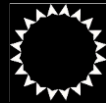




EP-USP

PEF2602

Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



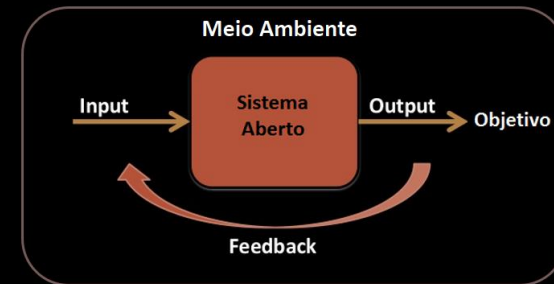
FAU-USP

Sistemas Reticulados

Professores

Ruy Marcelo O. Pauletti & Leila Meneghetti Valverdes
2º Semestre 2016

Sistema: conjunto de elementos relacionados funcionalmente, dotado de um caráter unitário, que se descreve por seu comportamento e sua estrutura.



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Sistema Estrutural:

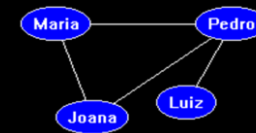
conjunto de elementos físicos, relacionados funcionalmente, dotado de um caráter unitário, que se destina à manutenção da forma, sob a ação de forças de natureza diversa.



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Grafos:



Diferentes disposições geométricas de um mesmo grafo:



Sistemas Reticulados:

Grafos em que a disposição geométrica dos elementos é relevante



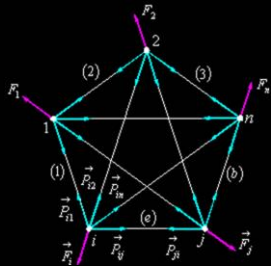
PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Sistemas Estruturais Reticulados:

Sistemas cujos elementos podem ser bem representados por um grafo composto por pontos chamados nós, interconectados por linhas materiais que transmitem forças e momentos.

Treliças, Redes de Cabos, 'Tensigrities'
('Sistemas de Forças Centrais'):



Equilíbrio do Sistema:

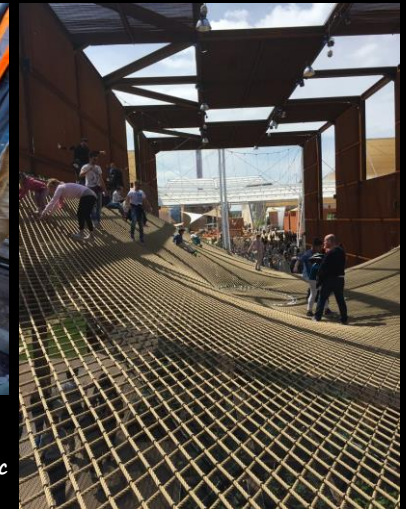
$$\vec{F}_i + \sum_{j=1}^n N_{ij} \frac{\vec{x}_j - \vec{x}_i}{\|\vec{x}_j - \vec{x}_i\|} = \vec{0}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Redes



Pavilhão Brasileiro da Expo Milão 2015
Studio Arthur Casas + Atelier Marko Brajovic



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Sistema Arquivave

*Arquitetos: Ictinus e Callicrates, sob a supervisão do escultor Phidias.
Início da construção 447 AC*



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Museu do Amanhã Santiago Calatrava, Rio de Janeiro, 2016



