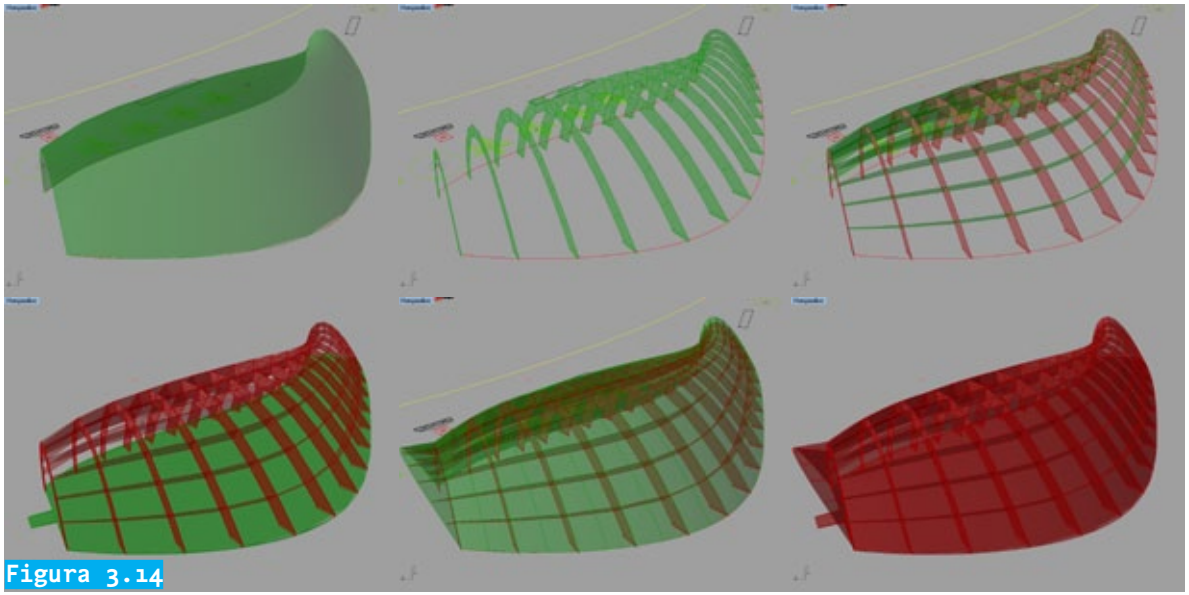

Figura 3.14

tendo em mente que tipo de material será utilizado na produção das peças finais. Com a estrutura principal lançada, são criados as peças secundárias da estrutura, que engastarão nos perfis, garantindo a estabilidade do pavilhão. Por fim, são criados os elementos restantes: O tablado sobre o qual o pavilhão vai ser instalado, as rampas de acesso e superfície de malha que atua como coberta do pavilhão.

Figura 3.15

A caracterização

Visando construir uma relação semiótica com o seu entorno, são inseridos na criação do edifício, de maneira resignificada, um ou mais elementos da cultura e identidade local. Neste caso, o elemento escolhido foi o rendado (Fig. 3.15), prática artesanal bem estabelecida na região, que teve sua lógica construtiva analisada e adaptada para uma linguagem inerente aos processos computacionais.

No processo tradicional de renda de bilros, o artesão cria desenhos a partir do adensamento ou afrouxamento de uma

trama de fios, resultando numa peça com opacidade variada. Utilizando a mesma lógica construtiva no objeto arquitetônico, a malha utilizada como coberta sofreu um processo recursivo de subdivisões, baseado na quantidade de insolação recebida em cada ponto da superfície (Fig. 3.16-A), criando uma malha densa nas regiões mais expostas e uma malha menos densa nas superfícies com pouca exposição (Fig. 3.16-B).

A partir da criação desta malha subdividida, foi utilizado um processo algorítmico de seleção aleatória de trechos da coberta (Fig. 3.16-C), que foram microperfurados de acordo com o grau de adensamento da malha (Fig. 3.16-D e E). O resultado é a criação uma superfície que permite a iluminação natural indireta no pavilhão durante o dia, e uma fachada iluminada com padrão visual originado a partir das luzes internas do pavilhão durante a noite.

