



## Inovação e tectônica na concepção de grandes coberturas na Arquitetura Contemporânea

*Innovation and Tectonics in the Design of large roofs in Contemporary Architecture*

Célia Regina Moretti Meirelles\* e Sunao Kishi\*\*

\*Graduada em engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá. Mestrado e Doutorado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professora do eixo de Tecnologia e Experimentação, no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professora da Pós-graduação Stricto Sensu da FAU-Mackenzie

\*\*Arquiteto, Mestre pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, Professor Titular da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Mackenzie, Professor de disciplinas Projeto IV e Materiais e Técnicas das Construções IV, Professor orientador de TFG Trabalho Final de Graduação.

### Resumo:

Este trabalho tem como propósito realizar a análise das técnicas construtivas aplicadas às coberturas contemporâneas, em que a forma e a estrutura têm um papel relevante frente aos condicionantes de projeto. O recorte escolhido são dois projetos que apresentam a concepção estrutural diferenciada, aplicam novos materiais ou resgatam os conceitos tectônicos. São apreciadas as coberturas, do Sony Center em Berlim do arquiteto Helmut Jhan, e do Mercado Santa Caterine em Barcelona de Enric Miralles e Benedetta Tagliabue. A metodologia adotada considera a revisão da literatura, a visita aos locais e uma análise das técnicas empregadas. A pesquisa pretende contribuir para o conhecimento dos sistemas construtivos empregados na arquitetura, com base na investigação dos modelos adotados, das características técnicas e expressão tectônica.

Palavras-Chave: Coberturas, Forma, Estrutura, Tectônica.

### Abstract:

This paper has the intention to analyse the construction techniques applied in contemporary roofs, where the shape and structure has an important role in the design conditions. The selections chosen were two projects that has a different structural design, this structures apply new materials, or rescue the tectonic concepts. The covers of the Sony Center in Berlin architect Helmut Jhan, and Santa Caterine Market in Barcelona Enric Miralles and Benedetta Tagliabue are appreciated. The methodology considers the literature review, a site visit and a review of techniques employed. The research intends to contribute to the knowledge of building systems used in the architecture, based on research of the adopted models, technical characteristics and tectonic expression.

Keywords: Roofing, Form, Structure, Tectonics.

## Introdução

**D**esde o início da humanidade a função de habitar está associada ao conceito de segurança e proteção das intempéries como chuva, neve, vento, e sol, etc. A qualidade de vida depende diretamente da envoltória e dos materiais que compõe a envoltória em especial a cobertura. As construções nos locais isolados ainda são produzidas com materiais e técnicas disponíveis no local como as ocas, os iglus e as tendas, etc., mas a necessidade de grandes espaços exige soluções inovadoras, com novas tecnologias.

As coberturas de grandes espaços públicos promovem um local de integração das pessoas e em geral são marcos arquitetônicos referenciais, com formas diferenciadas e ousadas, demarcando o espaço através de sua linguagem e função na cidade. As novas tecnologias possibilitam as formas ousadas, com envoltórias independentes da estrutura original, associando ao projeto um ganho com isolamento térmico e acústico.

A principal preocupação das próximas gerações, deve se voltar para os esgotamentos dos materiais naturais e não renováveis, em função do aumento das populações e de processos construtivos que não consideram conceitos sustentáveis. Portanto a arquitetura deverá dar sua contribuição na busca de elementos que minimizem os gastos com materiais, rebatendo na preservação do planeta e na sustentabilidade.

Uma das principais problemáticas das grandes coberturas é o seu peso próprio, em função das grandes áreas cobertas, minimizando ou maximizando os carregamentos sobre as fundações. Portanto, a busca de soluções que minimizem o peso próprio da cobertura, com materiais leves, formas eficientes e sistemas estruturais mais leves, entre outros fatores, devem ser avaliadas na concepção do projeto. O renomado arquiteto Frei Otto produziu ao longo de sua vida acadêmica uma extensa busca por formas que minimizam os

gastos com materiais, mas sem deixar de considerar a beleza plástica.

