

Centro Pompidou: A estrutura da arte – a arte da estrutura

Eng.^a Marta Gameiro

Engenheira Civil, Sócia e Directora Técnica da Gravidade International, ex-colaboradora da RFR Ingénieurs.

1. Um marco arquitectónico, um marco de engenharia

O Centro Georges Pompidou constituiu um marco arquitectónico na Europa dos anos 70, como ficou bem patente no artigo do Professor Vítor Murtinho publicado há um ano nesta revista, na edição nº 40. No presente artigo, pretende-se dar a conhecer o impacto que este edifício teve na engenharia de estruturas daquela década assim como o marco que constituiu no desenvolvimento da utilização do aço na construção. Realça-se igualmente a intensa colaboração entre as duas disciplinas, arquitectura e engenharia, que permitiu a concretização deste edifício excepcional.

2 O concurso

No início de 1971 o governo francês lança um concurso público internacional para o projecto de um centro cultural a construir em Paris, na zona denominada Beaubourg. A intenção principal era a de colocar à disposição da população uma fonte de informação e divulgação cultural, num ambiente acolhedor, aberta a todos e deixando de parte qualquer elitismo ou consideração de classe.

Em Londres, no seio da Ove Arup & Partners, a Structures 3 era uma equipa liderada pelo engenheiro Ted Happold, vocacionada para a exploração de novas tendências, das quais é exemplo o estudo de estruturas singulares em membranas têxteis e cabos, em conjunto com o engenheiro Frei Otto, na Alemanha.

Peter Rice era então um jovem engenheiro da Structures 3 que se tinha destacado na difícil missão de conseguir

concretizar a ousada estrutura da Ópera de Sidney, do arquitecto Jorn Utzon, à qual se dedicou sete anos, logo após a sua licenciatura no *Imperial College* em Londres.

Structures 3 viu no concurso do então denominado Centro Beaubourg, um processo claro, bem organizado e que oferecia uma boa oportunidade de experimentação. Desafiou então a recém-formada dupla de arquitectos Richard Rogers e Renzo Piano a apresentarem uma proposta em conjunto. Após alguma hesitação, mas rendidos à insistência de Happold e Rice, o desafio foi aceite.

O concurso foi muito disputado, tendo sido apresentadas 681 propostas. Não era de estranhar pois aquela seria a obra mais emblemática e de maior envergadura realizada até então em Paris após a última guerra. O júri era composto por figuras proeminentes da arquitectura e engenharia da época, como Philip Johnson e Oscar Niemeyer e presidido pelo notável engenheiro, inventor e designer francês Jean Prouvé.

O espírito da jovem equipa era, no entanto, despretenso. Cientes que ganhar um concurso deste cariz era tão pouco provável como ganhar a lotaria, abordaram-no sem fazer compromissos, procurando explorar ideias novas que dessem resposta ao conceito central escolhido para o projecto: conceber uma máquina de informação cultural.

Para a superestrutura foi apresentada a concurso uma solução metálica de grandes vãos, a toda a largura do edifício, com pavimentos suportados por vigas treliçadas planas apoiadas sobre pilares tubulares nas fachadas. O conceito de flexibilidade era explorado ao limite,