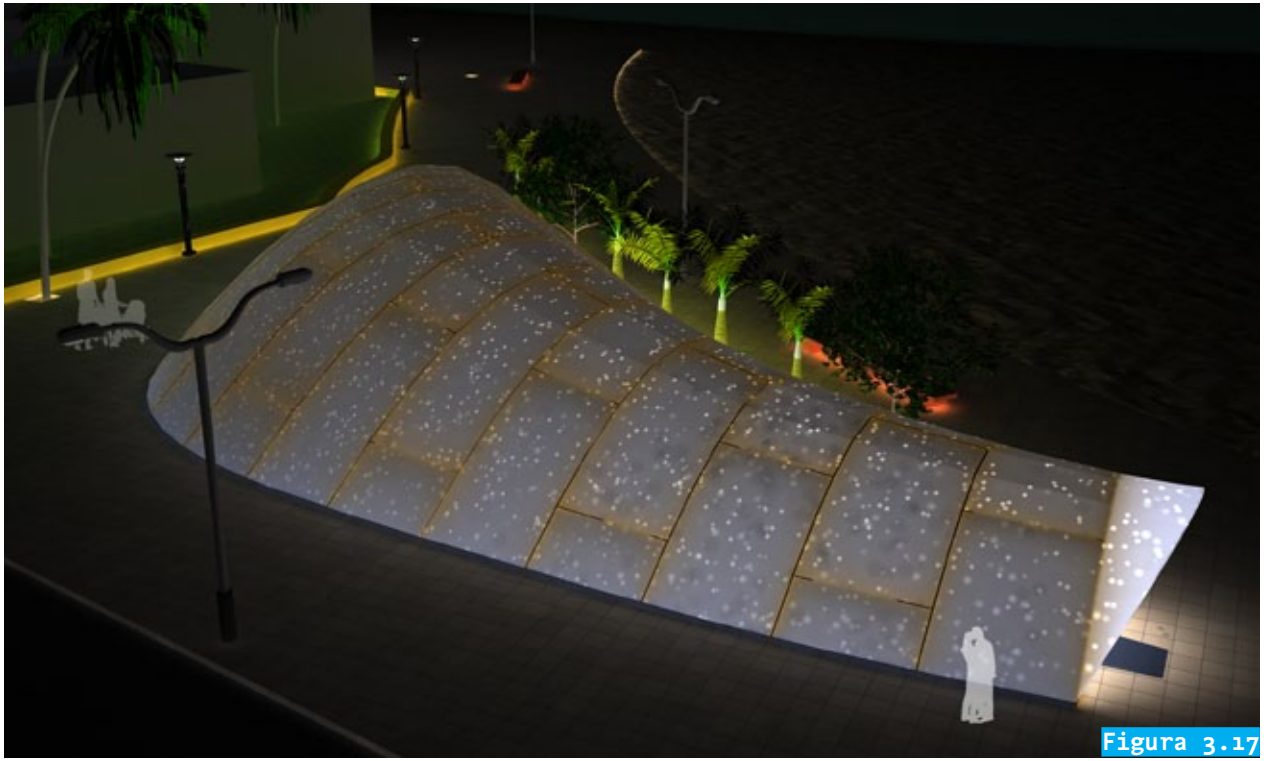

Figura 3.17

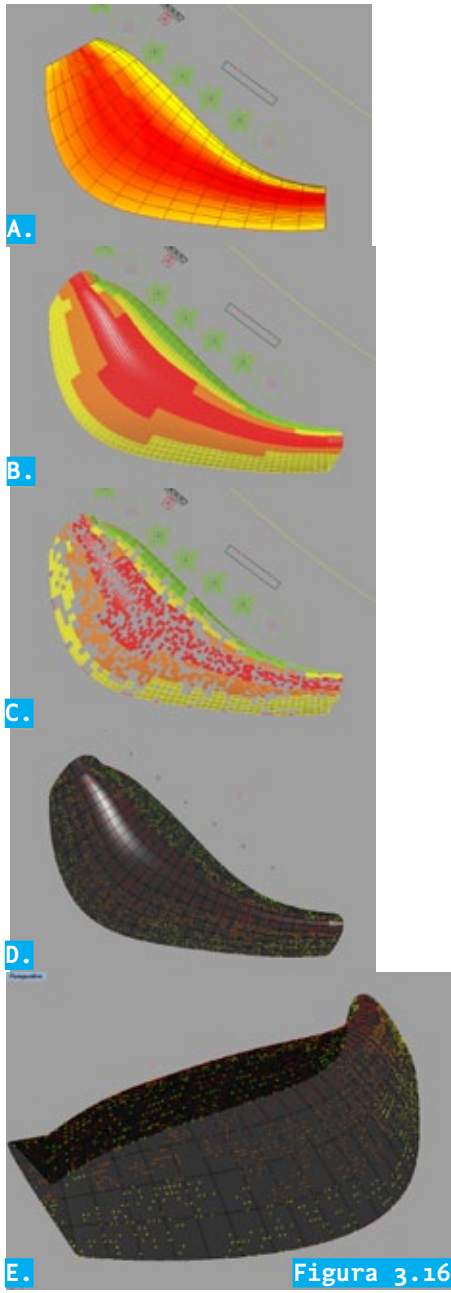

Figura 3.16

Produção

Uma vez definidos todos os elementos do pavilhão, é iniciada a fase de preparação para produção e documentação das peças, com a utilização o próprio Grasshopper para gerenciar a criação de todas as peças.

Cada um dos pórticos estruturais e das peças secundárias de engaste é planificado e numerado. Uma planilha é criada com o ângulo de dobramento de todas as chapas de conexão entre elementos principais e secundários, também numerados de acordo com a ordem de montagem. O tecido que reveste o pavilhão é seccionado, numerado e planificado para o corte, mantendo a localização exata de todas as microperfurações.

Todos esses desenhos são organizados em arquivos vetoriais, prontos para serem enviados para as máquinas fabricação ou, neste caso, prototipagem.

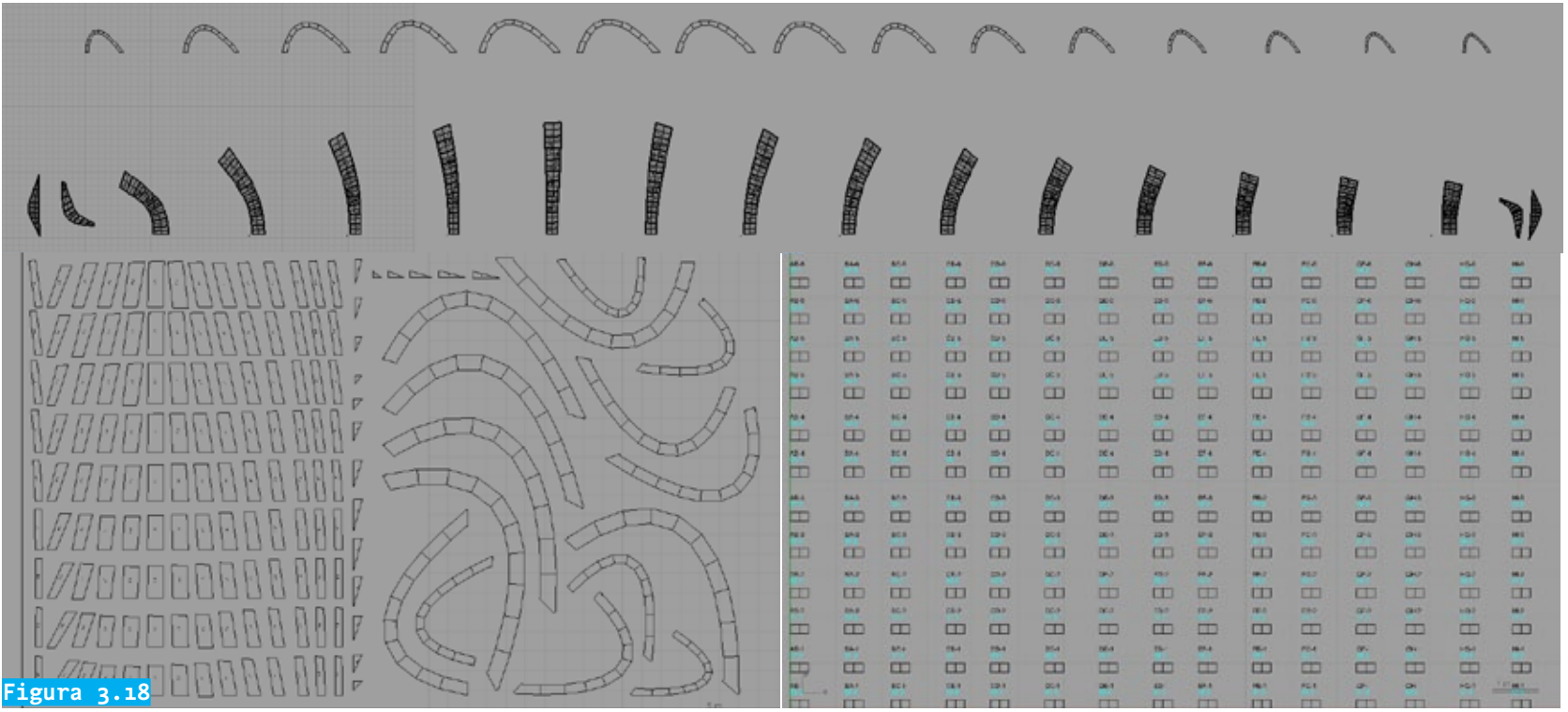

Figura 3.18

Prototipagem

Produzido através de corte à laser em uma chapa de MDF 3mm e recoberto com malha radiosa, o protótipo em escala 1:50 do pavilhão foi produzido para legitimar o processo e verificar possíveis falhas. Ao efetuar a montagem algumas falhas foram identificadas e, efetuando a retroalimentação do modelo físico para o modelo digital, corrigidas. Outro resultado da produção do protótipo foi a otimização da estrutura de engaste com a redução de 72% das peças necessárias, ao se verificar que era possível garantir a estabilidade do pavilhão com um número menor de peças.