Cada material tem o seu potencial de aplicação em diferentes projetos e em função das características locais. No Japão a maior parte das grandes coberturas é em madeira, pois a madeira apresenta uma maior estabilidade frente aos terremotos, e a cobertura é em média três vezes mais leve que em aço. Hoje a madeira é um material considerado sustentável em função de sua origem renovável com capacidade de captar CO<sub>2</sub>, ao contrário do aço e do concreto que gastam uma alta energia para sua produção, liberando uma grande quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Entretanto, a maioria das coberturas de médios e grandes vãos, construídas no mundo nos dias de hoje, são de aço, produzidas a partir de elementos finos e ou sistemas leves como as treliças, devido à imagem de inovação que o aço transmite.

Este trabalho discute projetos contemporâneos referenciais em que a expressão plástica da cobertura suscita interesse e avalia as técnicas construtivas.

### **A Tectônica e a Materialidade**

A materialização do projeto de arquitetura, a sua construção depende da tecnologia disponível no local e no tempo, mas também da cultura dos povos frente às técnicas construtivas,

e das condicionantes e exigências do projeto, etc. Segundo Amaral e Chupin (2009) o conceito tectônico na arquitetura está diretamente associado à “arte da construção”. Kenneth Frampton, (2001) no livro “Studies in tectonic culture”, discute o conceito de modo abrangente, unindo a materialidade da arquitetura, com as condicionantes locais e ambientais, com as condicionantes culturais e estéticas. Frampton enfatiza a importância da conotação poética nas ações do arquiteto frente às decisões de projeto.

A expressão tectônica considerada por Frampton é observada no discurso de arquitetos como Peter Zumthor, Enric Miralles e Frei Otto, pois procuram aplicar em seus projetos, materiais adequados ao contexto e ao lugar, além de considerar elementos como linguagem, sensibilidade e a criatividade. Zumthor (2006) no livro “Pensar Arquitetura” discute o seu modo de projetar e pondera a respeito dos elementos essenciais para que os materiais possam assumir qualidades, sensoriais e poéticas:

Para tal efeito é necessário criar no próprio objeto uma coerência de forma e sentido; uma vez que os materiais em si não são poéticos. O sentido que se deve criar no contexto do material, encontra-se para além das regras de composição, e também da sensibilidade, o cheiro, a expressão acústica elementos de linguagem que temos que utilizar.

A arquitetura de Enric Miralles traduz a forte relação do arquiteto com sua cultura, com os materiais locais, e com elementos que ultrapassam o conceito de funcionalidade. Miralles considerava que a “construção é um momento efêmero”, mas ponderava que “arquitetura e construção são indissociáveis”. (TAGLIABUE, 2005) Massad e Guerrero Yeste (2004) analisam que produção arquitetônica de Miralles.

Nasce do sentimento a uma forma visceral de compreender a arquitetura, que emerge das entranhas profundas, que é dramática por se basear na provocação, uma provocação produzida pelas formas e materiais que a compõem: que se vive e se percebe com todos os sentidos. Uma arquitetura que não recorre a artifícios ou elementos supérfluos porque todos seus componentes são, em essência, arquitetura.

Frei Otto, observando os problemas vividos na Alemanha no pós-guerra como, a reconstrução com técnicas construtivas pesadas, o emprego de elementos repetitivos, a falta de uma qualidade estética e a escassez de material, começa a buscar através da experimentação, formas que aplicassem uma quantidade mínima de material, mas sem deixar de considerar a qualidade estética. Segundo Cappellato; Guazzaniga (1995) Otto considera “o potencial dos materiais nas questões de percepção e do sentimento”.

## **As Formas e a Estrutura na Composição das Coberturas**

Antoni Gaudí em 1890 aplicou o conceito do uso de maquetes em escala reduzida para definir as chamadas formas funiculares, aplicando fios e pesos proporcionais aos pesos da construção dos edifícios, ele chegava a formas curvas puramente tracionadas, invertendo-as ele obtinha as curvas puramente comprimidas, portanto, aplicáveis aos materiais locais como as alvenarias e pedras, que apresentam uma pequena resistência a tração. (INSTITUTO TOMIE OHTAKE, 2004). As estruturas retas, como por exemplo, os pórticos, lajes e vigas são estruturas submetidas à flexão. Já as estruturas curvas podem ser muito eficientes se submetidas às tensões puras, chamadas de tensões de membrana, como ocorre nas estruturas das bolhas de sabão.