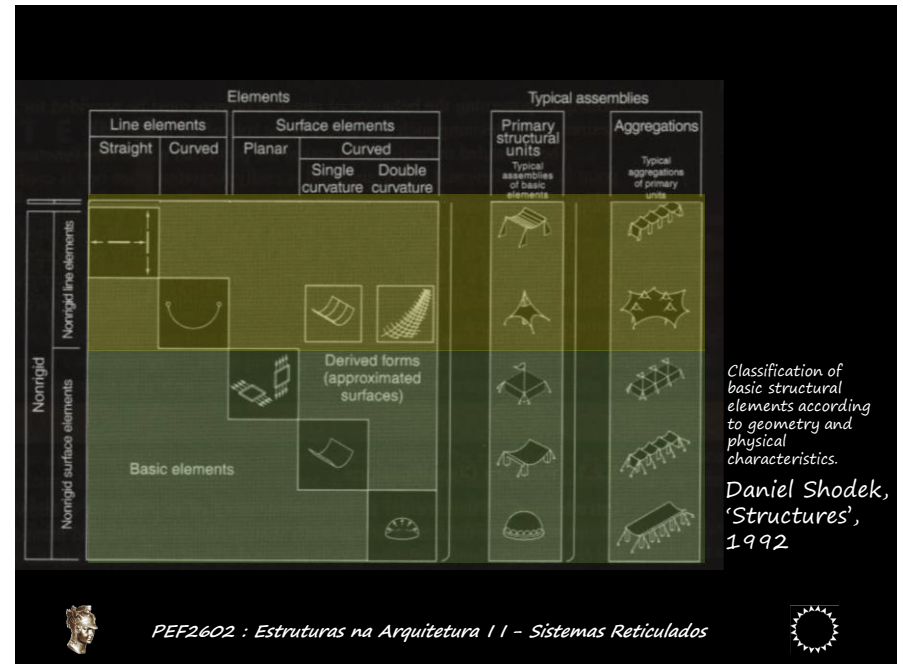
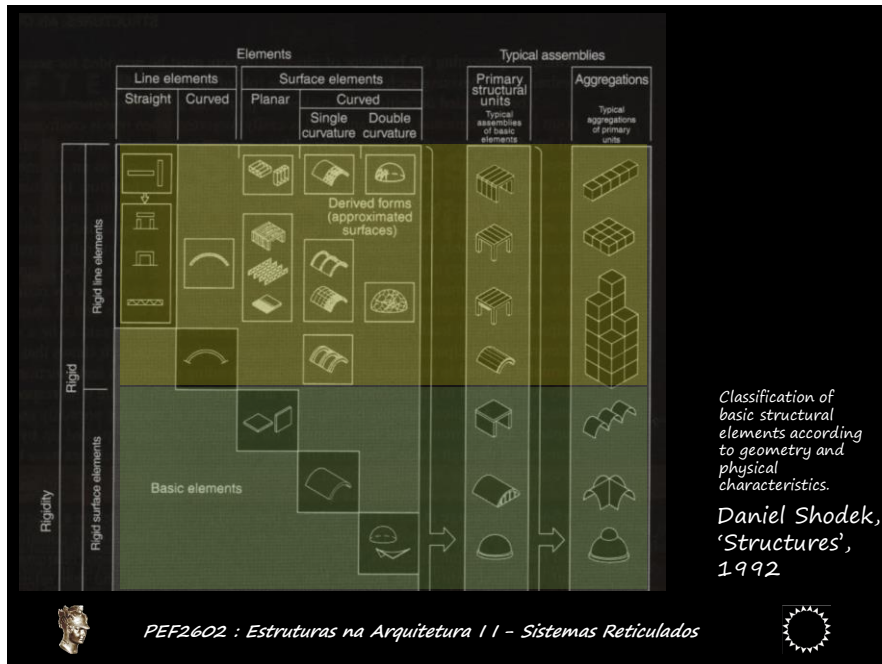
		Elements				Typical assemblies	
		Line elements		Surface elements		Primary structural units (basic elements)	Aggregators (Total approximations of primary)
Rigidity	Rigid line elements	Straight	Curved	Planar	Curved		
				Single curvature	Double curvature		
Rigid	Rigid line elements						
	Rigid surface elements						
Nonrigid	Nonrigid line elements						
	Nonrigid surface elements						

Classification of basic structural elements according to geometry and physical characteristics.
Daniel Shodek, 'Structures', 1992

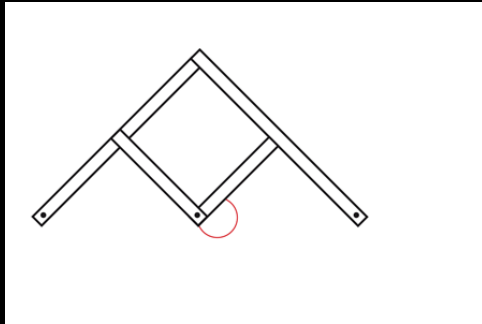
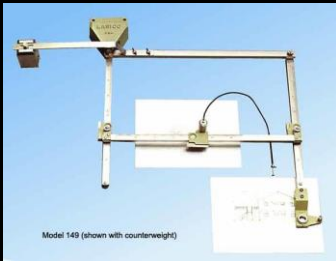
Sistemas Rígidos x Sistemas Flexíveis:

(a) Um sistema rígido, como uma viga, não muda drasticamente sua forma quando o carregamento varia

(b) Um sistema flexível, como um cabo, pode mudar drasticamente de forma, quando carregamento varia



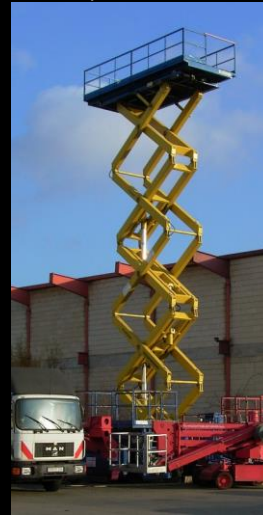
Pantógrafos



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Pantógrafos são mecanismos, que podem ser empregados como estruturas:



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



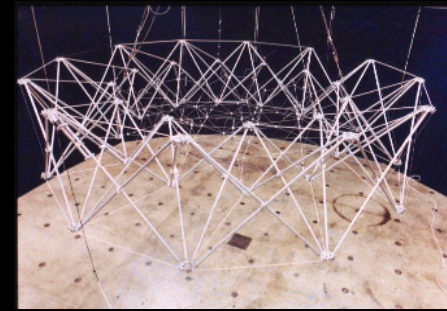
Estruturas Pantográficas



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



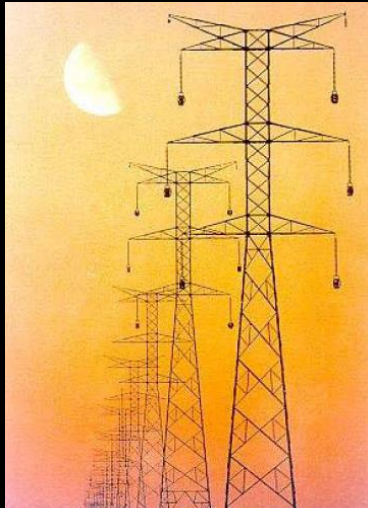
Estruturas Pantográficas



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Treliças Planas



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



*Pórtico Treliçado:
Sainsbury Centre for Visual Arts (Norman Foster, 1974)
East Anglia University, Norwich, Inglaterra*



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Sainsbury Centre for Visual Arts (Norman Foster, 1974)
East Anglia University, Norwich, Inglaterra



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Sainsbury Centre for Visual Arts (Norman Foster, 1974)
East Anglia University, Norwich, Inglaterra



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



*Pórtico treliçado e estaiado:
Escola Panamericana de Arte, Ziegbert Zanettini, 1999*



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

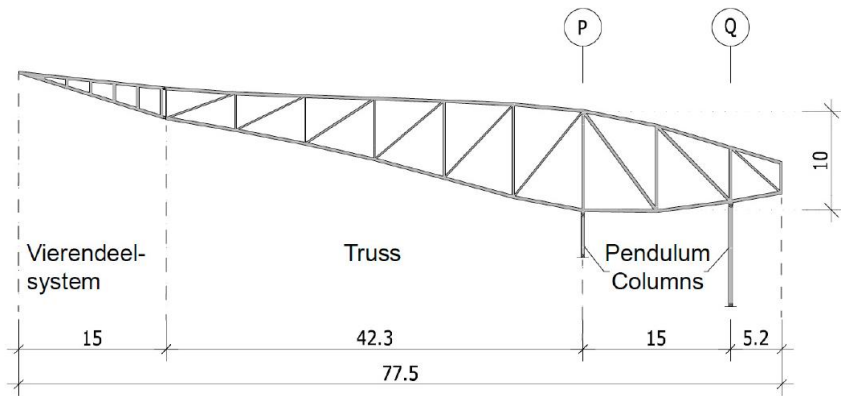
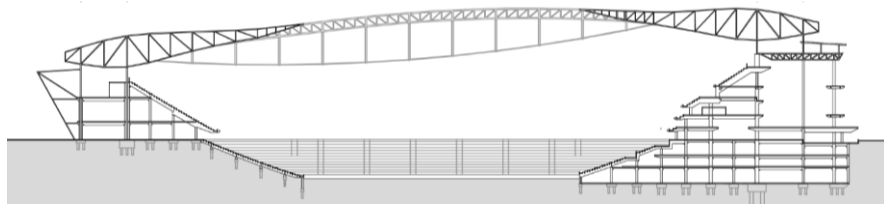


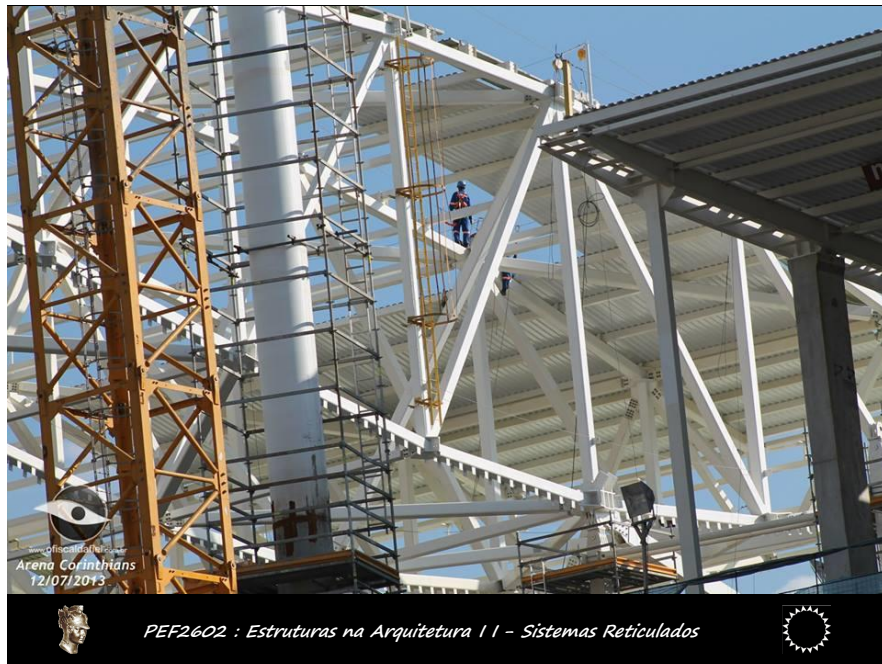
*Treliças, pórticos, cabos e sistema Vierendeel:
Arena Corinthians, Arq. Anibal Coutinho, 2016
Cobertura: Werner Sobek*