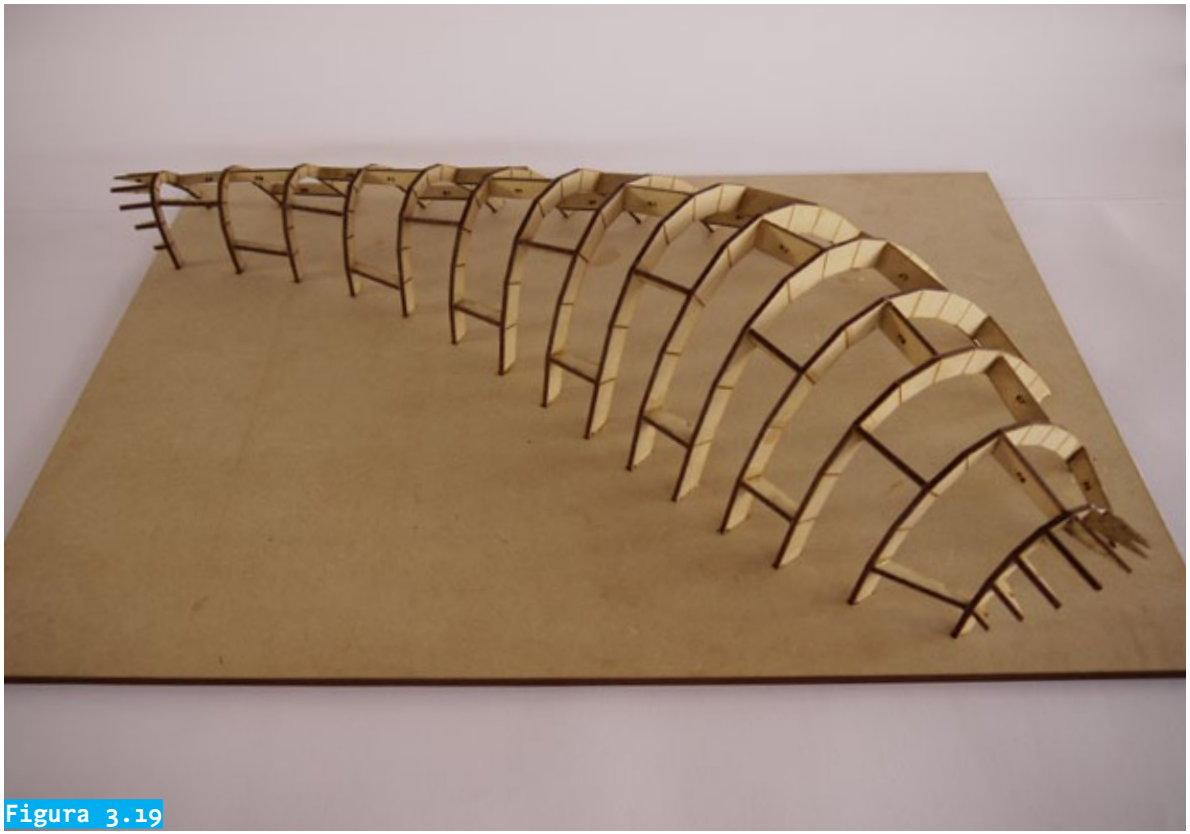

Figura 3.19

Figura 3.20

Figura 3.22

Tipologia espacial — Pavilhão Praça do Ferreira

O sítio

Coração do centro da cidade, todos os dias milhares de pessoas trafegam pela Praça do Ferreira. Alguns passam com pressa, outros sentam nos bancos, ainda há aqueles que estão sempre por ali. Pelo seu generoso espaço livre e seu potencial de agregar pessoas, a praça já é utilizada ocasionalmente pela prefeitura da cidade, que promove espetáculos e ações sociais de caráter temporário.

Tendo em mente o potencial do espaço, este foi considerado como um local apropriado para a implantação de um pavilhão, permitindo que os passantes tivessem um contato com atividades culturais durante suas atividades cotidianas.

Figura 3.23

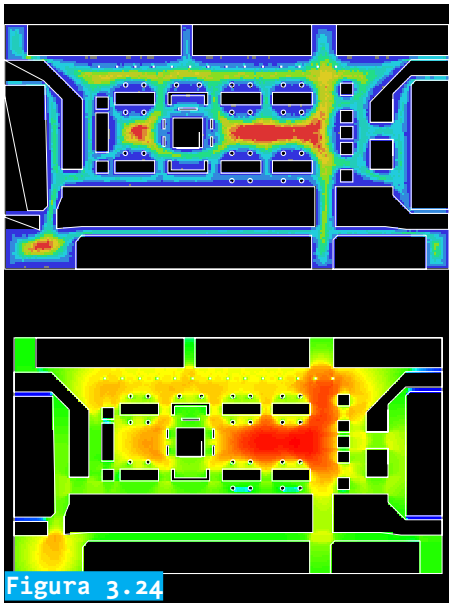

Figura 3.24

Fig. 3.23 – Imagem de satélite do local de implantação.

Fig. 3.24 – Gráficos de fluxo e conectividade do sítio escolhido para a implantação do edifício, resultantes das análises de sintaxe espacial através do *software* UCL Depthmap.

A forma de implantação do pavilhão foi baseada nas dinâmicas das atividades realizadas no centro da cidade e resultou em duas escalas de interação com o edifício. Na primeira escala, são levadas em conta as pessoas que estão atarefadas em suas tarefas diárias e não podem se dar o luxo de imergir em um espaço de exposições, nela, o contato com o pavilhão ocorre de maneira rápida e superficial. A segunda escala é proposta para aquelas pessoas que estão dispostas, mesmo que apenas por alguns minutos, a adentrar em um espaço de exposições. Utilizando novamente a análise de sintaxe espacial, foram identificados os pontos de convergência onde a área de imersão poderia ser instalada, além dos principais pontos de passagem, dedicados à área de contato rápido com o edifício.

A forma

Partindo da delimitação das duas áreas de interação com o edifício, foi criada uma malha ortogonal para o lançamento da estrutura (Fig. 3.26). Visando proporcionar uma sensação gradativa de imersão no espaço, os pontos desta malha foram deslocados no eixo vertical com base no mapa de conectividade do espaço. Assim, o pé direito estabelecido para as

áreas de passagem é reduzido à medida que se aproxima do espaço interno de exposições (Fig. 3.26).

Em seguida, através de um processo de esqueletização[4], os eixos ideais para lançamento da estrutura são encontrados e, levando em consideração o perfil a ser utilizado como estrutura, refinados até que a distância entre pontos de apoio seja apropriada. Estes pontos são então utilizados para deformar a malha, fazendo com que essa chegue no solo nos e atue como pilares.