As superfícies curvas mais conhecidas, em simples curvatura, são as abóbadas. As de dupla curvatura sinclástica, as cúpulas e parabolóides elípticos e as superfícies de dupla curvatura anticlástica, os parabolóides hiperbólicos. As estruturas de superfície em dupla curvatura são mais eficientes que as de simples curvatura. (BAIXAS, 2005)

Na busca de estruturas eficientes Heinz Isler, entre 1960 e 1980, construiu uma série de coberturas em casca fina com concreto armado, ele realizava uma série de experimentos com modelos físicos para determinar a forma final da

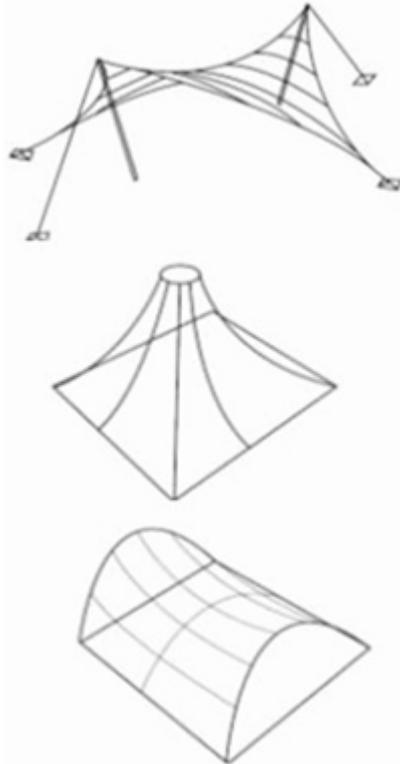


Figura 1. Formas básicas para gerar a tenso-estrutura em membrana. Fonte: dos autores, 2012.

cobertura. Um de seus modelos, chamados de membrana pendente, partia de tecido pendurado para gerar a superfície curva funicular. O modelo de Isler permite criar uma superfície curva mais perfeita que os modelos com fios utilizados por Gaudí. Isler aplicava um produto para endurecer a forma tracionada, e invertendo-a trabalhava na forma puramente comprimida. (CHILTON, 2000).

Nos últimos 30 anos o desenvolvimento tecnológico foi muito grande em diversos setores, em especial nas ferramentas digitais associadas ao desenho 3D, na simulação, na produção de maquetes, na produção de componentes da construção, novos materiais, entre outros setores, entretanto ainda existe um amplo caminho a ser vencido na produção e na automação da construção civil.

Na construção civil um dos materiais que mais evoluiu foi a fibra de vidro. Nas argamassas, permite a produção de painéis de fechamento finos de excelente qualidade de acabamento. Na mistura do microconcreto, determina uma alta resistência mecânica, como exemplo o microconcreto Ductal da empresa francesa LAFARGE. (ADDIS, 2009) Entre outros desenvolvimentos da fibra de vidro, podemos destacar as membranas de alta resistência produzidas a partir das fibras de aramidas tensionada e fibra de vidro revestida de teflon chamadas de (PTFE), com uma durabilidade média 15 a 25 anos e um peso de 1 kg/m<sup>2</sup>. (ADDIS, 2009)

As estruturas em membrana devem ser concebidas a partir de formas básicas tracionadas, como pode ser observado na figura 1, de cima para baixo: paraboloides hiperbólicos associados a mastros de elevação e pontos de ancoragem (sela de cavalo); a associação de cones com formatos hiperbólicos (funil ou cobertura de circo); e a associação com arcos de elevação, sobre os quais se pendura o tecido. Outra forma utilizada na concepção com membrana são as dobraduras em conjunto com duplo cabo de aço. Cada esquema básico permite várias composições e derivações, desde que a montagem promova a tração pura por tensionamento do tecido. As superfícies tensionadas, em malha de cabo de aço ou cabos de aço associados as membranas, devem de ter uma forma de dupla curvatura “anticlástica” para a sua estabilidade, somente as estruturas infladas podem ter dupla curvatura sinclástica.