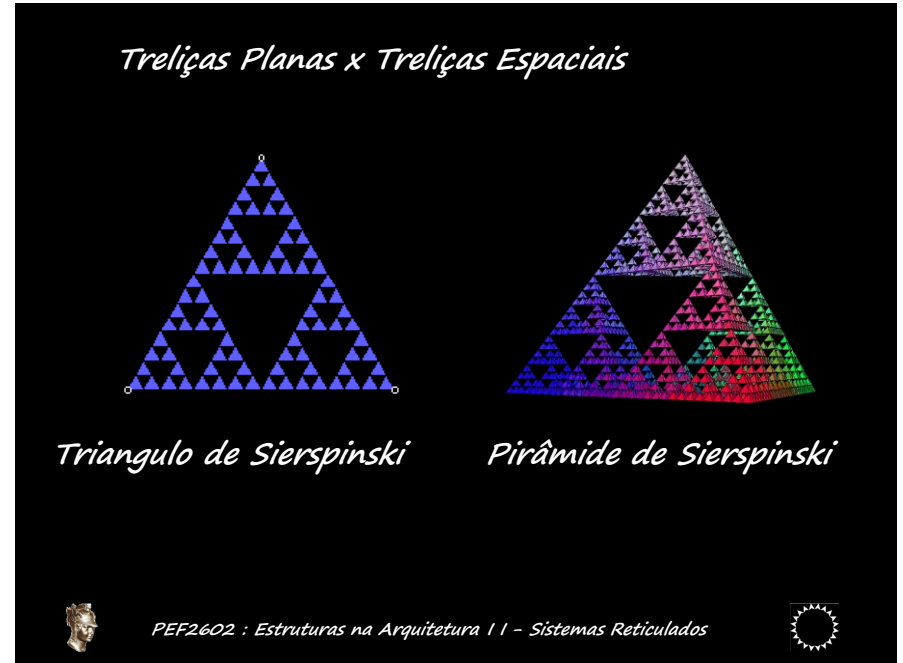


PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados









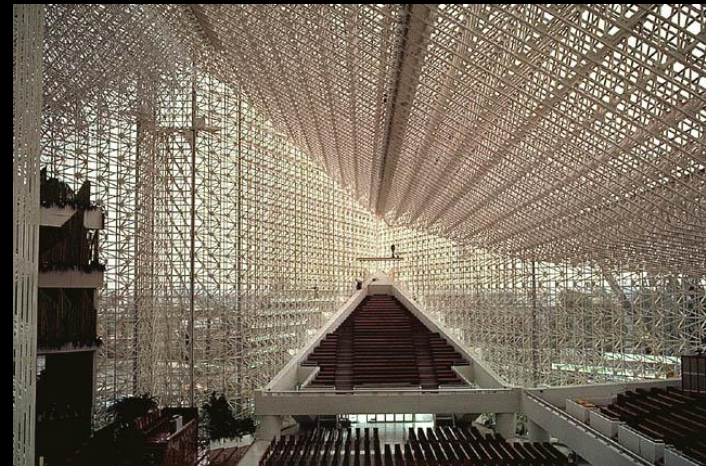
Treliças Planas x Treliças Espaciais



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Treliças Espaciais

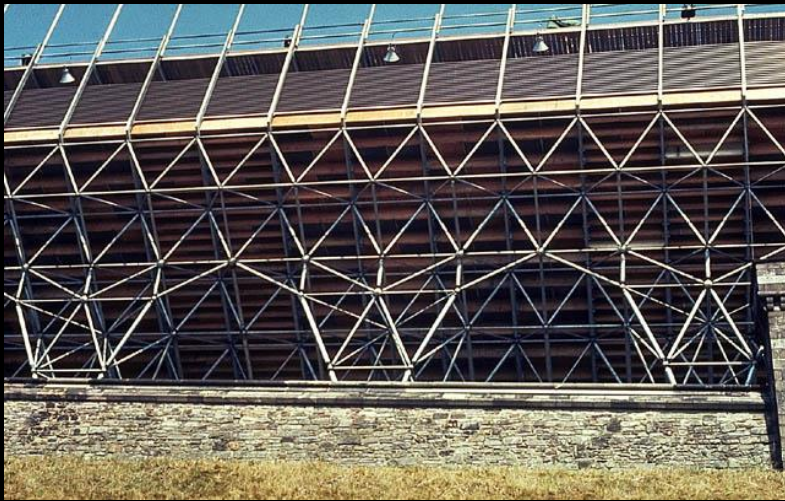


Catedral de Cristal, Arq. Johson Burgee, Garden Grove, California, EUA, 1978-80

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Exemplos: Treliças Espaciais



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Alexander Graham Bell and the Octet Truss

A. Graham Bell Has New Idea In Architecture

Opening of the Tetrahedral
Tower, Seventy Feet High
on Beinn Bhreagh.