Por fim, são traçadas as linhas nos dois eixos horizontais, que darão origem aos perfis estruturais, engastados por encaixe macho-e-fêmea, na criação de um "*waffle grid*" que compõe a estrutura primária do pavilhão da tipologia espacial. A estrutura secundária é criada através um processo paralelo, descrito à seguir.

A partir da delimitação de espaço de imersão através da análise espacial, é erguida a forma da área interna do pavilhão. Em seguida, sua forma é alterada pela definição dos

[4] Processo de análise de formas bidimensionais ou tridimensionais em que são traçadas linhas médias afim de definir eixos estruturais ideais. (Fig. 3.25).

Fig. 3.25 – A estrutura de uma folha é formada por um processo de esqueletização.

Fig. 3.26 – Processo de criação da estrutura principal do pavilhão espacial.

Figura 3.25

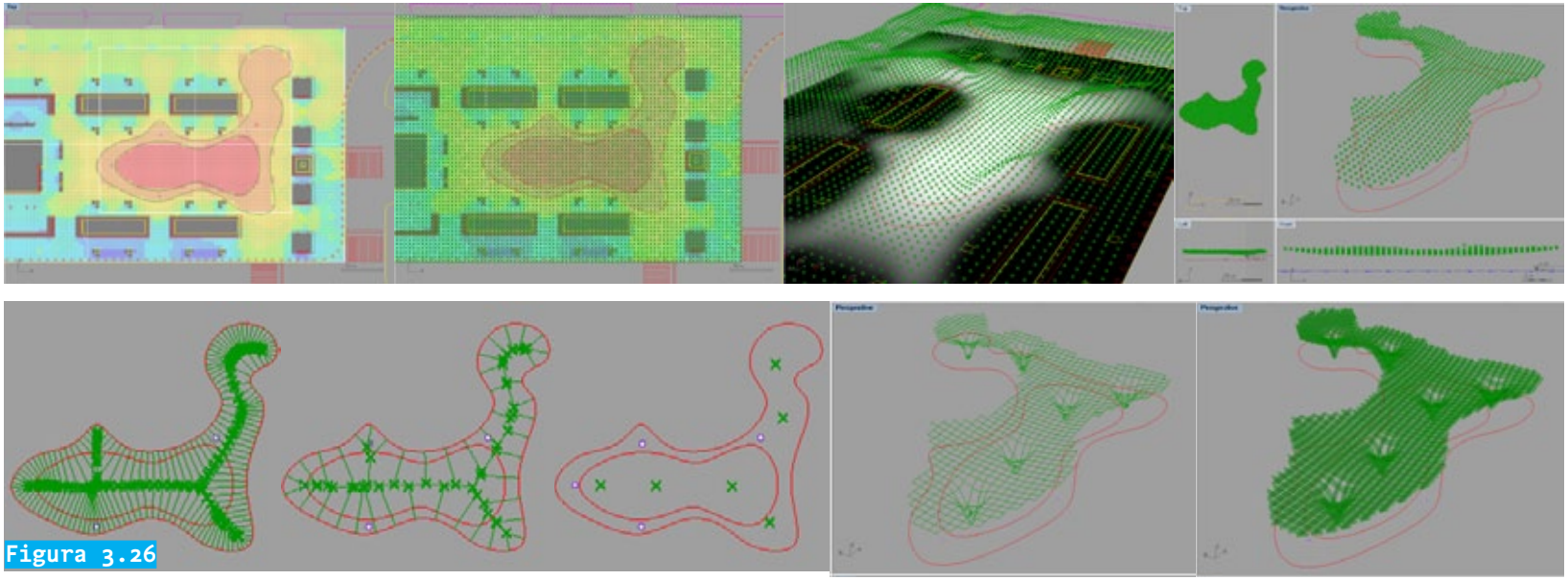

Figura 3.26

pontos de acesso (Fig. 3.27) e com a susequente criação de uma estrutura tubular de suporte, tendo em vista a utilização da tecnologia splineTEX®[5].

Finalmente, após a criação da estrutura, são criadas as superfícies de revestimento da área interna de exposições, que também passam por um processo de microperfuração de sua estrutura, adotando o mesmo elemento de identidade do outro pavilhão.

[5]Composto plástico tubular reforçado por fibras, utilizado para criar estruturas espaciais complexas.

Fig. 3.27 – Processo de criação da estrutura secundária do pavilhão espacial.

Produção

Seguindo o mesmo processo do pavilhão linear, para fabricação do pavilhão de tipologia espacial os perfis estruturais são numerados e organizados, assim como sua malha de revestimento. A diferença está na criação dos perfis longitudinais dos tubos de suporte da malha, com a locação dos pontos de conexão com o tablado e entre os próprios tubos.