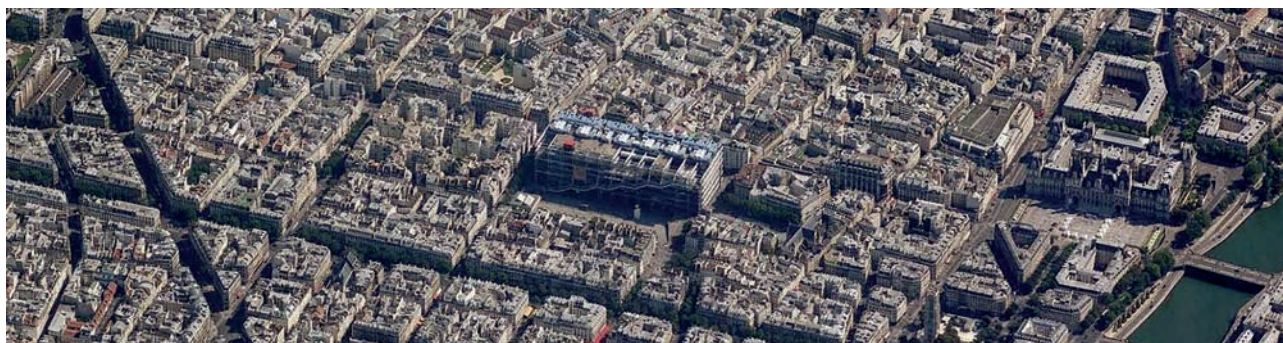


Figura 1. Vista aérea do Centro Pompidou e malha urbana envolvente

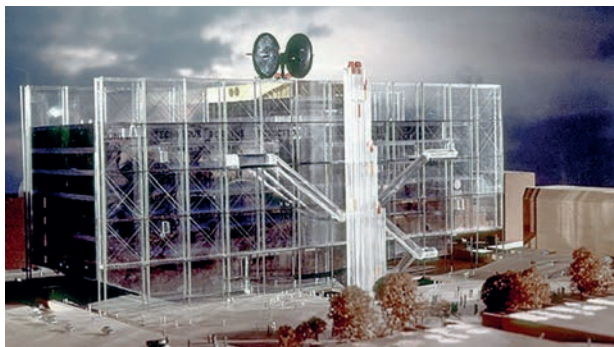


Figura 2. Maquete da proposta apresentada a concurso

propondo-se a possibilidade de pavimentos, paredes e divisórias poderem ser móveis, isto é, a sua posição modificada em função das necessidades de cada momento. As ligações entre os diversos elementos da estrutura metálica assumiram desde logo uma importância central na proposta.

Contra as expectativas de muitos, incluindo dos próprios e sobretudo do governo francês, a escolha do júri recaiu sobre a proposta de Piano, Rogers, Happold e Rice. O primeiro grande desafio da equipa foi assegurar a exclusividade do desenvolvimento do projecto desde a concepção à execução.

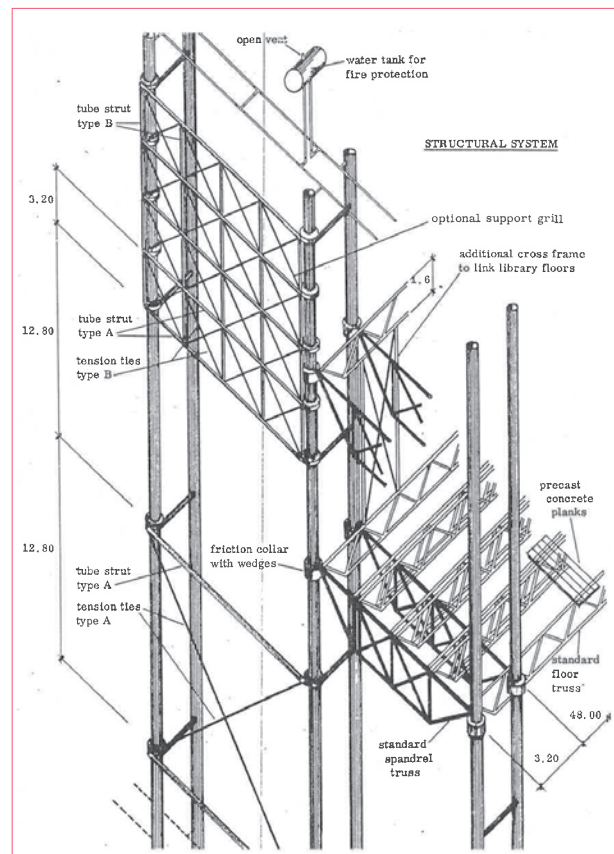


Figura 3. Sistema estrutural da proposta apresentada a concurso

LUSOMELT

Fornecimento de Bens e Serviços, Lda

Máquinas de Granalhar
Sistemas de Pintura
Modernização de Equipamentos
Soluções integradas
Peças de substituição
Cartuchos filtrantes



Agentes exclusivos

wheelabrator
 shaping industry

Rua de Belém 48 2º - 1300-085 Lisboa | Tel: 21 361 62 10 | Fax: 21 363 49 95 | E mail: lusomelt@lusomelt.pt

www.lusomelt.pt

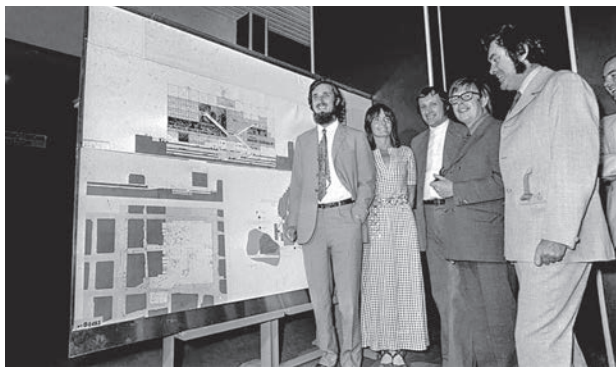


Figura 4. A equipa laureada – da esquerda para a direita: Renzo Piano, Richard Rogers e esposa, Ted Happold e Peter Rice.

