

editorial
editorial

entrevista
interview

artigos submetidos
submitted papers

tapete
carpet

artigo nomads
nomads paper

projeto
project

expediente
credits

próxima v!rus
next v!rus

V 14

issn 2175-974x | ano 2017 year

semestre 01 semester



Luciana Sandrini Rocha é arquiteta e urbanista, Mestre em Geografia. Professora do Curso Técnico de Edificações, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense. Estuda representação gráfica, projetos de edificações, materiais de construção e gestão ambiental integrada.

Adriane Borda Almeida da Silva é arquiteta e urbanista, Doutora em Filosofia e Ciências da Educação. Professora Associada da Universidade Federal de Pelotas. Estuda representação gráfica digital, modelagem geométrica e visual, transposição didática e educação a distância.

Como citar esse texto: ROCHA, L. S.; SILVA, A. B. A. Os diálogos (geométricos) que Gehry estabelece com a cidade de Bilbao. V!RUS, São Carlos, n. 14, 2017. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/_virus14/?sec=4&item=14&lang=pt>. Acesso em: 04 Jul. 2017.

Resumo

A forma do Museu Guggenheim de Bilbao é aqui problematizada pelo interesse didático em investigar as estratégias projetuais utilizadas por Frank Gehry para reconfigurar o tecido e a paisagem urbana ali envolvidos. São escassos os discursos sobre o projeto, acompanhados de razões objetivas e apoiados em sua decomposição formal. Entende-se a conveniência desta complementação, frente ao seu potencial como referência junto aos processos formativos de arquitetura. Constituiu-se a hipótese de que a forma do edifício advém de um repertório reduzido de fragmentos formais deste tecido e paisagem configurados tanto por regras compositivas clássicas como próprias da geometria fractal. Esta leitura, construída por meio de traçados sobrepostos às imagens fotográficas e técnicas da obra e de seu entorno imediato e pelo conceito de dimensão fractal, facilitou identificar um rigoroso controle formal, que parte da regulação de suas representações tanto em projeção ortográfica, mantendo proporções, paralelismos e convergências; como em perspectiva, explorando concordâncias logradas por efeitos anamórficos. Demonstra-se assim a aplicação de um método, de abordagem geométrica, que facilita a construção de hipóteses sobre estratégias projetuais. Neste caso, as de Gehry para dialogar com um tecido urbano específico: por meio de ações recursivas, valendo-se de transformações topológicas, em seu sentido matemático, sobre o vocabulário formal do próprio lugar, ações hoje facilitadas pelos meios digitais de representação.

Palavras-chave: Museu Guggenheim; Frank Gehry; Forma arquitetônica; Geometria Fractal; Ensino de projeto.

Introdução

Neste trabalho estuda-se o projeto do edifício do Museu Guggenheim de Bilbao, realizado pelo escritório de Frank O. Gehry. Ele venceu um concurso, em 1990, entre três propostas apresentadas à Fundação Solomon R. Guggenheim. Conforme as informações disponíveis junto ao endereço eletrônico do próprio Museu (GUGGENHEIM, 2017), a participação de Gehry neste concurso foi por convite e a obra se desenvolveu entre 1993 e 1997, impondo-se na paisagem de Bilbao (Fig. 1).



Fig 1. Vista do Museu. Fonte: Imagem disponibilizada por Àlex Ferrer Gimeno no aplicativo Google Street View em dezembro de 2016.

Naomi Stungo, ilustrando seu discurso com fotografias do edifício, considera que Frank Gehry produziu “uma explosão à beira do rio, um tumulto de contornos e formas” (STUNGO, 2000, p. 20). O impacto desta construção, também observado por Isenberg (2009), integra-se ao movimento de revitalização de Bilbao, cidade que passava por uma grande estagnação econômica na época. É verdade que o fenômeno que ficou conhecido como “Efeito Bilbao” não deve ser atribuído exclusivamente à construção do Museu, uma vez que o mesmo fez parte de um projeto de requalificação urbana que abrangeu diversas áreas da cidade e que continua em fase de implementação ainda hoje¹, mas reconhece-se que o projeto de Gehry se tornou o ícone desse fenômeno. Stungo comenta também que

*[...] a arquitetura de Gehry não é considerada “difícil”, como ocorre com boa parte da arte moderna [...]. Exatamente como os cubistas, no início do século XX [...] a **arquitetura de Gehry, no fim do século, apresenta os prédios com uma assombrosa desarmonia, uma experiência de todos os ângulos ao mesmo tempo** (STUNGO, 2000, p. 10-11, grifo nosso).*

Grifa-se a opinião de Naomi Stungo, para retomá-la, questionando a consideração de “desarmonia”. Em termos formais o edifício estabelece um diálogo com a cidade?

Charles Jencks, com seu discurso ilustrado também apenas por imagens fotográficas da obra, observou que o edifício:

*[...] **reflete a inconstância do humor da natureza, as menores mudanças na luz do sol ou chuva. O mais importante é que suas formas são sugestivas e enigmáticas** de modo que se relacionam tanto com o contexto natural quanto com o papel central do museu na cultura global [...]. Esta estratégia emergente [...] se tornou uma convenção dominante do novo paradigma. (JENCKS, 2002, p. 157-158, tradução e grifo nossos)².*

Este discurso provoca questionamentos sobre quais elementos formais da obra o autor estaria se referindo para visualizar, por exemplo, as relações com o contexto natural. Parece que não se restringiu à sensibilidade dos “humores” das variações climáticas.

Denna Jones reforça a percepção de Charles Jencks, de que se estaria frente a um novo paradigma de processos de produção de arquitetura, afirmando que:

*Originalmente um exercício escultural, o formato inicial do museu não veio dos métodos digitais, mas da apreciação de Gehry da **paisagem e do contexto. À medida que o projeto prosseguia, Gehry ficava cada vez mais impressionado com a capacidade do software digital para gerar formas** (JONES, 2015, p. 523-524, grifo nosso).*

Aqui Jones observa o interesse de Gehry com a potencialidade das ferramentas digitais para o aperfeiçoamento de seu processo projetual, percebendo o quanto poderia controlar com precisão a forma por ele pensada em suas conexões com o lugar.