It May Become an Important
Factor in Building of
the Future.

Climaxing Bell's architectural experiments with tetrahedral structures was an observation tower at Beinn Bhreagh, his summer estate near Baddeck, Nova Scotia. Each unit for this tower consisted of six 4-foot pieces of ordinary galvanized iron pipe and four connecting nuts; the units, themselves, were riveted together in the field by unskilled labor. Upon its completion in September 1907, the tower stood nearly 80 feet high.

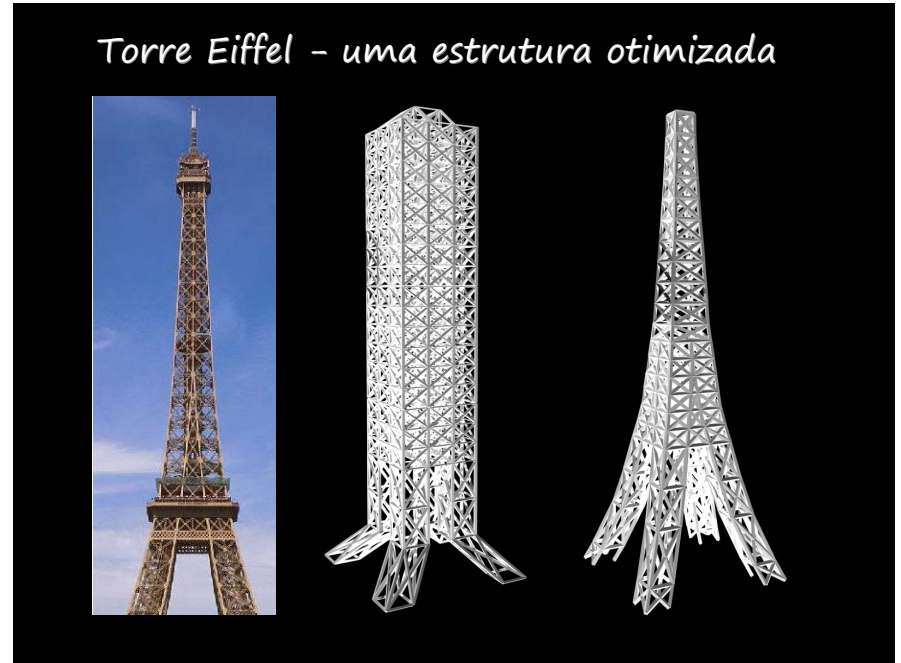
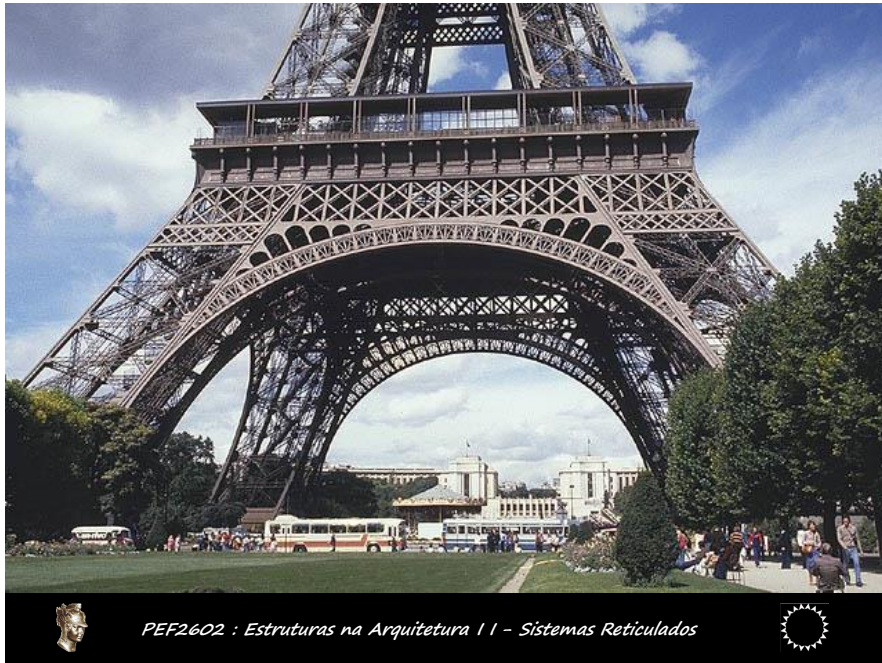


PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

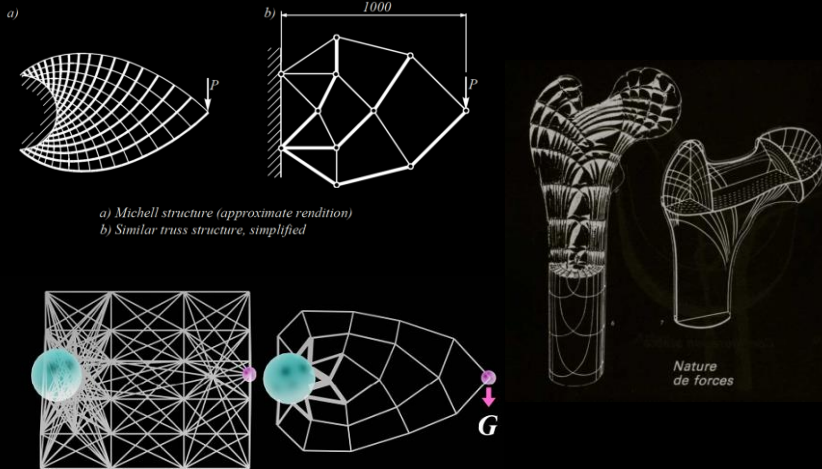


PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados





Michell's Truss (~1900)



a) Michell structure (approximate rendition)
b) Similar truss structure, simplified

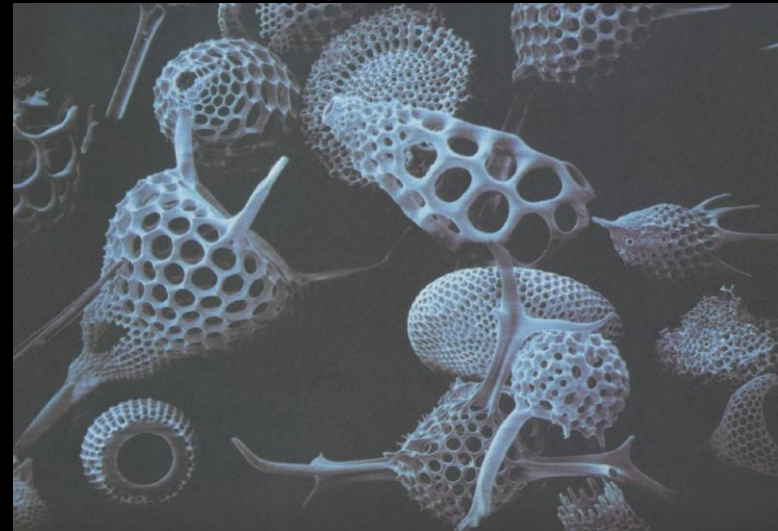
Nature
de forces



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



'Radiolara' - gridshells na natureza



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Árvores:
Aeroporto de Stuttgart,
Architect: Gerkan, Mag, and Partners, Hamburg (1981-1991, planejamento / construção).



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Árvores:
Aeroporto de Stuttgart,
Architect: Gerkan, Mag, and Partners, Hamburg (1981-1991, planejamento / construção).



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



*Sibelius Hall
Finlândia*



*Sibelius Hall
Finlândia, 2000.*



Architects Kimmo Lintula and Hannu Tikka.



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



Domos Geodésicos

*Pavilhão norte-americano da EXPO 1967 (Montreal)
R. Buckminster Fuller.*



Domo Geodésico - iGuzzini (Josep Miás, 2011)



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



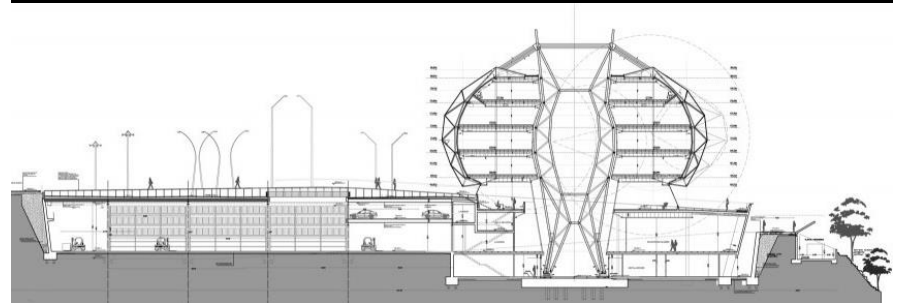
iGuzzini (Josep Miàs, 2011)



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



iGuzzini (Josep Miàs, 2011)