O principal arquiteto a desenvolver a tecnologia da membrana em associação com malha de cabo de aço foi Frei Otto, que começou sua pesquisa entre 1960 e 1970, na Universidade de Stuttgart, foi o primeiro pesquisador a estudar o sistema estrutural e propor seu estudo através de modelos físicos, criando formas complexas de grande beleza. Otto propõe uma metodologia para projetar as superfícies, com auxílio de modelos físicos. As estruturas tensionadas são formadas por uma rede de cabo de aço e ou tecido de alta resistência associados à dupla curvatura. Para definir a forma Otto, utilizava modelos físicos em esca-

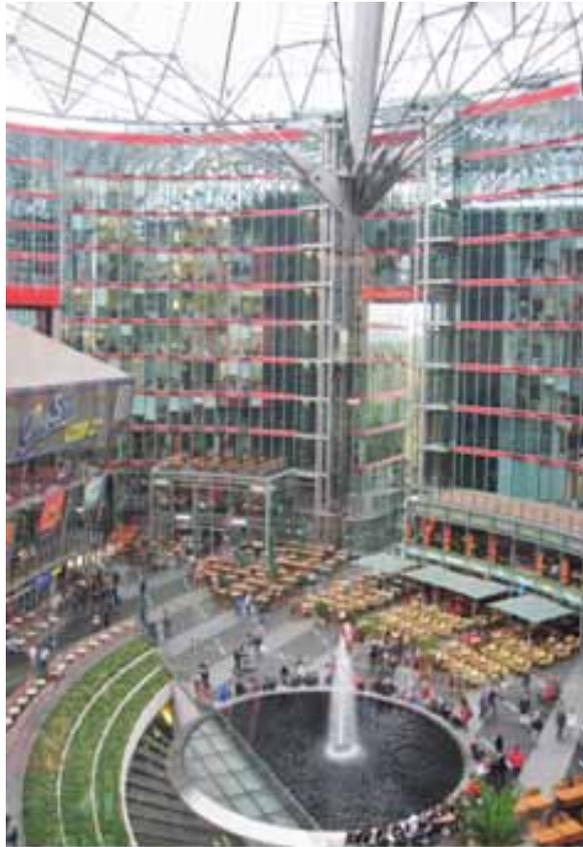


Figura 2. Praça central do Sony Center, Fonte: Lokilech (2010). [http://commons.wikimdia.org/wiki/File:Berlin\\_Sony-Center\\_Courtyard.jpg?uselang=pt-br](http://commons.wikimdia.org/wiki/File:Berlin_Sony-Center_Courtyard.jpg?uselang=pt-br)

la reduzida feitos com arame, que mergulhados em um tanque com bolha de sabão, a superfície definida pela superfície da bolha, em tração, era fotografada e utilizada para definir a forma da superfície no tecido, além de ajustar o padrão de corte do tecido. O cálculo estrutural era difícil devido a fatores associados às formas complexas, devido à forma ser dependente do carregamento, mas também devido à pequena capacidade dos computadores na época. Em 1972, Otto projeta a cobertura do estádio da Olimpíada de Munique, em trama de cabos de aço, que é um marco arquitetônico, pois foi o primeiro projeto a aplicar o uso do computador para auxiliar o cálculo estrutural, mas principalmente por ser um sistema criativo, de grande beleza. Neste caso a forma foi encontrada comparando os resultados numéricos dos modelos matemáticos à forma dos modelos físicos. (ADDIS, 2009)

Em 1990, o escritório de cálculo estrutural de Antony Hunt utilizou programas de modelagem para determinar a forma tensionada, no projeto “Don Valley Stadium”, na cidade de Sheffield na Inglaterra. Os programas, pela primeira vez, permitem a sensação de manipular uma maquete física e calcular padrões de corte nos tecidos em um processo iterativo. (ADDIS, 2009)

Hoje o software mais reconhecido na busca da forma da membrana é o EASY da empresa Technet com sede em Berlim, com modelagem da forma, simulação das deformações e tensões

que ocorrem nos modelos quando carregados, por elementos finitos. O programa determina a superfície tensionada que as membranas devem assumir num processo conhecido como “form find”, pois num processo iterativo determina o padrão de corte do tecido. (TECHNET, 2012) Entretanto, a grande maioria dos projetistas de estruturas tensionadas utiliza maquetes físicas para ajudar na concepção da estrutura. Dois dos principais discípulos de Otto foram os arquitetos Horst Berger e Hemult Jhan. Berger com diversos projetos tensionados, entre os quais, o aeroporto internacional de Denver, o estádio Rei Fahd na Arábia Saudita, e o centro de convenções em San Diego, etc. Dois projetos de coberturas de grandes espaços de Hemult Jhan em estruturas tensionadas são de grande relevância, entre elas as coberturas Hotel Kempinski em Munique, e o projeto da cobertura do Sony Center em Berlim, projetos de grande ousadia estrutural onde a novas tecnologias construtivas são uma expressão do projeto e de evolução tecnológica do material.