3. Os desafios

A flexibilidade e versatilidade eram um dos pontos-chave do projecto. O vão único entre fachadas frontal e posterior, com 44.80m, dava resposta a este requisito, permitindo múltiplas e evolutivas utilizações do espaço interior do edifício.

Nas fachadas concentravam-se e expunham-se as circulações verticais: na fachada frontal, a circulação do público, através de escadas rolantes, na fachada posterior, a circulação de carga e das infraestruturas técnicas. O vão de 44.80m central devia assim prolongar-se em ambas extremidades para integrar as circulações.

Cargas de grande magnitude deviam ser consideradas, dado que parte importante do programa consistia numa biblioteca e centro de documentação, que poderia vir a funcionar em qualquer dos pisos do edifício.

Por outro lado, a cércea foi fixada em 28m, altura máxima de uma escada de carro de combate a incêndios. Caso esta altura fosse ultrapassada, o edifício seria considerado de grande altura e teria de cumprir numerosos requisitos adicionais no que respeita à segurança contra incêndio. A altura entre pisos era, portanto, limitada.

Por último, a “máquina de informação” deveria, apesar da grande envergadura, ter uma escala humana, ser um lugar popular onde o visitante se sentisse acolhido, não

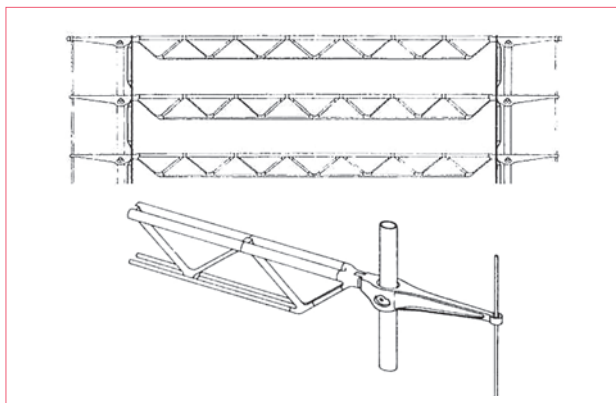


Figura 5. Secção transversal tipo e pormenor mostrando a relação entre a treliça principal, a gerberette, o pilar e o tirante

intimidado. Sendo a estrutura em grande parte visível, ela era um elemento decisivo para a concretização desse objectivo. Foi na resposta a este desafio que Peter Rice imprimiu o seu cunho pessoal mais significativo ao projecto.

Havia ainda, como em todos os projectos, condicionantes de custo e tempo. De referir que o prazo fixado para a abertura ao público foi de cinco anos após o lançamento do concurso, o que, aos olhos de hoje, parece uma eternidade, mas nos anos 70, foi todo um desafio.

4. As respostas

O grande vão de 44.80m foi vencido através de treliças planas de secção tubular. As cordas duplas, com uma ligeira distância entre os dois tubos, conferiam uma leveza visual assinalável a estes elementos com cerca de 3 metros de altura.

As treliças e pilares foram realizados com secções tubulares de aço, produzidas por centrifugação. As ligações entre as cordas duplas e as diagonais, únicas, centradas das treliças principais foram materializadas através peças de aço fundido. Por sua vez, as circulações verticais junto às fachadas anterior e posterior do edifício foram suportadas por peças denominadas *gerberettes*, igualmente em aço fundido.



Figura 6. Maquete do sistema estrutural final



Figura 7. Decorações em ferro fundido no metro de Paris

O termo *gerberette* provém do engenheiro alemão Heinrich Gerber que inventou a viga gerber e utilizou o seu sistema patenteado na construção de inúmeras pontes da segunda metade do século XIX. As *gerberettes* eram neste caso as peças nas quais descarregavam as treliças principais, que transmitiam essas reacções aos pilares tubulares da fachada e eram travadas na extremidade oposta por tirantes verticais. Cada elemento tinha pois uma função perfeitamente definida: vigas treliçadas funcionando em flexão, pilares tubulares em compressão, tirantes em tracção. O contacto entre os elementos era feito de forma pontual, simples (apoios articulados) e assegurado por peças em aço fundido.