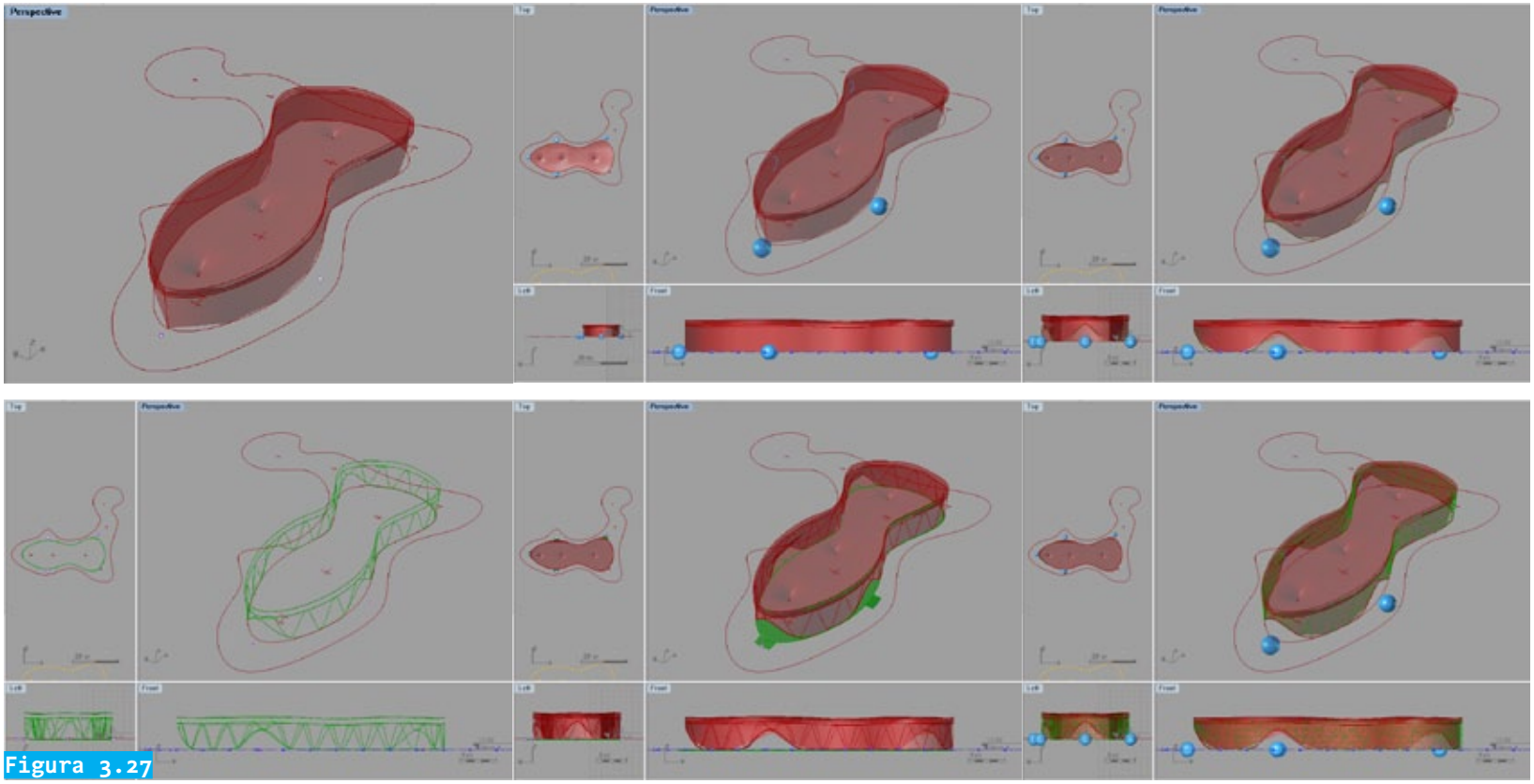

Figura 3.27

A Flexibilidade do Processo

Um dos maiores benefícios de se trabalhar com ferramentas paramétricas é a flexibilidade oferecida pelo processo. Uma vez bem definido o código generativo de sua proposta, quaisquer alterações necessárias durante o desenvolvimento podem ser facilmente aplicadas, sendo automaticamente transmitidas para toda a hierarquia de elementos. Os pavilhões apresentados anteriormente foram resultado de uma série de condicionantes projetuais, sejam eles informações do ambiente em que está inserido, características do material utilizado ou técnicas de fabricação adotadas. Da mesma forma, ao se utilizar o mesmo processo, mas modificando as condicionantes de projeto, um número infinito de propostas poderiam ser geradas, se adequando aos mais diversos contextos.

A seguir são apresentadas alguns possíveis modelos de pavilhão, gerados automaticamente à partir das alterações das determinantes de projeto.

Fig. 3.28 – Geração de alternativas para pavilhões lineares e espaciais — vista superior.

Fig. 3.29 — Geração de alternativas para pavilhões lineares e espaciais — perspectivas.