### **A Cobertura do Sony Center - Hemult Jhan**

O Sony Center fica localizado no centro velho de Berlim, local que foi destruído durante a segunda Guerra mundial. Após a queda da Alemanha oriental em 1989, o governo realizou diversos concursos para a recuperação de edifícios de importância histórica. O arquiteto Hemult Jhan, foi um dos vencedores do concurso, em 1992 para fazer a sede da Sony na Europa, no cen-



Figura 3. A) parte do antigo Hotel Esplanade. B) Postdamer Platz. Fonte: dos Autores, 2006.

tro antigo, na “Potsdamer Platz” (figura 3 B). A sede da Sony é composta de um conjunto de oito edifícios de múltiplos usos como “escritórios e apartamentos, lojas, comércios e restaurantes, cinemas e teatros, uma midiateca”, entre outros usos. (EURO INOX, 2003) A figura 2 mostra que a implantação de cinco edifícios criou uma praça central. O arquiteto propôs uma cobertura para criar um espaço dinâmico, interativo, além de criar um espaço acolhedor mesmo em condições extremas de temperaturas. A prefeitura exigiu condições especiais para iluminação e ventilação natural dos edifícios voltados à praça. A figura 2 apresenta o conjunto de edifícios, a praça e parte da cobertura. A figura (3 A) evidencia a parte restante do “Hotel Esplanade”, edifício tombado e remanescente da segunda guerra mundial. (CLARKE; DANZIGER; SCHULTE; 2000)

A estrutura tem como base os conceitos da tenso-estrutura. Sua forma básica remete a tenda de circo, com mastro central levemente inclinado num ângulo de 8 graus. A cobertura tem forma elíptica com 102 m no maior eixo e 78m no menor. Na cobertura do Sony Center o mastro central não poderia atrapalhar a circulação das pessoas, portanto foi aplicado um sistema estrutural em roda de bicicleta, com cabos elevando o mastro central (figura 4B). Foi necessário trabalhar com um sistema circular fechado para que os empuxos não descarregassem nos edifícios. A estrutura trabalha como uma teia de aranha, com cabos longitudinais estabilizados por cabos ra-

diais, presos à treliça de borda cuja altura permite criar a dobradura no tecido. A estrutura trabalha com duas camadas de cabos, sendo que os superiores fornecem o apoio à cobertura e os inferiores levantam a estrutura com pré-tensionado. (CLARKE; DANZIGER; SCHULTE; 2000)

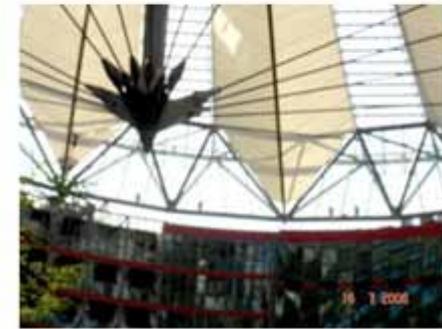
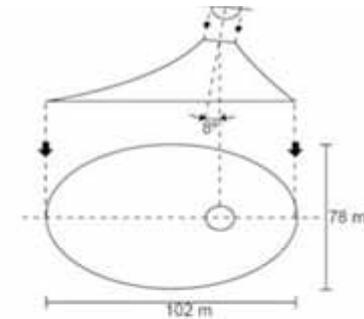


Figura 4. Sony Center A) planta da área da cobertura Sony Center, posição final do mastro B) Detalhe do mastro cabos de aço e da treliça prismática. Fonte: dos Autores, 2006.

A cobertura da praça central do Sony Center e seu sistema estrutural podem ser observados na figura 5. Os arquitetos aplicaram na cobertura de dupla curvatura, a membrana (PTFE) “poli tetra flúor etileno” combinando o tecido com fibra de



Figura 5. forma e composição da tenso-estrutura do Sony Center. Fonte: dos Autores.

vidro e teflon, e nas partes planas o vidro, devido à exigência da iluminação natural.