Outros discursos reafirmam a condição de sua forma derivar de um processo escultórico **no e para** o lugar: “...o desenho de Gehry cria uma estrutura escultórica e espetacular perfeitamente integrada na trama urbana de Bilbao e seu entorno” (GUGGENHEIM, 2017, tradução nossa)³. Gehry reforça estas afirmações em entrevista concedida, em 1995, a Zaera-Polo:

Bilbao é um projeto muito contextual, mas não no sentido convencional [...]. Espero que, quando as pessoas virem o edifício pronto, percebam que estou lidando com o contexto. Bilbao é uma cidade industrial muito dura, com um rio e uma paisagem verde fantástica. O terreno do museu fica numa curva maravilhosa sobre o rio. A cidade se situa acima do nível do terreno... O problema desse edifício era articular a cidade com o rio, trazer a cidade para o outro lado da

estrada, e então devolvê-la até o rio [...]. Na realidade, minha primeira decisão foi propor o terreno. (ZAERA-POLO, 2015, p. 228).

A coletânea de documentação deste edifício, digital ou impressa, veiculada em contextos científicos ou não, refere-se especialmente a imagens fotográficas. Há necessidade de percorrer a obra sob diferentes trajetórias visuais para poder apreendê-la. Plantas, fachadas e seções, neste caso, são elementos densos e pouco elucidativos, até mesmo para um leitor especializado.

Sob um interesse essencialmente didático, questiona-se sobre quais elementos objetivos, da geometria, Gehry se apoia para estabelecer esta relação “tumultuada”, “enigmática” e “integrada” com a cidade. Dentre tantos elementos formais do entorno, quais deles foram mais ou menos determinantes para a configuração da obra?

Para Jencks (2002, p. 157), diversas obras de Gehry, incluindo a do Museu, incorporam elementos da geometria fractal. Esta geometria, sistematizada por Benoit Mandelbrot, utiliza um saber constituído na história da matemática associado à computação gráfica, envolvendo procedimentos recursivos para descrever as formas da natureza que não haviam sido contempladas pela geometria Euclidiana.

*Ela descreve muitos dos padrões irregulares e fragmentados em torno de nós [...], através da identificação de uma família de formas que chamo de fractais. Os fractais mais úteis envolvem probabilidade e tanto suas regularidades quanto suas irregularidades são estatísticas. Além disso, **as formas aqui descritas tendem a ser de escala, o que implica que o seu grau de irregularidade e/ou fragmentação é idêntico em todas as escalas.** (MANDELBROT, 1983, p. 1, tradução e grifos nossos)⁴.*

Os fractais podem ser definidos através de um iniciador e um gerador que passam por um processo de recursão e alteração em sua escala, mantendo, porém, autossimilaridade ou ainda autoafinidade. Desta maneira, as partes são escalas reduzidas da versão total do objeto, sendo que a diferença entre um fractal autossimilar e um autoafim está em que, no segundo caso, as versões se formam em diferentes escalas e direções no espaço. Além disto, ambos os tipos podem ser exatos ou estatísticos, categorizados pela probabilidade, tendo o último as versões em escala reduzida estatisticamente iguais a do objeto completo.

Matematicamente, a geometria fractal quebra o paradigma da dimensão inteira como condição para caracterizar um elemento, constituindo o conceito de Dimensão Fractal (D). Este é utilizado para determinar o grau de ocupação do espaço, de modo que quanto maior for a irregularidade de uma forma, maior será seu D. De acordo com Backes e Bruno (2005, p. 51), a Literatura fornece diversas abordagens para se estimar a Dimensão Fractal, existindo uma lógica que generaliza o cálculo da dimensão topológica no âmbito da geometria euclidiana (dimensões inteiras) para abarcar também o cálculo da dimensão fractal (fracionada). O método “Box Counting” é uma abordagem que facilita a compreensão por profissionais acostumados mais com a linguagem visual do que com a algébrica, por se valer de um procedimento de contar as células que a forma do elemento investigado ocupa em um determinado espaço. Estas células são subdivididas, recursivamente, até o momento em que todas elas adquiram a condição de estarem totalmente cheias ou vazias, dependendo assim de uma escala de resolução. De acordo com Ostwald e Vaughan (2013, p. 242, tradução nossa),

Desde os anos 90, a análise fractal tem sido utilizada para medir as propriedades formais de projetos urbanos, planos de cidades e skylines [...]. Pesquisadores de Arquitetura também utilizaram uma variação manual da análise fractal para medir as propriedades visuais de edifícios contemporâneos e históricos⁵.

Sedrez (2009) e Ganhão (2009), ao se referirem à forma do Museu como fractal, reproduzem JENCKS (2002) e também Sala M. Martins e Henrique Librantz (2006, p.92), no sentido de os discursos não virem acompanhados de demonstrações gráficas ou numéricas.

Em entrevista concedida a Giron (2015, p. 16), Gehry problematiza o emprego dos meios computacionais em um processo projetual:

*[...] O desenho a mão dá um sentido de continuidade [...] adoro a ideia da continuidade total e ambígua. Só depois transponho para a tela do computador. A imagem no computador é sem vida, fria, horrível. **O computador não pode ser o inventor das formas. Nós é que temos que dominá-lo** (Grifo nosso).*

Mesmo apoiando-se nas potencialidades dos softwares para o desenvolvimento de suas ideias, o processo projetual de Gehry se estabelece inicialmente mediado por representações em croquis e maquetes físicas. Questionado sobre a possibilidade de comparar o seu método projetual por meio de maquetes em grande escala ao método dos arquitetos renascentistas, Gehry responde ao arquiteto e crítico Alejandro Zaera-Polo da seguinte maneira:

Sim, é verdade. [...] Se eu tivesse que dizer qual é minha maior contribuição para a prática da arquitetura, diria que é conseguir uma coordenação entre as mãos e os olhos. Isso significa que fui me tornando muito bom em levar a cabo a construção de uma imagem ou de uma forma que estou procurando. Acho que é minha melhor habilidade como arquiteto. Sou capaz de transferir um croqui para uma maquete e daí para um edifício... (ZAERA-POLO, 2015, p. 221)

No processo projetual do Museu, após a elaboração de desenhos a mão executaram-se maquetes, que foram decodificadas para a linguagem CAD-CAM utilizando-se de uma caneta digitalizadora, através do software CATIA. A partir deste modelo controlado no espaço digital, foi desenvolvida toda a documentação do projeto arquitetônico, bem como o cálculo estrutural e o

detalhamento de estruturas metálicas e de revestimentos (LINDSEY, 2001, p. 43-44). Gehry já havia feito experimentações em projetos anteriores, como a escultura em forma de peixe para a Vila Olímpica de Barcelona em 1992 e o projeto do Walt Disney Concert Hall, que acabou sendo inaugurado somente em 2003. Entretanto, foi a partir do museu de Bilbao que ele e sua equipe consolidaram este método de trabalho e Gehry encontrou um meio de controlar efetivamente a forma com a precisão que desejava.

O arquiteto recebeu o prêmio Pritzker de 1989, havendo assim um reconhecimento do conjunto de sua obra pela crítica especializada de arquitetura. E a expressividade de sua produção é tanta que o tema foi tratado em um episódio da animação "Os Simpsons" (FOX, 2005). No referido episódio, o processo criativo de Gehry é ironizado, associado à ideia de ser "aleatório", desprovido de método e sem conexões programadas com o desenho da cidade, pois seu personagem tira de uma folha de papel amassada a inspiração para o projeto de uma sala de concertos. Ironizando também o processo de execução do projeto, uma estrutura metálica convencional é totalmente deformada por processo mecânico, parecendo um ato de destruição. Isto demonstra que sua obra é apreciada e discutida também por um público leigo.

Neste trabalho parte-se da hipótese de que, longe de ser um procedimento aleatório, o Guggenheim de Bilbao foi um projeto que justificou o emprego de técnicas de controle paramétrico das formas, para harmonizar práticas clássicas de organização formal de arquitetura com a lógica da geometria fractal ⁶. A conexão com este tipo de geometria se fez para garantir um diálogo da obra com a cidade em seus elementos naturais e construídos. Partindo-se desta breve revisão, investiu-se, portanto, em investigar formalmente a obra, em seus elementos objetivos caracterizados por sua geometria. Desta maneira, tratou-se de identificar as lógicas de organização formal envolvidas, desde as clássicas às recursivas.

1 Metodologia

Este trabalho amplia o estudo já registrado em (ROCHA; BORDA, 2016). Incrementa-se o método, apoiando-se em Fonatti (1988) e utilizando-se do conceito de dimensão fractal. Parte-se da análise da documentação digital, a qual inclui fotografias do entorno da edificação e fotografias e representações técnicas da obra, como plantas, cortes e vistas ortográficas, disponibilizadas em livros, revistas, vídeos e na rede mundial de computadores.

Para compreender o uso de lógicas relativas à Geometria Fractal, seguiu-se com as análises gráficas, observando-se a incidência de autossimilaridades ou autoafinidades por processos comparativos, acrescentando-se a estimativa da Dimensão Fractal, por meio do método Box Counting. Este consiste na aplicação recursiva de malhas sobre as elevações das edificações do entorno e do edifício, e análise da proporção do número de quadros ocupados em relação ao número total de quadros. Costa (2014, p. 80), Sala (2004, p. 41) e Backes e Bruno (2005, p. 3) explicam mais detalhadamente esse método.

Para os estudos topológicos, o método pode ser descrito nos mesmos termos de Fonatti (1988).

1) [...] as reflexões tem sua origem na experiência didática do ensino de geometria; 2) a base consta de comunicações visuais (gráficas, representadas em forma de desenhos, plantas, elementos formais, matrizes estruturais de criação, análise de formas, estudos de proporções e diagramas construtivos; 3. O meio é o método comparativo, investigando formas e estruturas através de uma análise comparativa. E no que se refere ao conteúdo o método compreende quatro aspectos: a) a lógica interna da forma... A forma em sua lógica compositiva... b) a atualização e o efeito da forma. Os aspectos técnico-criativos da forma em sua origem e sua renovação didática.... A forma em sua origem e apropriação. C) a forma no entorno. A relação entre forma e seus condicionamentos externos e exógenos;... A forma como jogo criativo no processo de comunicação, como resultado concreto em seu entorno... D) transformação do entorno a través da forma. (FONATTI, 1988, p. 11-12).

Os resultados do estudo constituem-se das hipóteses elaboradas, sendo apresentadas de maneira a destacar o quanto o tecido da cidade determinou e foi determinado pelas lógicas formais associadas a este edifício.

2 A Construção das Hipóteses

2.1 A origem da forma e sua relação com o lugar

O lugar escolhido por Gehry para a implantação do museu fica às margens do rio Nervión, próximo da Universidade, do Museu de Belas Artes e do Teatro Arriaga, importantes centros culturais da cidade de Bilbao. Conta com acesso facilitado através da rua Iparraguirre e da Ponte Salbeko Zubia, destacados na imagem da esquerda da Figura 2. Chama-se a atenção para a forma do terreno, que já estava delimitada pelas curvas do rio e da ponte, podendo-se observar ao comparar as duas imagens da direita da Figura 2, antes e depois da construção do edifício. Tem-se como hipótese esta forma como origem do vocabulário empregado por Gehry.



Fig. 2. a) O museu e seus arredores, b) sítio antes da obra (ano de 1991) e c) após a obra. Fonte: Elaborada pelas autoras sobre imagens do aplicativo Google Earth, acesso em maio de 2016.