O sistema estrutural demonstrava uma característica muito apreciada e defendida por Peter Rice: a previsibilidade. Uma hierarquia perfeitamente estabelecida, uma função bem definida para cada peça, a possibilidade de controlar com precisão os esforços

a que estará submetida. Um factor importante de fiabilidade.

A opção pelo aço fundido veio, por seu lado, responder ao anseio de conferir dimensão humana, qualidade “táctil” à estrutura.

Com efeito, Peter Rice há muito se interrogava sobre o que dava às grandes estruturas do século XIX o seu carácter apelativo particular. Paris contava com numerosos exemplos: as entradas das estações de metro estilo *art nouveau*, a gare de Lyon, a torre Eiffel, o Grand Palais... A sua audácia não explicava tudo. Numerosas estruturas do pós-guerra eram audaciosas mas careciam da personalidade e do aspecto acolhedor das suas homólogas do século anterior. Concluiu que algo que transparecia nestas últimas era o empenho e cuidado que os engenheiros tinham depositado no seu desenho. Da mesma forma que as catedrais góticas, estruturas que Peter Rice admirava, manifestavam não apenas as escolhas funcionais mas também o cunho pessoal e subjectivo dos mestres e artesãos que lhes deram forma. Através dos elementos decorativos fundidos e das ligações de ferro, através das pedras esculpidas, cada obra exprimia uma marca pessoal, recordando-nos que fora idealizada e erigida graças ao trabalho dos homens que nela participaram.

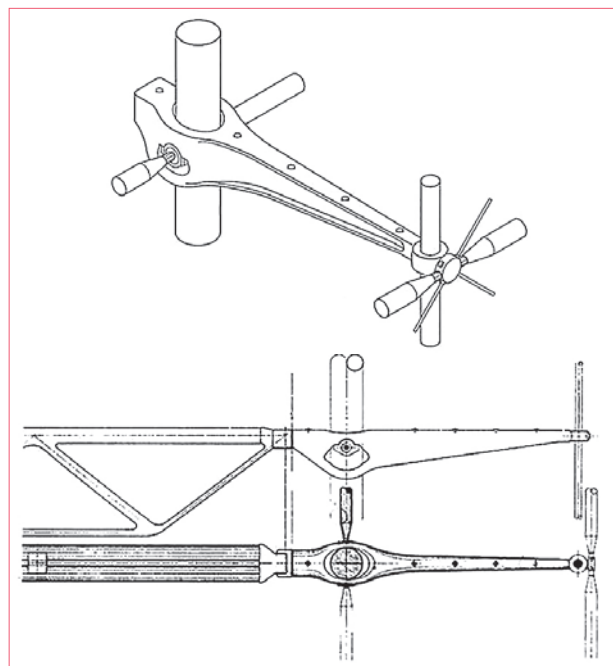


Figura 8. Gerberette

O aço fundido podia manifestar estas mesmas qualidades. As *gerberettes* foram assim objecto de todos os cuidados durante o desenvolvimento do projecto. A sua forma foi estudada detalhadamente e

**Detalhe, engenharia
e produção no mesmo
ambiente BIM 3D/4D?**

Escolha Tekla e conheça o valor do modelo BIM e o trabalho colaborativo, em qualquer lugar, a qualquer hora!



Mais informações no site www.construsoft.pt
ou ligue para o 214 218 574



apurada durante meses. Como não podia deixar de ser, o resultado final era a encarnação do funcionamento da peça, traduzindo fielmente o diagrama de momentos nela instalado. Fina no ponto de apoio das treliças, alta e larga na ligação aos pilares, afinando-se de novo até à ligação com os tirantes exteriores. A forma respondia igualmente às condicionantes do processo de fundição e montagem.

Eis então a peça símbolo da estrutura, produto da indústria de então, mas testemunho inconfundível da intervenção humana. A escala do edifício seria percebida pela escala dos elementos individuais e não pela dimensão do conjunto.

5. As dificuldades

O caminho da concretização deste marco importante da arquitectura e engenharia da época foi, no entanto, tortuoso.