A estrutura que suporta os cabos de aço é uma treliça espacial prismática com seção tubular com altura de 4.4 metros, (figura 5) uma elipse fechada e está apoiada em sete pontos sobre os cinco edifícios. A estrutura foi calculada pela empresa ARUP que utilizou programas para modelar a estrutura em elementos finitos, como o “SAP2000PLUS”. Na busca de satisfazer os códigos construtivos rígidos da Alemanha, foram construídos modelos físicos, em escala reduzida, para comprovar a estabilidade e ajustar forma. A empresa estrutural, na busca da forma, aplicou conceitos de superfície mínima, para determinar as tensões de membrana, como as tensões existentes na bolha de sabão. Cada proposta de carregamento exigiu um ajuste na forma e a construção de novos modelos físicos em associação com modelos numéricos. Nas modelagens foram considerados os carregamentos de vento, de chuva, de neve, do vidro, e o peso próprio da membrana. A forma final foi definida como cone de forma hiperbólica, “com eixo do mastro central inclinado levemente num ângulo de 8 graus”. As figuras, 4 e 5, apresentam a forma da membrana e a inclinação do mastro central. Na parte translúcida foram aplicados painéis de vidros de 1,5 x 5,4 metros. Os vidros se apoiam sobre os cabos, com ajuda de elastômeros que fazem a função de articulação e permitem que o vidro se molde às movimen-

tações, as contrações e dilatações sem quebrar. (CLARKE; DANZIGER; SCHULTE; 2000)

### **A Cobertura do mercado de Santa Caterine – Enric Miralles e Benedetta Taglibue**



Figura 6. vista lateral da Cobertura Mercado Santa Caterina. Fonte: dos Autores, 2006.

No projeto de reabilitação do antigo mercado de Santa Caterina de 1848, situado na “cidade velha”, no bairro da Ribera, em Barcelona, foram encarregados, em 1995, os arquitetos Enric Miralles e Benedetta Taglibue. Taglibue (2005) aponta que na centralidade do mercado existem projetos de grande relevância que “jogam com a história e as pré-existências, projetos onde o entorno histórico consegue fazer com que a arquitetura tome um caráter inesperado”. A arquiteta observa que uma parte do antigo mercado foi construído sobre as “ruínas de um antigo monastério”. A intenção de Miralles era “abrir o mercado para cidade e cidade para sua história”.

As obras se iniciaram em 1997, em 2000 morre Enric Miralles, entretanto a revitalização do mercado foi possível, pois as obras ficaram sob coordenação da arquiteta Benedetta Tagliabue e de seu escritório de arquitetura o “EMBT”. A construção terminou em 2005. A intenção dos arquitetos foi revitalizar o entorno, e ao mesmo tempo mimetizar-se com ele, “mas projetando para o futuro”, construindo um equipamento da cidade que resiste às transformações do tempo. (TAGLIABUE, 2005)

O principal ponto do projeto é a forma ousada da cobertura (figura 6) que cobre o espaço sem apoiar nas paredes antigas, mas apoiando em pilares novos e independentes. Outro ponto que merece destaque é a visão dos arquitetos sobre o potencial da superfície da cobertura como um elemento de grande relevância, trabalhando a superfície externa com cores e texturas da terra, e das frutas, mas com técnicas construtivas contemporâneas.

Enric Miralles propõe uma mistura de diversas tecnologias aço, concreto armado, concreto protendido, madeira laminada, com sistemas estruturais diferenciados em treliça devido à sua leveza. A estrutura mista foi possível de ser realizada, pois contou com apoio de programas de cálculo atuais, que possibilitam a modelagem dos dois materiais (RIVAS, 2005). A forma da cobertura é composta de cinco abóbadas e partes planas. Na fachada observa-se três abóbadas (figura 6),

sendo uma central e duas laterais, intercaladas com duas mais baixas que só podem ser vistas de cima ou dentro do espaço. A central define um parabolóide hiperbólico. A estrutura de suporte do revestimento da cobertura é composta por arcos em madeira laminada com diferentes alturas, gerando uma forma diferenciada no conjunto.



Figura 7. vista externa do Mercado Santa Caterina em Barcelona A) Cobertura entrada av. Cambó. B) pilares Praça Joan Capri com e brisas: dos autores.