O Museu se estende sob a ponte, construída na década de 1970, através de uma de suas salas de exposição (Sala 104), a qual conecta uma torre no lado oposto da mesma ponte (Fig. 3). Essa torre é o elemento mais alto de toda a construção e dá acesso ao museu para quem chega através da ponte, fazendo contraponto com o volume do átrio, que só se sobressai em relação a ela em função de suas proporções. Em vídeo de Donada (2004), Gehry relata sua intenção ao projetar a torre:

[...] quando eu projetei a torre, pensei em uma vela. Há um momento em que você está velejando e [...] apenas por uma fração de segundo a vela treme. Eu capturei esse momento. Isso é o que eu tento fazer com meus edifícios. Dar-lhes uma impressão de movimento me agrada porque isso os torna parte da grande mudança da cidade. Os edifícios são parte da vida e eles mudam. Há algo transitório sobre eles. (DONADA, 2004, tradução nossa⁷).

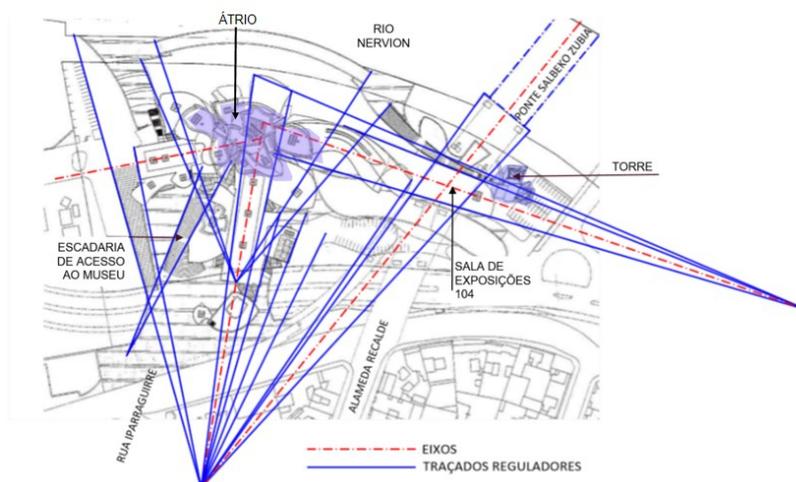
O entorno do terreno e sua conformação topográfica foram determinantes no projeto de Gehry. Ao Sul, numa cota mais elevada (situada no nível das ruas de acesso), o edifício se apresenta através de formas ortogonais e materiais tradicionais. Com isto estabelece relação com os espaços históricos da cidade, tanto formalmente quanto pelos revestimentos e cores adotadas.

Os elementos voltados para o Norte, à beira do rio, apresentam formas orgânicas e são revestidos com materiais reflexivos, como vidro e placas de titânio, que valorizam a relação da edificação com a água e a natureza, que é reforçada pela existência de um espelho d'água. O titânio confere a cor acobreada do edifício e muda de tonalidade conforme o horário do dia ou as condições climáticas, conforme observa Charles Jencks. O fato dessa parte do terreno estar situada numa cota inferior ao restante de seu entorno possibilita que o edifício, mesmo adotando uma escala monumental, respeite a altura das edificações do entorno, integrando-se a elas e ainda assim representando um elemento inédito na paisagem.

O átrio, além de ser o elemento organizador interno, dando acesso às galerias através de passarelas, o é também em termos volumétricos, contrastando com o que lhe circunda. Constitui um espaço híbrido, entre o exterior e o interior, comunicando o edifício com a cidade e o rio graças aos panos de vidro com a altura de três pavimentos. Este espaço está coberto por "un gran lucernario en forma de flor metálica" (GUGGENHEIM, 2017), parecendo também estar relacionada com a própria conformação do lote original (Figura 2b), que se assemelha a uma espécie de folha ou pétala (autoafinidade).

A forma e seus condicionamentos externos

Conforme se observa na Figura 3, pode-se identificar traçados e eixos reguladores que acusam como ponto de partida o trajeto da ponte Salbeko Zubia. Observa-se também uma convergência de traçados para o local do átrio, o que reflete sua importância na organização interna dos espaços, conectando os eixos dos volumes prismáticos: de maior extensão (que também converge com o eixo da ponte), de menor extensão (à esquerda) e o da sala de exposições 104, já citada anteriormente por se estender sob a ponte e se conectar com a torre.



O repertório formal

A obra transita entre superfícies poliédricas e curvas, entre superfícies regradas desenvolvíveis, reversas e com maior grau de liberdade. Compreender o esquema organizacional do museu dá pistas para entender alguns propósitos de associações formais, conforme se observa na Figura 4: a) o átrio (na cor amarela) constitui espaço central de distribuição, em conformação híbrida, integrando os tipos formais que caracterizam a obra; b) volumes dos espaços administrativos, comerciais e de exposições do térreo se organizam ao redor do átrio, e passarelas promovem a circulação acima dele (em amarelo); c) “áreas utilizáveis” estão distribuídas em três pavimentos, e panos de vidro fazem o fechamento vertical entre os volumes; d) volumetria do conjunto, onde se observam prismas, cilindros, estes de diretriz curva e de geratriz ortogonal, (em bege e azul) e cilindroides ou ainda formas mais livres (em cinza); e) demonstração da “altura útil” do edifício, que compreende menos da metade de sua altura total.

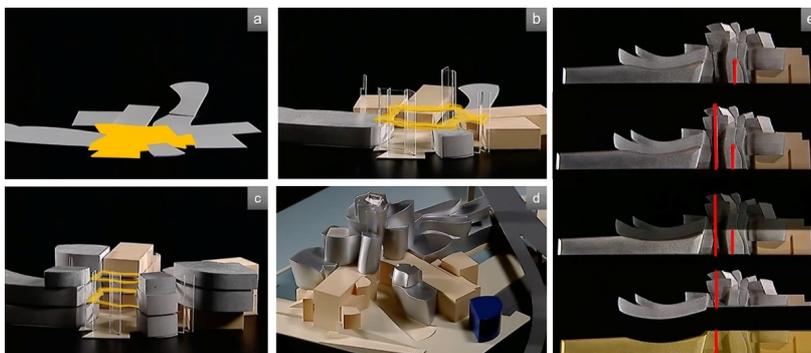


Fig. 4: Estrutura organizacional do museu. Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de imagens do vídeo de Donada (2004).