A primeira barreira, presente durante os mais de quatro anos que mediam entre o anúncio dos vencedores do concurso e a inauguração, foi a resistência encontrada nas entidades francesas envolvidas no processo, com excepção do Instituto de Soldadura. De facto, o governo e a comunidade de engenharia nacional não esperavam que a vitória de um concurso desta natureza recaísse sobre uma equipa estrangeira. Recobrados do choque, pretenderam relegar a intervenção da equipa, e em particular dos engenheiros, ao mero acompanhamento do projecto, o qual seria desenvolvido por “excelentes engenheiros franceses”. No entanto, Structures 3 fez ver que o cerne do projecto era justamente o detalhe, pelo que a sua intervenção teria de ser total desde a concepção à execução.



Figura 9. Gerberettes na fundição Polig Heckel & Bleihart

Felizmente para Beaubourg, o concurso definiu a criação de uma entidade pública independente para gerir todo o processo de instalação do museu, desde o projecto à obra, desde o programa expositivo à aquisição das colecções de arte. O seu presidente, Robert Bordaz, que reportava directamente ao presidente da república Georges Pompidou, compreendeu rapidamente o ponto de vista da equipa laureada, e desde então, foi seu acérrimo defensor.

O concurso previa igualmente a instalação da equipa projectista em Paris. Arquitectos e engenheiros, os segundos liderados por Peter Rice, empreenderam então o trabalho. As pressões foram constantes por parte do cliente, dos consultores (*experts* e representantes da indústria francesa) do revisor de projecto (Socotec). Críticas ferozes foram feitas sobre a exequibilidade da estrutura metálica. Em particular sobre as peças fundidas. Efectivamente, o ferro fundido era então uma tecnologia do passado, abandonada há décadas, e produzido ainda residualmente em velhas e raras fundições do centro da Europa, com metodologias arcaicas. Era a antítese da indústria do aço moderna, assente na produção industrial de peças laminadas, estandardizada, fiável. Era assim necessário modernizar a produção, adaptá-la às exigências de fiabilidade actuais. O cliente, por seu lado, estipulou que as peças fundidas fossem sujeitas a um rigoroso programa de ensaios para atestar a sua adequação.



Figura 10. Acabamento de uma gerberette

Aqui como sempre, a responsabilidade do engenheiro é muito clara: garantir que a estrutura é segura qualquer que sejam as condições de carga a que está submetida. Se adicionalmente ela é elegante e reflecte as características específicas do material de que é feita, melhor.

Na fase de consulta de empreiteiros, todas as empresas estrangeiras retiraram-se do concurso. As duas principais empresas francesas concertaram-se e apresentaram um preço idêntico que ultrapassava em cinquenta por cento o orçamento estabelecido, ambas propondo em paralelo soluções alternativas que encaixavam exactamente no orçamento disponível. O dono de obra declarou nulo o concurso e desafiou os projectistas a encontrar quem estivesse disponível para construir a solução de projecto dentro do valor e prazo disponíveis.

Neste ponto, vale a pena referir que o protecçãoismo exercido pela engenharia e indústria francesas não é exclusivo deste país. É um fenómeno comum a outras geografias. Em termos gerais, as empresas têm tendência a ser conservadoras e dogmáticas em casa e a ser abertas e flexíveis no estrangeiro. A globalização veio esbater um pouco esta forma de actuar, mas, no essencial, a regra mantém-se válida.



Figura 11. Operação de fixação de viga principal à gerberette

Encontrada uma empresa alemã que reunia os requisitos, a Krupps, foram concluídos os estudos das peças fundidas e produzidas as primeira *gerberettes* na fundição Polig Heckel & Bleihart. Os testes de resistência revelaram que as peças não suportavam mais do que metade da carga para a qual tinham sido dimensionadas, fazendo temer um desfecho trágico de todo o processo.

Uma derradeira dificuldade apresentou-se ainda: o presidente Georges Pompidou, cliente final da encomenda, falece em maio de 1974. O seu sucessor, Valéry Giscard d'Estaing, considerava o projecto uma

despesa inútil e requereu que fossem retirados dois pisos ao edifício. Felizmente, o processo estava já demasiado avançado para incorporar a alteração, pelo que o projecto foi executado como inicialmente previsto.

Por fim, o obstáculo da comunicação, ou, em rigor, a falta dela. Falhas de comunicação que estão na origem de muitos dos problemas que enfrentamos em inúmeras situações do nosso quotidiano. Neste caso, as principais responsáveis do falhanço da primeira campanha de testes das *gerberettes*, como se verá adiante.