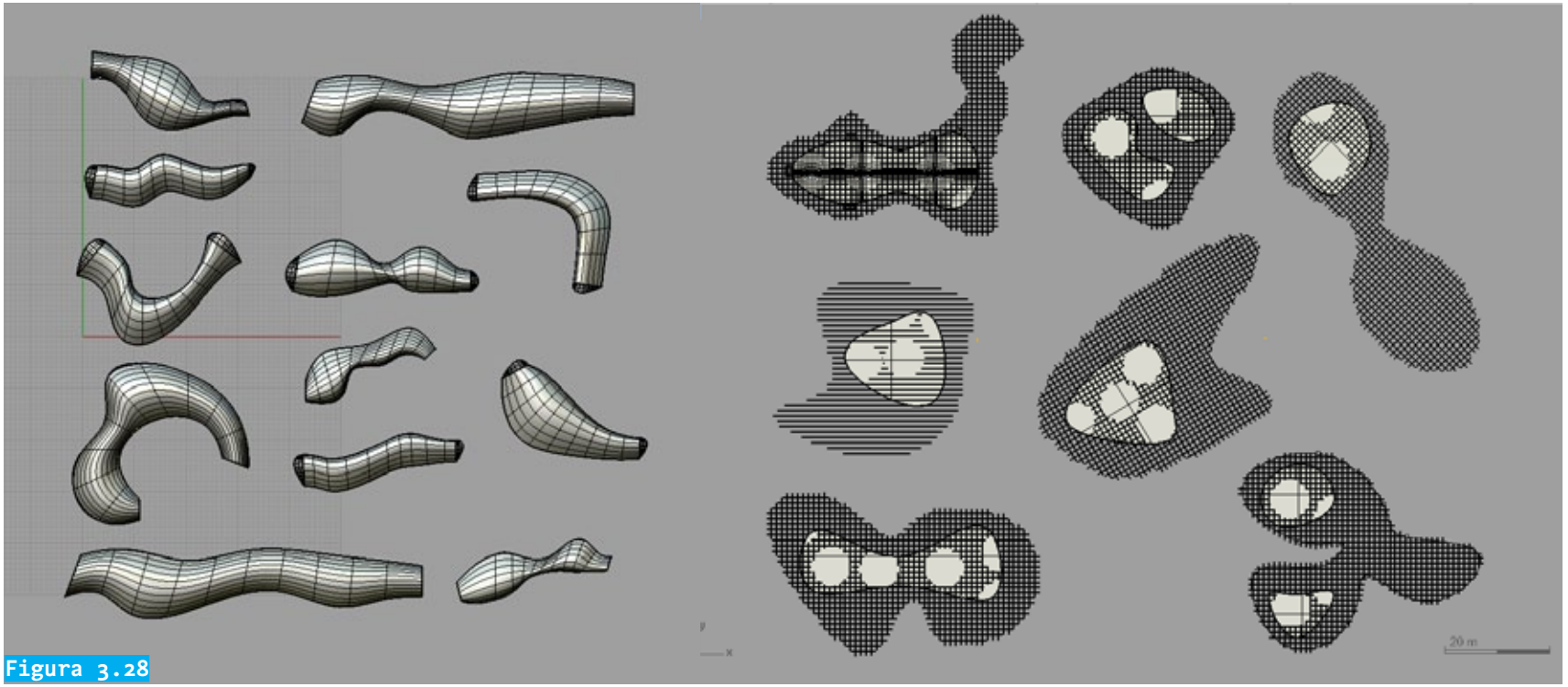

Figura 3.28

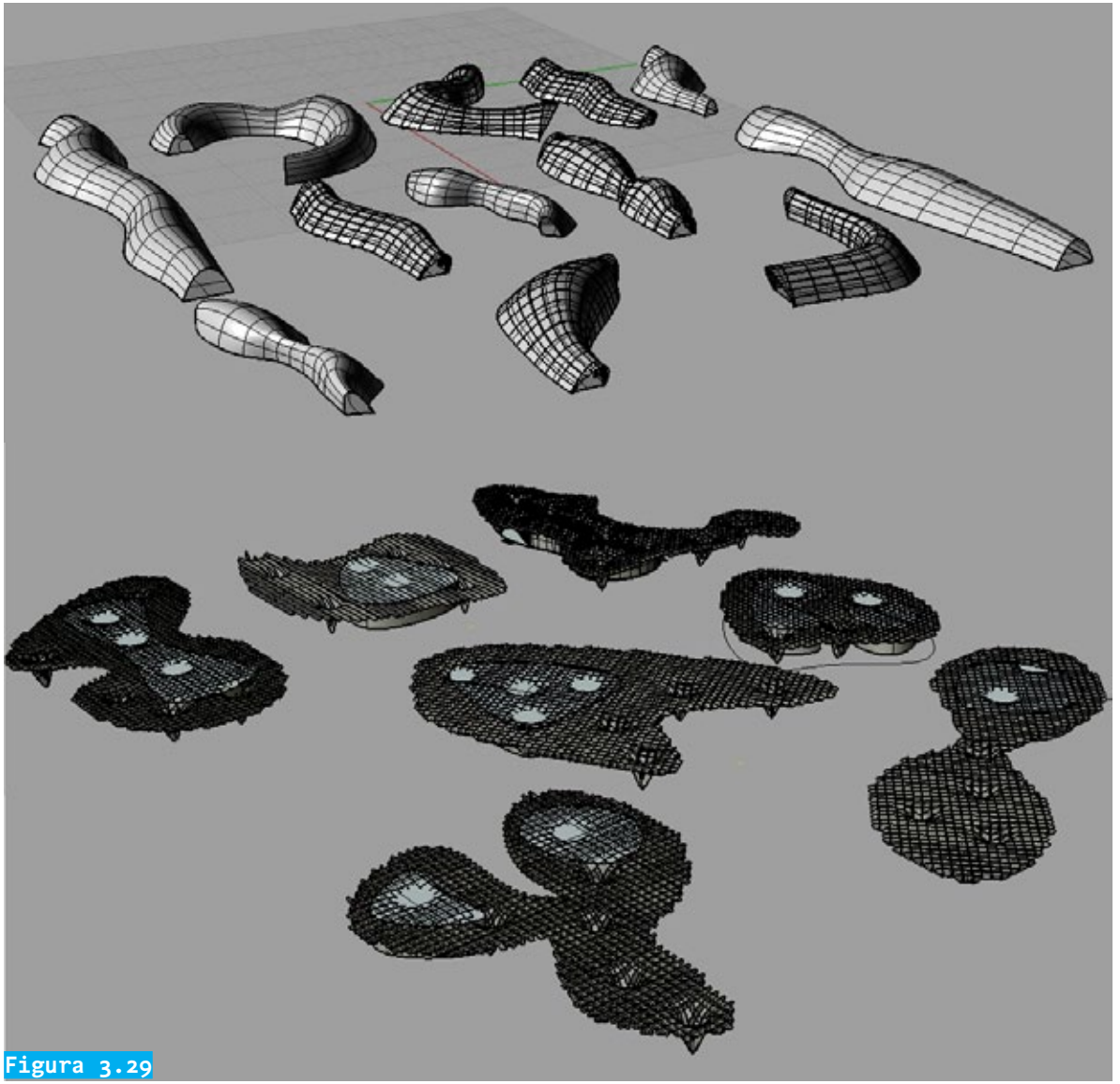

Figura 3.29

Perspectivas

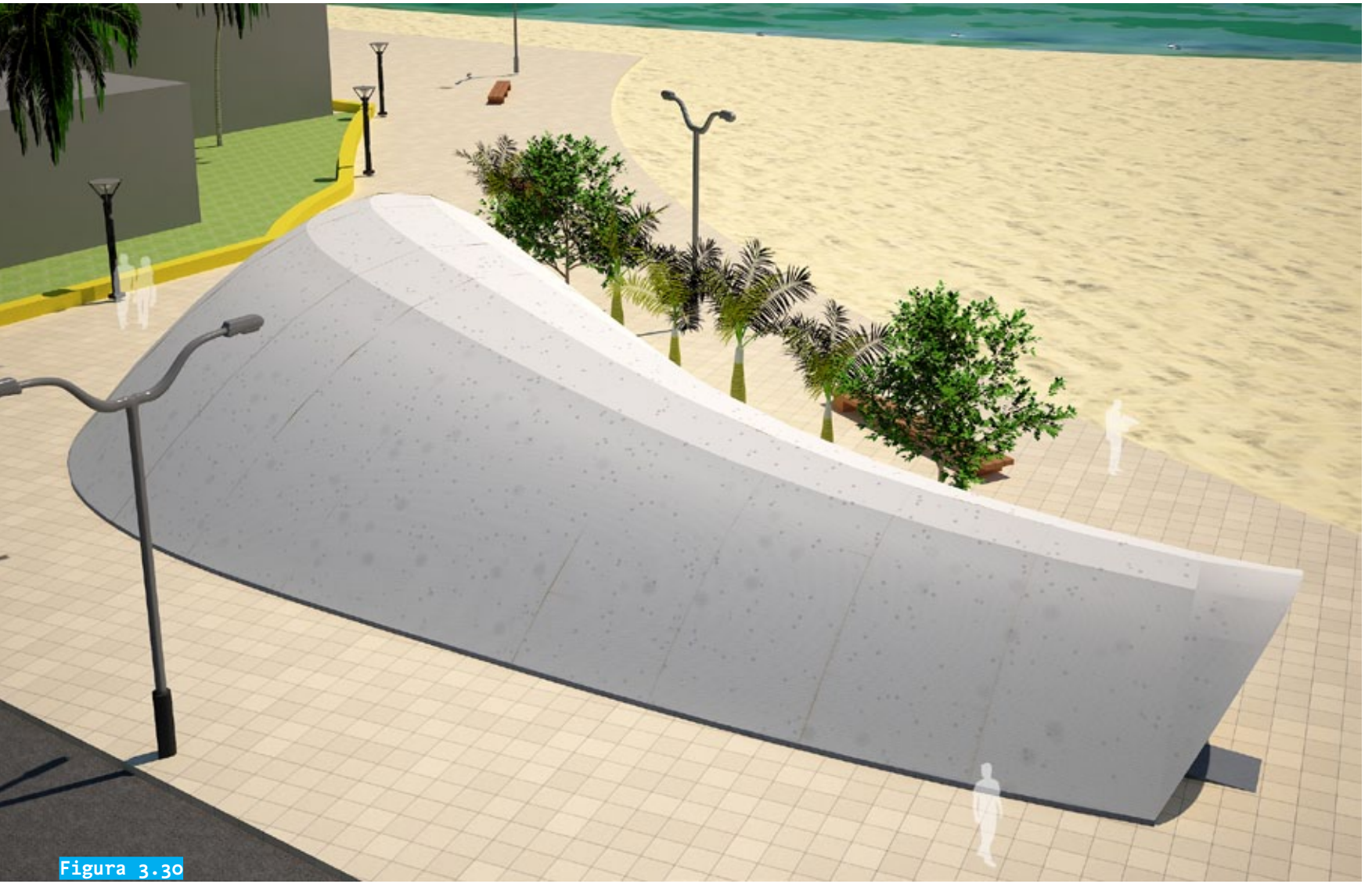

Figura 3.30

Figura 3.31

Figura 3.32

Figura 3.32

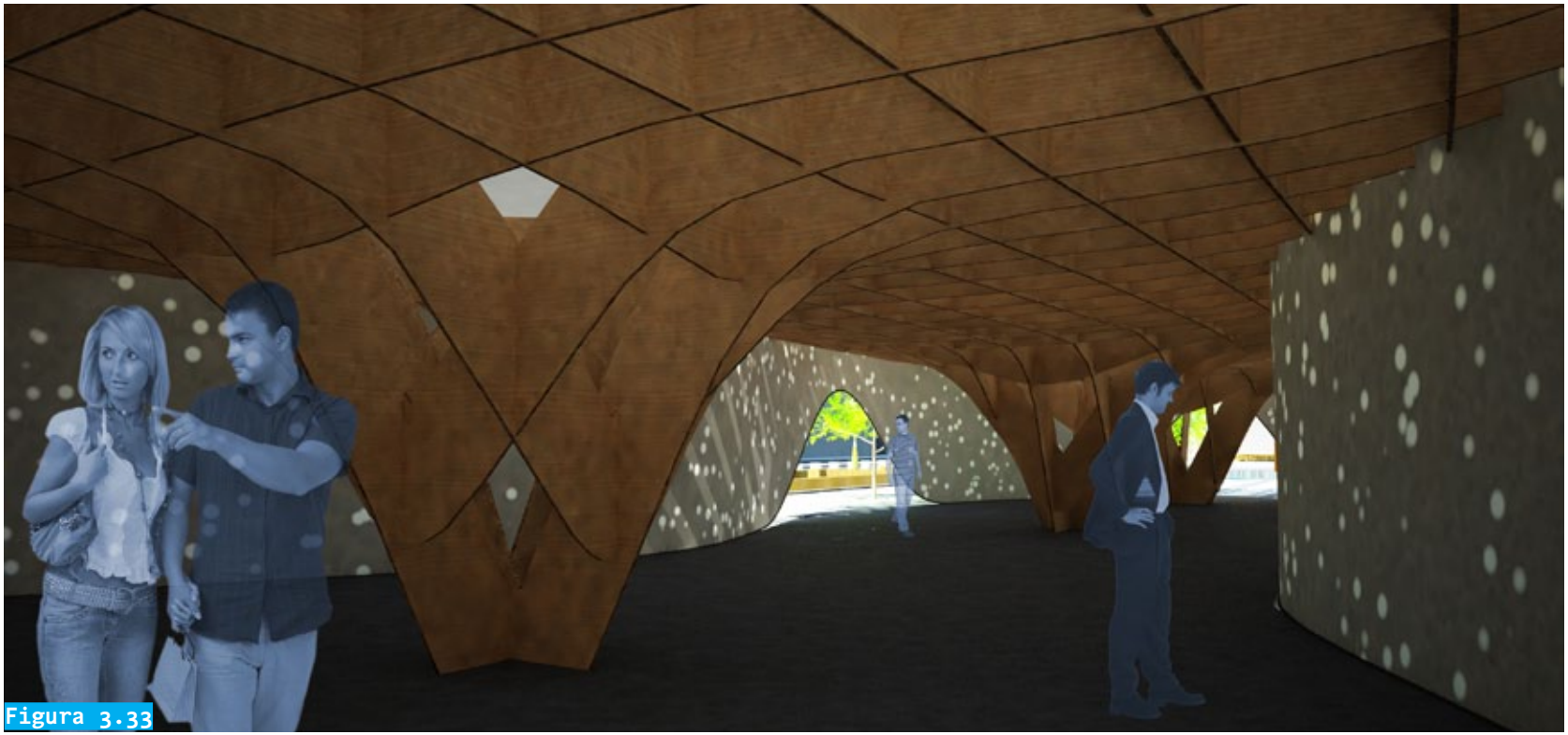