Como pode ser observado no conjunto de imagens da Figura 5, os tipos de galerias estão associados à geometria dos espaços. Os volumes prismáticos formam principalmente as galerias “tradicionais”, com plantas em formato quadrado ou retangular, que recebem exposições “clássicas”. As galerias, destinadas às exposições de arte contemporânea, têm plantas em formato curvo e pés-direitos muito mais altos.



Fig. 5: Salas de exposições. Fonte: elaborado pelas autoras a partir de imagens do vídeo de Donada (2004).

A forma em sua lógica compositiva: entre proporções e simetrias

Conforme os esquemas gráficos sobre as imagens da Figura 6, foram identificadas correspondências com proporções determinadas: em (b) de retângulo raiz de 2 nos polígonos envolventes da fachada do volume prismático, de cada esquadria e do conjunto delas; sobre as imagens (c) e (d), a proporção áurea nos volumes prismáticos que conformam as salas de exposições “tradicionais”, quadrados na conformação de volumes secundários e nas salas de exposições “tradicionais”, e retângulo de raiz 2 nos sólidos envolventes das formas curvas. Em (a) o detalhe de modelagem dos volumes em madeira, sobre os quais, por decorrência das análises em planta, se lança a hipótese de terem sido constituídos a partir de sólidos envolventes controlados pela proporção raiz de 2, a qual aparece mais frequentemente no projeto. O fato dessas formas terem sido individualmente produzidas em madeira indica ter havido muito cuidado com a modelagem de suas superfícies. Lindsey (2001, p. 45) relata que após o desenvolvimento do projeto no Catia foi produzido um modelo de verificação para garantir a precisão das formas.

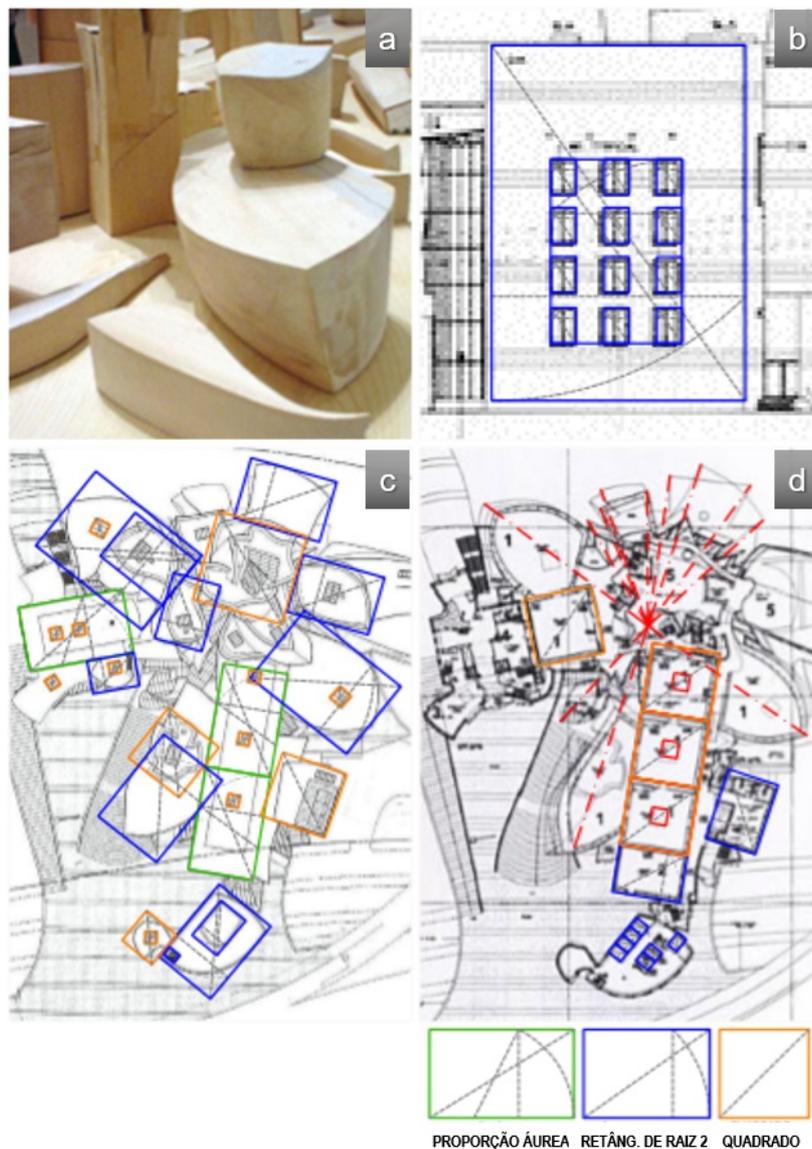


Fig. 6: Proporções e simetrias. Fonte: elaborada pelas autoras sobre imagens veiculadas na internet em Guggeheim (2017), Pagnotta (2016) e Slessor (2010)

Aspectos técnico-criativos e a renovação didática: a estimativa da dimensão fractal do edifício

O cálculo da Dimensão Fractal foi aplicado sobre duas imagens que se confrontam, com o propósito de compará-las: a fachada sul do Museu e o conjunto de edificações emoldurado pela vegetação ao fundo. Se fez pela observância de similaridades entre as duas imagens (Fig. 7), possível estratégia de refletir a cidade não somente pelo efeito da luz sobre o titânio, mas como resultado de uma transformação geométrica, repetindo a própria forma.

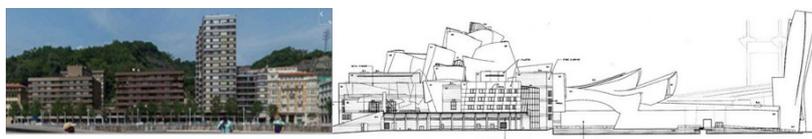


Fig. 7. À esquerda a imagem do entorno que confronta a obra e à direita a fachada sul (voltada para a cidade). Fonte: Elaborada pelas autoras sobre imagens disponibilizadas no aplicativo Google Earth e na internet, em Pagnotta (2016).