6. As soluções

O leitor pergunta-se neste ponto como foi possível levar a bom porto esta empresa.

Destacaria em primeiro lugar um factor decisivo, sem o qual toda a competência e empenho da equipa de projecto e empresas envolvidas seriam frustrados: a qualidade do dono de obra. Foi já referida a clarividência do presidente da entidade pública formada para gerir o processo e perseverança com que assegurou as condições para que o projecto seguisse o curso definido no programa de concurso. Além do valor pessoal desta figura, o sistema em si era igualmente meritório: a criação de uma entidade gestora independente do poder político e assessorada por indivíduos de reconhecida

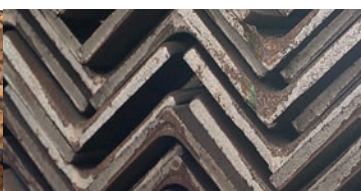


LIDERAR PELA QUALIDADE

SERVIÇO ESPECIAL DE CORTE DE PERFIS, CHAPAS E TUBOS



J. SOARES CORREIA
ARMAZÉNS DE FERRO, S.A.



ARMAZÉNS: MAIA, PALMELA, GUARDA, VILA REAL

CATÁLOGOS TÉCNICOS EM: WWW.JSCORREIA.PT T. 351 229 865 700 F: 351 229 865 791 JSC@JSOARESCORREIA.PT

competência e isenção, entre as quais o já referido presidente do júri do concurso, permitia supor que o interesse público prevaleceria face a outros interesses instalados.

Em segundo lugar, mas não menos importante, a competência, o espírito crítico e experimentador, a análise científica e rigorosa com que foram atacados e solucionados os desafios técnicos que o projecto apresentou. O mais relevante de entre eles consistiu no repto de fazer do aço fundido um material fiável, apto a ser utilizado na indústria da construção moderna. O mesmo foi ultrapassado pelos engenheiros integrando na análise uma nova metodologia, oriunda de outras indústrias. Tratava-se da então recente tecnologia aplicada à produção de metais baseada na teoria da mecânica da fractura, desenvolvida para dar resposta à necessidade de produzir plataformas de aço fiáveis para os reactores nucleares, assim como para as estruturas petrolíferas do Mar do Norte. A mecânica da fractura permitia prever o comportamento dos materiais frágeis submetidos a estados de tensão e o seu funcionamento em presença de defeitos internos, como pequenas fissuras.

Na fase de projecto, o cálculo das peças fundidas foi realizado com esta metodologia e o caderno de encargos das mesmas, estipulando a utilização da recente norma inglesa sobre aço fundido, definiu com precisão as características dos aços e procedimentos a utilizar na fundição.

Eis que, no fabrico dos primeiros protótipos das *gerberettes* e nós das treliças, se manifestou outro problema atrás referido: lapsos de comunicação. Os engenheiros da Krupps e os técnicos responsáveis da fundição não leram o caderno de encargos, tão laboriosamente preparado pelos projectistas. Redigido em francês como estipulado em concurso, não era de fácil apreensão para os germanófonos. Por seu turno, os projectistas não falavam alemão e a comunicação era feita através do precário inglês dos alemães. Enfim, estes não pensaram duas vezes em utilizar a regulamentação alemã à qual estavam habituados, e que era, de resto, reputada por ser a mais exigente e precisa



Figura 12. Estaleiro na fase final da obra

na Europa. Quem colocaria em causa a justeza das prestigiadas DIN?

Depois do resultado desastroso dos primeiros testes, Peter Rice e a sua equipa deslocaram-se à Alemanha para analisarem o problema. Compreenderam a origem do erro e explicaram-no aos engenheiros alemães, que, ainda assim, se mostraram irredutíveis nas suas convicções. A procura de uma solução levou-os até à Universidade de Stuttgart, ao Instituto de Materiais, onde encontraram o professor Kussmaul, que utilizava a metodologia da mecânica da fractura. Este soube explicar aos seus compatriotas o problema em causa e convenceu-os a adaptar os procedimentos à norma inglesa.

A segunda série de protótipos de *gerberette* foi assim produzida e os ensaios decorreram sem imprevistos, tendo-se obtido as resistências previstas no projecto.