Figura 3.33

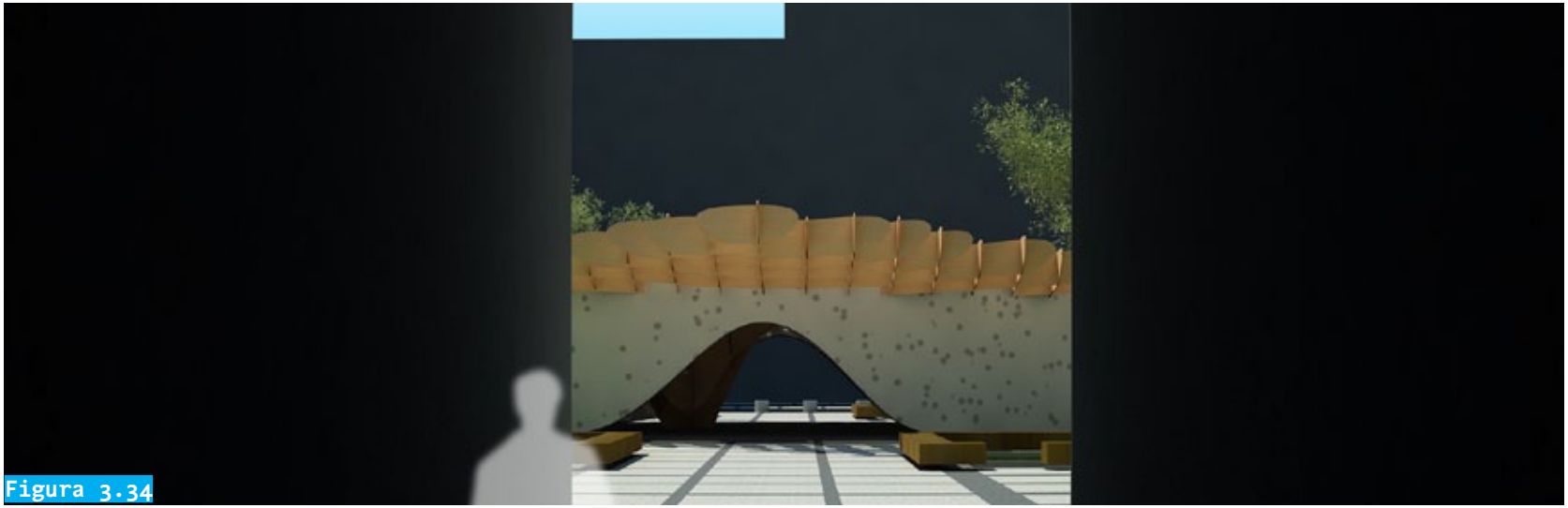

Figura 3.34

Referências

Bibliografia

LIVROS

BAUMAN, Zygmunt; VECCHI, Benedito. **Identity**. 1. ed. Cambridge: Polity Press, 2004

BAUMAN, Zygmunt. **Liquid modernity**. 8. ed. Cambridge: Polity Press, 2006.