Aplicou-se o método “Box Counting” considerando-se três iterações junto ao procedimento recursivo de subdivisão da malha de referência, tal como exemplificado sobre a fachada sul na sequência de imagens da Figura 8.

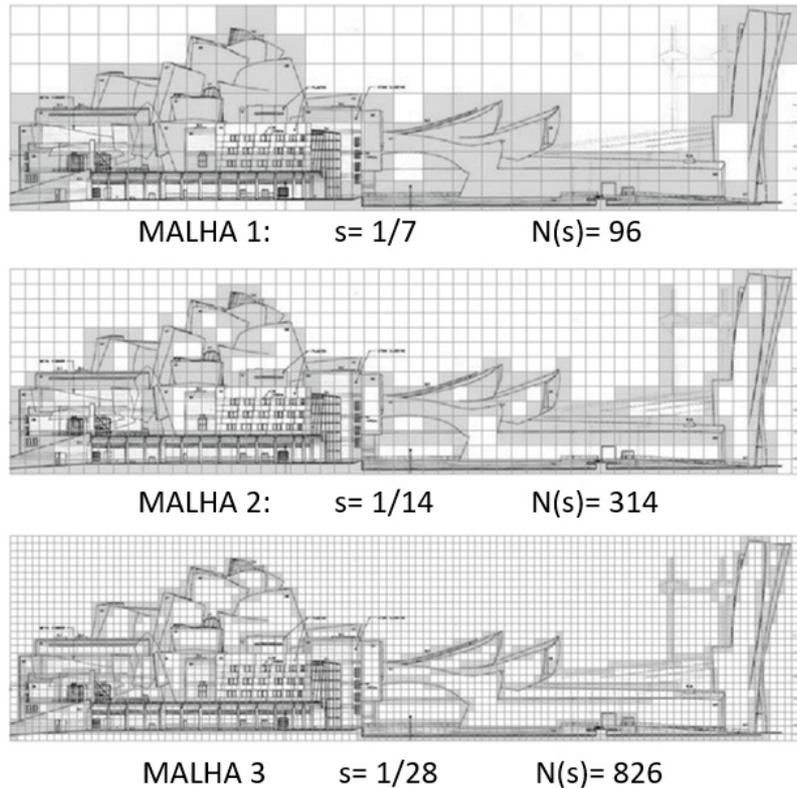


Fig. 8: Método Box Counting aplicado a Fachada Sul (voltada para a cidade). Fonte: elaborada pelas autoras sobre imagens disponibilizadas na internet em Pagnotta (2016).

O cálculo referente à aplicação do método é mostrado na Tabela 1. Observa-se que os valores são bastante próximos, demonstrando-se que por mais que pareça um “tumulto de formas” o grau de ocupação do espaço, em termos visuais, parece corresponder com o da paisagem preexistente. Constatam-se, assim, permanências sob esta abordagem. Elementos ortogonais, ritmados em um primeiro plano e logo curvas de contorno com rugosidades similares ao fundo.

a) ENTORNO					
ITERAÇÃO	MALHA	VALOR DE "N"(QUADROS OCUPADOS)	s	$D = \frac{\log N(2^{-(k+1)}) - \log N(2^{-k})}{\log 2^{k+1} - \log 2^k}$	
MALHA 1	0	4X12	27	0,14	1,35 ⁸
MALHA 2	1	8X24	69	0,07	1,21 ⁹
MALHA 3	2	16X48	160	0,04	

b) FACHADA SUL (VOLTADA PARA A CIDADE)					
ITERAÇÃO	MALHA	VALOR DE "N"(QUADROS OCUPADOS)	s	$D = \frac{\log N(2^{-(k+1)}) - \log N(2^{-k})}{\log 2^{k+1} - \log 2^k}$	
MALHA 1	0	27X7	96	0,14	1,71 ⁸
MALHA 2	1	54X14	314	0,07	1,40 ⁹
MALHA 3	2	108X28	826	0,04	

Tab. 1: Cálculo de D para a) entorno e b) Fachada Sul. Fonte: Elaborada pelas autoras.

Nota [8] Valor calculado com base nas iterações de número 0 e 1.

Nota [9] Valor calculado com base nas iterações de número 1 e 2.

A autoafinidade: do urbano à escala do edifício

Dependendo do nível em que são feitas as secções para a obtenção das plantas, logicamente, as formas do Museu assumem diferentes curvaturas. No entanto, na análise da implantação do edifício é possível identificar um procedimento recursivo, em sentido anti-horário, de variação de escala sobre as diferentes formas, tendo como eixo central a posição do átrio. As Figuras 9 (a) e 9 (c) mostram os padrões de formatos de folhas (relativos à forma do próprio terreno) e a sobreposição entre estes padrões, que mostra uma correspondência topológica entre eles. A Figura 9 (b) mostra os mesmos padrões identificados na planta de implantação.