Figura 8. Mercado Santa Caterina em Barcelona vistas internas da cobertura composta de arcos de madeira laminada e estrutura metálica com arcos prismáticos. Fonte: dos Autores.

A figuras (7 A e 7 B) mostram a estrutura independente das duas fachadas. Na fachada avenida Cambó (7A), a estrutura da cobertura passa por cima das paredes antigas e a cobertura surge livre, com balanços, demarcando a entrada e gerando um espaço público que integra a cidade ao local. Tagliabue afirma que que os arquitetos pretendiam que as pessoas no “espaço tenham a familiaridade de uma casa”. (TAGLIABUE, 2005)

Na avenida Cambó, a estrutura da cobertura está apoiada em quatro pilares compostos por tubos metálicos, em forma de árvore, que suportam as vigas treliças (que contornam e apoiam as abóbadas), e os balanços ( figuras 7A e 7 B).

Na fachada posterior, chamada de “praça Joan Capri”, a cobertura está apoiada em dois pilares mistos de concreto na base e tubos de aço curvados na parte superior (figura 7 B). (RIVAS, 2000)

Os arcos de madeira laminada (figura 8) formam as abóbadas que descarregam os esforços nas vigas metálicas treliçadas. Estas definem o contorno das abóbadas, portanto apresentam “seção variável e diretriz variável”. As vigas de metálicas treliçadas se apoiam pilares tubulares na parte externa, mas internamente apoiam em pilares de concreto, entretanto para criar um espaço amplo livre de pilares no centro, as vigas treliças foram atirantadas em três grandes arcos metálicos, de

42 metros de vão livre. Os arcos metálicos são sustentados por pilares elevados do chão. Para estabilizar o empuxo, foram utilizados tirantes na base dos três arcos (RIVAS, 2005). As imagens das figuras (8 A e 8 B) mostram a estrutura interna com os arcos de madeira, as vigas treliças e os três grandes arcos centrais em treliça prismática metálica e os tirantes.

A madeira laminada é aplicada como parte da estrutura, como revestimento interno e nos brises da parte dos fundos. Sobre o forro de madeira, para um maior conforto térmico, foi prevista uma camada de isolamento em lã de rocha.

Enric Miralles demonstra neste restauro um grande conhecimento técnico dos diversos materiais e estrutura, além de uma grande sensibilidade em relação a diferentes texturas dos materiais, das cores, aplicando elementos diferenciados, mas aproximados à cultura local. No mercado Santa Caterine existe a ousadia associada à simplicidade dos materiais, das formas, que cria uma cobertura que se destaca das edificações do entorno. Os grandes arcos permitem ao arquiteto criar um espaço livre onde as pessoas interagem. A composição da estrutura com elementos tubulares em aço (ossatura) e madeira laminada permitem que o usuário faça uma leitura da estrutura, e se identifique, pois a madeira é um material natural e próximo as raízes.



Figura 9. A) Estrutura de tesouras preservadas do antigo Mercado B) ruínas do monastério. Fonte: dos Autores.

Miralles afirma que a forma, o projeto “não nasce de um gesto, mas de muito trabalho, e uma extensa pesquisa que olha para o passado e mira no futuro”. (TAGLIABUE, 2005)

Nas duas laterais do mercado, a cobertura é levemente inclinada e interceptada por partes pertencentes ao antigo mercado. Na figura 9 A podem ser observadas as tesouras em madeira do antigo mercado e na 9 B as ruínas do antigo monastério.

### Considerações Finais

As duas obras apresentadas acima e os conceitos discutidos por arquitetos renomados demonstram diferentes formas de aplicar os conceitos tectônicos no processo de projeto, com resultados plásticos diferentes, em função da tecnologia aplicada. Os projetos são reconhecidos internacionalmente, pois a cobertura propicia um espaço dinâmico onde as pessoas interagem entre si, permitindo aos usuários fazer a leitura da estrutura, sentindo a arte, a poesia que o espaço e o edifício manifestam.