DE LUCA, Francesco; NARDINI, Marco. **Behind the lines**: avant-garde techniques in contemporary design. 1. ed. Basel: Birkhäuser Basel, 2002.

EASTMAN, Chuck; EASTMAN, Charles M.; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael. **BIM Handbook:** a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 1. ed. John Wiley & Sons, 2008.

IWAMOTO, Lisa. **Digital Fabrications:** architectural and material techniques. 1. Ed. New York: Princeton Architectural Press, 2009.

JODIDIO, Philip. **Architecture now**. Vol. 2 e 3. 1. ed. Cologne: TASCHEN GMBH, 2008.

KIERAN, Stephan; TIMBERLAKE, James. **Refabricating architecture:** how manufacturing methodologies are poised to transform building construction. 1. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2004

LIU, Yu-Tung. **Distinguishing Digital Architecture**: 6th Far Eastern International Digital Architectural Design Award. 1.ed. Birkhäuser Basel, 2007.

MITCHELL, William J. **Roll over euclid:** how Frank Gehry designs and builds. 1. ed. New York: Guggenheim Museum Publications, 2001.

REAS, Casey; McWILLIAMS, Chandler; LUST. **Form + Code:** In design, art and architecture. 1. Ed. New York: Princeton Architectural Press, 2010.

ROGERS, David F. **State of the art in computer graphics:** visualization and modeling, Nova York: Springer-Verlag, 1991

TYLOR, Edward. **Primitive culture**. Nova York: Harper Torchbooks, 1958.

ARTIGOS INTERNET

ABOUT EnergyPlus, 2012. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_about.cfm>. Acesso em: 16 jan. 2012.

BIM Benefit to Owner. **BIM Outsourcing**. Disponível em: <http://bimoutsourcing.com/benefits_owner.htm>. Acesso em: 29 ago. 2011.

BARNES, Harrison. **Blob Architecture.** Disponível em: <http://ezinearticles.com/?Blobitecture---Blob-Architecture&id=1909121>. Acesso em: 11ago. 2011.

EISENMAN, Peter. **Genius loci and the zeitgeist**: two ideologies. Palestra no Berlage Institute em 23 mar. 2010. Disponível em:

<http://www.berlage-institute.nl/galleries/videos/watch/2010_03_23_genius_loci_and_the_zeitgeist_two_ideologies>. Acesso em: 23 mar.2012.
FILTON. The Printed World. **The economist**. 2011. Disponível em: <http://www.economist.com/node/18114221/>. Acesso em 17 jan. 2012.
HURLEY, Shaan. **AutoCAD History - Between the lines**. Disponível em: <http://autodesk.blogs.com/between_the_lines/autocad-release-history.html>. Acesso em: 23 ago. 2011.
ICEA – Instituto de Controle do Espaço Aéreo, 2012. Disponível em: <http://clima.icea.gov.br/clima/Superficie.php>. Acesso em: 28 jan. 2012.
KHABAZI, Zubin. **Generative Algorithmics** - Concepts and Experiments: Weaving. Morphogenesism, 2010. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/documentos/eventos/rhinograsshopper/Generative%20Algorithms_CaE_Weaving.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2012.
LEWIS, Cathy. **Bringing 3D Printing to the Masses:** Part 1. 2008. Disponível em: <http://blog.ponoko.com/2008/10/31/interview-with-cathy-lewis-on-bringing-3d-printing-to-the-masses-part-1/>. Acesso em: 20 jan. 2012.
PRODUCT Lifecycle Management – PLM. **CIMdata**. Disponível em: <www.cimdata.com/plm.html>. Acesso em: 24 ago. 2011.
UNITED States Congress, Office of Technology Assessment. **Computerized Manufacturing Automation**. Diane Publishing, 1984 Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=LYdF5akRL6sC&lpg=PA48&hl=pt-BR&pg=PA48#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 29 ago. 2011
SERPENTIINE Gallery. **About us**. Disponível em: <http://www.serpentinegallery.org/aboutus.html>. Acesso em: 28 mai. 2012.
STITH, Kevin. History of Computer Aided Manufacturing. **Article Biz**. Disponível em: <http://www.articlebiz.com/article/27203-1-history-of-computer-aided-manufacturing>. Acesso em: 24 ago. 2011.
THE Worldwide RP & RE Service Bureau Directory. **Castle Island's**. 2010. Disponível em: <http://www.additive3d.com/sb_ci.htm>. Acesso em: 8 dez. 2011.
VAN GELDER, Sicco; ALLAN, Malcolm. **City Branding – How cities compete in the 21st century**. Placebrand.net, 2006. Disponível em:
<http://www.cadazz.com/cad-software-history> Acesso em: 04 ago. 2011.
VOLLERS, Karel Jan. Adjustable mould for annealing freely curved glass panes. **Glassfiles**, 2007. Disponível em: <http://www.glassfiles.com/library/article1256.htm>. Acesso em: 25 mar. 2012.
WE all want to be young. **Vimeo**, 2010. Roteiro e direção de Lena Maciel, Lucas Liedke e Rony Rodrigues. Produção de BOX1824. Set.2011. Disponível em: <http://vimeo.com/16641689>. Acesso em: 5 mai. 2012.

ARTIGOS ACADÊMICOS

CELANI, Gabriela. **Teaching CAD Programming to Architecture Students**. Gestão & Tecnologia de Projetos. São Paulo, v. 3, n. 2, p. 1–23, nov. 2008.
KOWALTOWSKI, Doris et al. Reflexões sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07–19, abr./jun. 2006.
LEE, Raymond.Bauman, liquid modernity and dilemmas of development. **Thesis Eleven**. Londres, n. 83, p. 61–77, Nov. 2005.
MILENA, Stavric; OGNEN, Marina. Application of Generative Algorithms in Architectural Design. **The 12th WSEAS International Conference on Mathematical and Computational Methods in Science and Engineering (MACMESE '10)**, Portugal, v.1, p. 175–180, nov. 2010.
SERRA, S. M. B; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos Pré-Fabricados de Concreto. **1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado**, São Carlos, nov. 2005.

MONOGRAFIAS, TESES E DISSERTAÇÕES

CELANI, Gabriela. **Beyond analysis and representational in CAD:** a new computational approach to design education. Massachusetts, 2002. Tese (Doutorado: Arquitetura: design e computação). Departamento de Arquitetura. Massachusetts Institute of Technology.
NUNES, Caroline. **Saberes dos sabores.** Três Corações, 2009. Dissertação (Mestrado: Letras: Linguagem, Cultura e Discurso). Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações.
PUPO, Regiane. **Inserção da prototipagem e fabricação Digitais no Processo de Projeto**: um novo desafio para o ensino de arquitetura. Campinas, 2009. Tese (Doutorado: Engenharia Civil: Arquitetura e Construção). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp.

Pranchas

Fortaleza, 12 de setembro de 2012