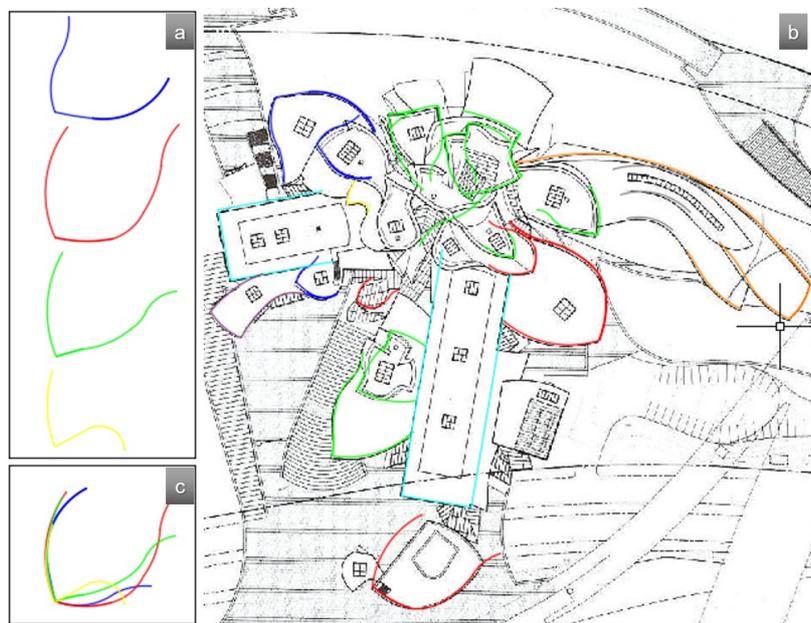


Fig. 9: Padrões em folha falciforme. a) padrões identificados; b) planta de implantação com padrões de folhas falciformes; c) sobreposição de padrões. Fonte: Elaborada pelas autoras sobre imagem disponibilizada na internet em www.jaumeprat.com/el-lugar-de-la-ensenanza, acesso em 2 Mar. 2016.

2.7 Transformação do entorno a partir da forma: relações de concordâncias, paralelismos e convergências nas visuais

Gehry, por meio de modelos físicos, ou com precisão, a partir dos digitais, controla a forma ao nível dos olhos. Parece valer-se de efeitos anamórficos (ilusões de ótica sobre determinados pontos de vista) para lograr concordâncias e paralelismos. Conforme pode-se observar pelas imagens da Figura 10, as fotos eleitas para serem veiculadas no site oficial do Museu explicitam o propósito de continuidade e convergências.

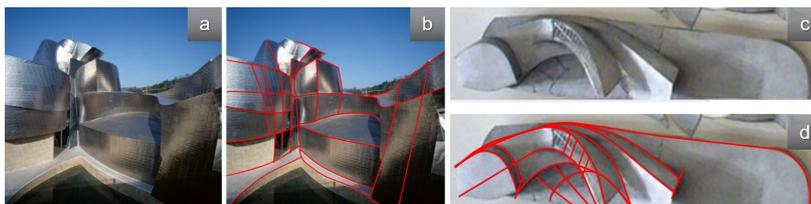


Fig. 10: Concordâncias. Fonte: Elaborada pelas autoras sobre imagens veiculadas no site do Museu (GUGGENHEIM, 2017).

Nelas observa-se também o reforço da ideia de recursividade, das características fractais da obra, em que as visuais sempre remetem à leitura da forma de folha falciforme, cuja referência vem inicialmente do próprio lote (Figuras 2 e 10).

Resultados e discussão

Observou-se que existe uma distância considerável entre a caricaturização do processo projetual de Gehry, da suposta aleatoriedade, apresentada pelo episódio de "Os Simpsons" e a efetiva complexidade e controle de tal processo. O arquiteto extraiu do próprio local o vocabulário formal a ser empregado, como estratégia para estabelecer uma relação harmônica com o tecido da cidade. Transitou entre o emprego de procedimentos clássicos, como simetrias e proporções que espelham a paisagem do entorno e o uso de lógicas recursivas da geometria fractal, desde a escala do urbano ao detalhe, do concreto ao perceptivo, por meio de efeitos anamórficos. Para decifrar este processo utilizou-se de instrumentos gráficos de análise, incluindo a aplicação do conceito de dimensão fractal.

Gehry se valeu dos avanços tecnológicos para garantir o controle preciso da forma, utilizando-se das técnicas de parametrização, associando os parâmetros geométricos que controlam cada tipo formal utilizado, reaproximando a matemática da ação projetual de arquitetura. Os parâmetros empregados determinam convergências, paralelismos, perpendicularidades, proporções derivadas destas relações, concordâncias entre cada um dos elementos da obra com os fragmentos do entorno urbano. Tais relações buscaram estabelecer uma harmonia com o lugar. A parametrização não determinou permanências à forma da cidade, mas ao contrário, gerou contrapontos que dinamizaram a sua paisagem. Em planta, há o claro movimento circular de transição entre superfícies poliédricas e curvas, associados ao propósito de integrar o repertório formal do próprio do lugar. Os tumultos referidos por Naomi Stungo não foram aleatórios, mas totalmente controlados, em seus efeitos visuais, sob os diferentes pontos de vista. As fotografias veiculadas da obra, obtidas por pontos estratégicos desde seu entorno imediato, declaram este propósito. O ritmo é dado pela sutil repetição daquele elemento formal que foi extraído ainda do contorno do terreno, percebida por um espectador mais atento à transformação das paisagens da cidade.

Considerações finais

Considera-se que as hipóteses construídas e evidenciadas graficamente explicitam as estratégias utilizadas por Gehry para estabelecer o diálogo entre a obra e o tecido urbano da cidade.

O uso da lógica fractal para estabelecer as relações com o lugar foi a estratégia para garantir que a obra mantivesse sua unidade formal, pelo menos em termos geométricos. O arquiteto usa a recursão para estabelecer uma relação harmônica e rítmica com o lugar. Proporções e repetições dialogam com a arquitetura existente no entorno imediato.

Conclui-se pela conveniência didática da construção de críticas arquitetônicas associadas a elementos objetivos. Entende-se que esta postura investigativa ativa conceitos e procedimentos, exigindo explicitar as estruturas de saber envolvidas na ação projetual.

Referências

BACKES, A.; BRUNO, O. M. Técnicas de Estimativa da Dimensão Fractal: um Estudo Comparativo. **INFOCOMP** (UFLA), v. 4, n. 3, p. 50-58, 2005.

BILBAO Ría 2000, S.A. **BILBAO RÍA 2000**. Bilbao: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.bilbaoria2000.org/ria2000/cas/bilbaoRia/bilbaoRia.aspx?primeraVez=0>>. Acesso em: 21 Mai. 2017.

COSTA, P. C. Metodologia aplicada ao cálculo da dimensão fractal de formações urbanas utilizando o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) como critério de seleção. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 14, p. 71-90, 2014.