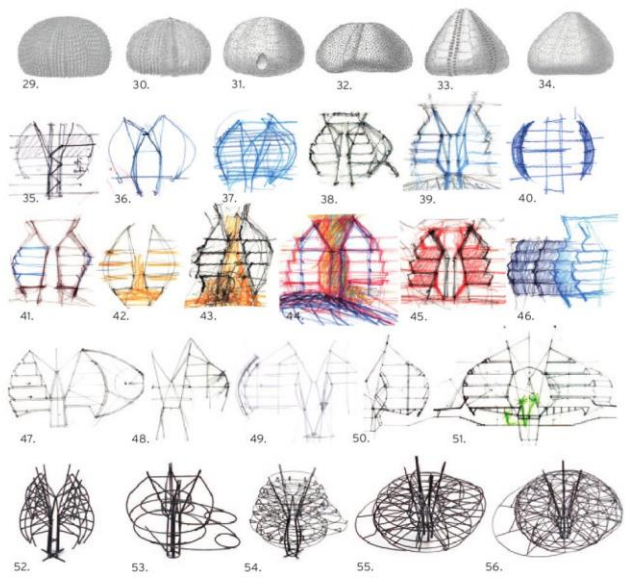


Edifício sede da *iguzzini illuminazione ibérica s.a.*
Barcelona, 2006 (concurso) 2008-2011 (construção)
Arquiteto: Josep Miàs
Área: 9,000 m²
Orçamento: 12m €



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

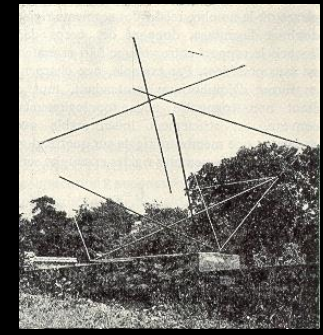
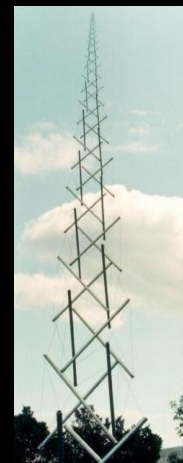




29. 30. 31.
32. 33. 34. Engravings depicting sea urchins with round and ellipsoidal shapes.
35. 36. 37. 38.
39. 40. Early study sketches of the relationship between the overall volume and the courtyard.
41. 42. 43.
44. 45. 46. Sectional study sketches of the central pillar and enclosure.
47. 48. 49. 50.
51. Sectional drawings of the overall project made during the competition stage.
52. 53. Early study model with 4-base geometry. Scale: 1:300. Material: soldered wire.
54. 55. Study model of the volume and the skin deformation with 4-base geometry. Scale: 1:150. Material: soldered wire.
56. Study model of the skin grid with 5-base geometry-based and the sun-screen. Scale: 1:150. Material: soldered wire.



Estruturas 'tensegrity'