A busca de Frei Otto por soluções projetuais mais leves contribui com as metodologias de projeto, com o desenvolvimento de novos sistemas estruturais, no desenvolvimento de novos materiais, até mesmo no desenvolvimento de novos programas computacionais. Apesar do

amplo desenvolvimento tecnológico sofrido nos últimos 30 anos, o uso de modelos físicos continua sendo uma ferramenta importante no processo de projeto, em especial nas soluções estruturais e na criatividade. A tenso-estrutura possibilita uma cobertura leve e ousada. O projeto do Sony Center de Helmut Jhan, representa um marco referencial no local, sendo hoje um dos locais mais visitados de Berlim.

O conceito tectônico aplicado ao restauro do Mercado Santa Caterine demonstra a consideração do arquiteto com cultura local e as tradições, a cobertura se destaca e se mimetiza ao local, como uma “quinta fachada”. O arquiteto Enric Miralles consegue através deste projeto fazer uma referência aos projetos de Gaudí mas com elementos contemporâneos, na forma da cobertura curva, nos pilares tubulares.

Cada um dos arquitetos através de seus projetos demonstra o conhecimento do conceito tectônico dos materiais, mas cada projeto tem condicionantes diferentes. No Sony Center o projeto representa um símbolo da inovação tecnológica. No Mercado Santa Caterine o projeto representa um marco arquitetônico, reforçando a materialidade e a cultura local.

## Referências Bibliográficas

**ADDIS, BILL.** *3000 Anos de Projeto Engenharia e Construção*. Porto Alegre: Editora Bookman, 2009.

**AMARAL, Izabel; CUPHIN, Jean Pierre.** “Quase tudo que você queria Saber sobre tectônica, mas tinha vergonha de perguntar”. Revista do programa de Pós FAU-USP, São Paulo, v.16, N.26, dezembro, 2009. Disponível em <<http://www.revistasusp.sibi.usp.br/pdf/posfau/n26/10.pdf>> acesso em 10.jun.2012.

**CLARKE, R; DANZIGER, B.; SCHULTE, R.** “Forum Roof, Sony Center, Berlin: Innovation Beyond form follows force”. The ARUP journal, Berlin, n. 2, 2000.

**CHILTON, J. Heinz Isler.** *The Engineer's Contribution to Contemporary Architecture*. London: Thomas Telford Publishing, 2000.

**BAIXAS, Ignacio Juan.** *Forma Resistente*. Santiago do Chile: Ediciones ARQ, 2005.

**CAPPELLATO, Gabriele; GUAZZANIGA, Luca.** *Esperienze di Architettura: Generazioni a Confronto*. Mendrisio: SKIRA, 1995.

**EMBT Arquitectos.** Mercado de Santa Caterina. Revista Arquitectura Viva, Obras y Proyectos, Barcelona, 2010, pp. 56-63. Disponível em <<http://www.scielo.cl/pdf/arq/n58/art18.pdf>> acesso em 15/09/2012.

**EURO-INOX.** Sony Center in Berlin. Berlin: EURO-INOX, 2003.

**FRAMPTON, Kenneth.** *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*. MIT Press: Cambridge, 2001.

**INSTITUTO TOMIE OHTAKE.** *Catálogo da exposição Gaudí: A procura da forma*. São Paulo: Instituto Tomie Ohtake, 2004.

**LOKILECH.** “Autor da Imagem do Sony Center am Potsdamer Platz in Berlin. Creative commons”. Disponível em <[http://www.commons.wikimedia.org/wiki/ifile\\_berlin1.jpg/](http://www.commons.wikimedia.org/wiki/ifile_berlin1.jpg/)>

**MASSAD, Fredy; GUERRERO YESTE, Alicia.** “Enric Miralles. La inconclusa Arquitectura del Sentimiento”. *Arquitextos* 04.048, maio. 2004. Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.048/581/pt> Acesso em 15/05/2012.

**RIVAS, José Velasco.** “La cubierta del Mercat de Santa Caterina en Barcelona 1997-2005”. In: *Revista de Obras Publicas n° 3456*, Barcelona, junio, 2005.

**TAGLIABUE, BENEDETTA.** “Notas Del estudio EMBT desde 1995”. In: *Enric Miralles 1983 a 2000*. Revista El Croquis, Barcelona: 304950+72+100/10, 2005. p. 20.

**TECHNET.** Disponível em <<http://www.tech-net-gmbh.de/index.php?id=41>> acesso em 13/08/2012.

**ZUMTHOR, Peter Zumthor.** *Pensar a Arquitetura*. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