A partir deste ponto, não se colocaram mais contratempos técnicos e, à parte do pânico temporário instalado aquando da morte de Pompidou com a perspectiva do projecto ser desfigurado pela retirada de dois pisos, a obra prosseguiu normalmente e foi concluída a tempo para a inauguração na data prevista, a 30 de Janeiro de 1976.

7. Peter Rice

Após a conclusão do Centro Georges Pompidou, Peter Rice fundou com Martin Francis e Ian Ritchie o seu próprio gabinete em Paris, a RFR, responsável pelo projecto de estruturas emblemáticas em França e um

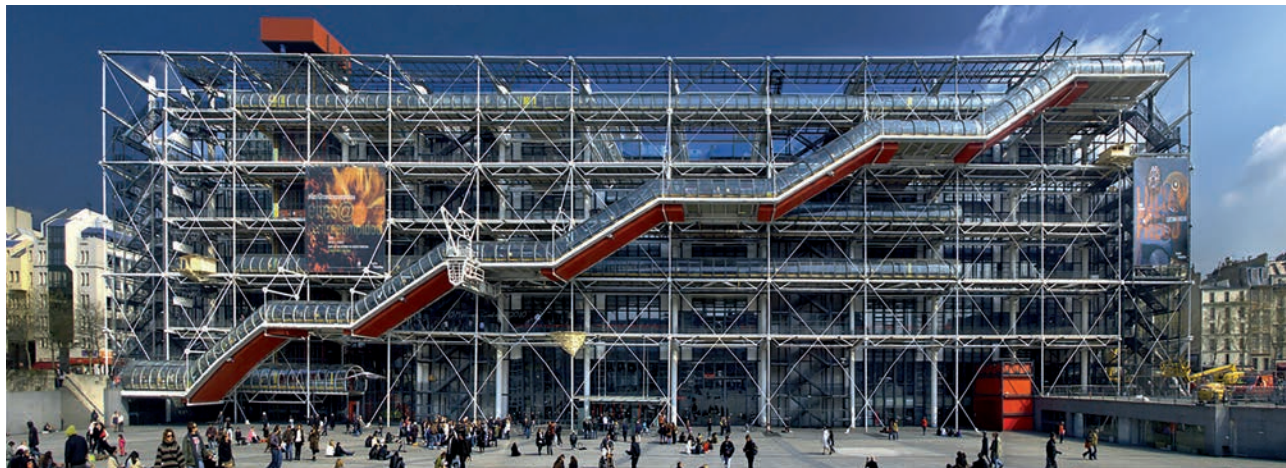


Figura 13. A Máquina de informação cultural concluída



Figura 14. A Estrutura da Arte – a Arte da Estrutura

pouco por todo o mundo. Foi percursor na utilização inovadora de vários materiais estruturais como o aço fundido, o vidro e a pedra. Foi um engenheiro singular, brilhante, respeitado pelos pares, requisitado pelos arquitectos mais destacados do seu tempo. Através do seu trabalho, do seu legado, ensinou-nos muito sobre o papel do engenheiro na profissão e na sociedade.

O Centro Georges Pompidou, assim como muitos outros projectos no seu currículo, são um exemplo vivo de como o trabalho íntimo e colaborativo entre arquitectos e engenheiros produz resultados excepcionais, que transcendem largamente as duas disciplinas.

A autora escreve com a grafia anterior ao Acordo Ortográfico de 1990.



Figura 15. Rogers, Piano e Rice sobre a gerberette

Bibliografia

Peter Rice – Mémoires d'un Ingénieur

Peter Rice. Tradução do inglês *An Engineer Imagines*, por Luc Baboulet
Groupe Moniteur, Paris 1998

Peter Rice : Un ingegnere tra architettura e tecnologia
Niccolo Baldassini

Università de Firenze, Facoltà di Architettura, Thesis 1991

Traces of Peter Rice, an Arup Documentary

Ben Richardson, Kelsey Eichhorn, Jennifer Greitschus
Arup 2012

BULLONI

Sistemas de Fixação

DISTRIBUIDOR DE PARAFUSARIA, MATERIAL DE FIXAÇÃO E SOLDADURA
FASTENERS, FIXING AND WELDING INDUSTRIAL SUPPLIER

www.bulloni.pt

BULLONI-SOC.COMP. DE FIXAÇÃO, LDA. | Rua das Cavadas, 427 4435-648 Baguim do Monte - Portugal | Tel. +351 229774310 | Fax. +351 229774319 | geral@bulloni.org