DONADA, J. (Diretor). **Le Musee Guggenheim de Bilbao** [Filme Cinematográfico], 2004. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=hhJ62_IJKWw&t=307s

FONATTI, F. **Principios elementales de la forma en arquitectura**. [s.I.]: Gustavo Gilli, 1988.

GANHÃO, Susana M. G. R. Fractais na arquitectura. **Artitextos**; Lisboa: CEFA/ CIAUD, n. 8, p. 261-271, 2009. [online] ISBN 978-972-9346-12-5.

GIRON, L. A. O arquiteto espetacular. **Revista Florense**, n. 45, p. 12-19, outono de 2015.

GUGGENHEIM. **The Solomon R. Guggenheim Foundation**. 2017. [online] Disponível em: <<https://www.guggenheim-bilbao.eus/el-edificio/>>. Acesso em: 18 Mai. 2017.

ISENBERG, B. **Conversations with Frank Gehry**. Nova Iorque: Alfred A. Knopf, 2009.

JENCKS, Charles. The New Paradigm in Architecture. In: JENCKS, C. **The New Paradigm in Architecture: The Language of Post-Modern Architecture**. Londres: Yale University Press, 2002. p. 155-163.

JONES, Denna. **Tudo sobre Arquitetura**. Rio de Janeiro: Sextante, 2015.

LINDSEY, B. **Digital Gehry: material resistance / digital construction**. Basel; Boston/ Berlin: Birkhäuser, 2001.

MANDELBROT, B. B. **The fractal geometry of nature**. Nova Iorque: W. H. Freeman and Company, 1983.

FOX TELEVISION. **Os Simpsons**. Episódio n. 349: The Seven-Beer Snitch. Abr. 2005.

OSTWALD, M. J.; VAUGHAN, J. Representing architecture for fractal analysis: a framework for identifying significant lines. **Architecture Science Review**, v. 56, p. 242-251, 2013.

OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. **DESIGN STUDIES**, Londres: Elsevier, n. 27, p. 229-265, 2006. Disponível em: <<http://www.technion.ac.il/>>. Acesso em: Set. 2015.

PAGNOTTA, Brian. **Clássicos da Arquitetura: Museu Guggenheim de Bilbao / Gehry Partners**. [online] Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/786175/classicos-da-arquitetura-museu-guggenheim-de-bilbao-gehyr-partners>>. Acesso em: 02 Jun. 2017.

ROCHA, L. S.; BORDA A. S., A. Entre o discurso e os elementos objetivos que descrevem a forma do museu Guggenheim de Gehry. In: ENANPARQ, 4., Porto Alegre: PROPAP / UFRGS, 2016. **Anais...**

SALA M. MARTINS, A. M., HENRIQUE LIBRANTZ, A. F. A geometria fractal e suas aplicações em arquitetura e urbanismo. **Exacta**, s..n, 2006, p. 91-93. [on line]Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81009916>>. Acesso em: 18 Mai. 2017.

SALA, N. Complexity in architecture: a small scale analysis. In: COLLINS, M. W.; BREBBIA, C. A. (Eds.). **Design and Nature**. v. 2. Sowthampton/ Boston: WIT Press, 2004. p. 35-44.

SEDREZ, M. **Forma fractal no ensino de projeto arquitetônico assistido por computador**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SLESSOR, C. **1997 December: Guggenheim Museum By Frank O. Gehry & Associates (Bilbao, Spain)**. Abril de 2010. Disponível em: <https://www.architectural-review.com/buildings/1997-december-guggenheim-museum-by-frank-o-gehry-and-associates-bilbao-spain/8603272.article>. Acesso em 04 de junho de 2017.

STUNGO, Naomi. **Frank Gehry**. São Paulo: Cosac & Naify, 2000.

ZAERA-POLO, A. **Arquitetura em Diálogo**. São Paulo: Cosac-Naify, 2015, p. 203-237.

1O conjunto de intervenções urbanas que caracterizam o "Efeito Bilbao" integram urbanismo, transporte e meio ambiente, com o intuito de requalificar áreas da cidade anteriormente degradadas. A Sociedade BILBAO Ría 2000 (entidade sem fins lucrativos criada em 1992) atua conjuntamente com a administração pública de Bilbao, coordenando e executando diversas ações nesse sentido (BILBAO, 2015).

2Do original em inglês: "[...] it reflects the shifting moods of nature, the slightest change in sunlight or rain. Most importantly its forms are suggestive and enigmatic in ways that relate both to the natural context and the central role of the museum in a global culture. [...] This emergent strategy [...] has now become a dominant convention of the new paradigm".

3Do original em espanhol: "[...] el diseño de Gehry crea una estructura escultórica y espectacular perfectamente integrada en la trama urbana de Bilbao y su entorno".

4Do original em inglês: "[...] many of the irregular and fragmented patterns around us, and leads to full-fledged theories, by identifying a family of shapes I call fractals. The most useful fractals involve chance and both their regularities and their irregularities are statistical. Also, the shapes described here tend to be scaling, implying that the degree of their irregularity and/or fragmentation is identical at all scales".

5Do original em inglês: "Since the 1990s, fractal analysis has been used to measure the formal properties of urban designs, town plans and skylines (...). Architectural researchers have also used a manual variation of fractal analysis to measure the visual properties of contemporary and historic buildings".

6No contexto deste artigo os conceitos relacionados à parametrização são referenciados nos termos de Oxman (2006, p. 252), considerando que a relação entre os elementos de uma forma geométrica é explícita e pode ser controlada através de parâmetros, o que possibilita gerar e manipular formas complexas.

7Do original em inglês: "When I designed the tower, I thought of a sail. There's a moment when you're sailing and the boat goes about a new face into the wind. Just for a fraction of a second the sail quivers. I caught that moment. That is what I try to do with my buildings: giving them an impression of movement pleases me because that makes them part of the great move into the city.. The buildings are part of life and their change. There is something transitory about them".