*Monument à la Forme Futile
Emmerich, 1966*

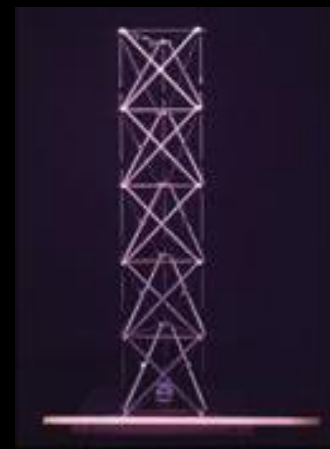
*"Needle Tower",
Kenneth Snelson, 1948*

PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



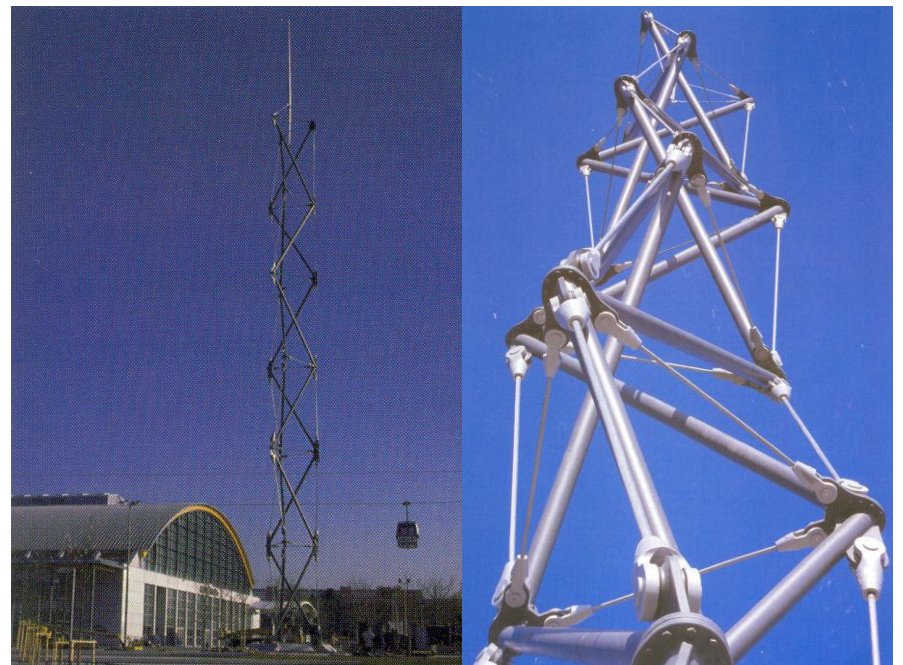
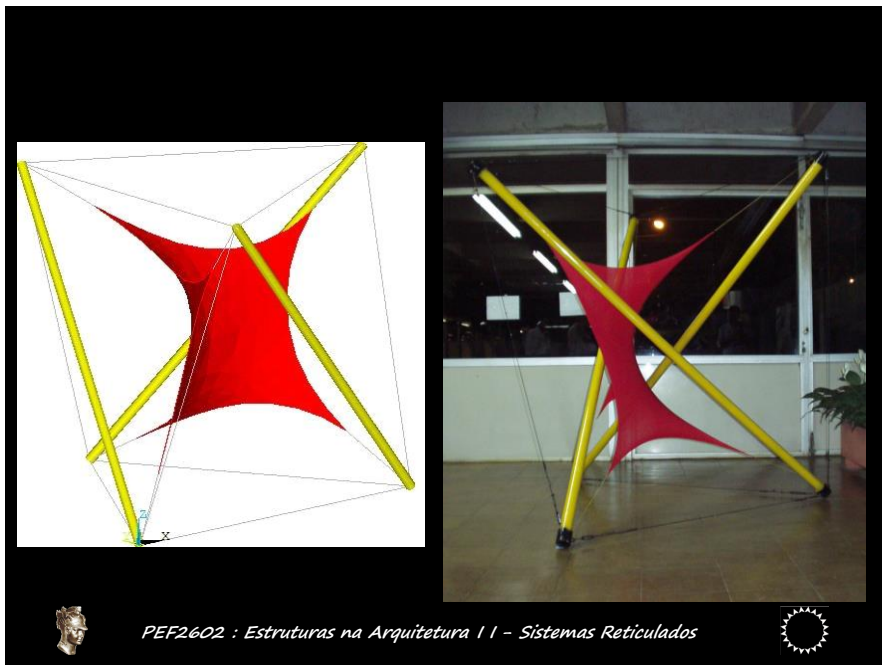


PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

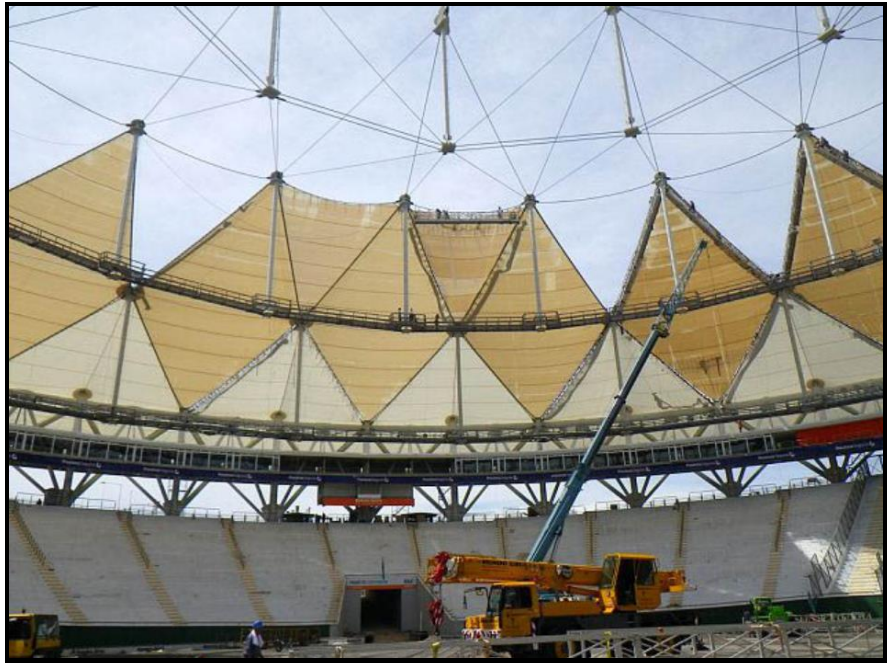


PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados





*Estadio Único Ciudad de La Plata
Roberto Ferreira & Arquitectos Asociados
Conclusão: 2011*



Estádio Olímpico de Pequim
 "Bird's Nest"
 Março, 2008



Location: Beijing, China
 Broke ground: December 2003
 Owner: Government of the People's Republic of China
 Construction cost: ~USD \$500 million
 Architect: Herzog & de Meuron, ArupSport, CAG
 Capacity: 80,000 / 91,000 (Olympics)



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



(a)

(b)

Figure 1. Basket-like structures. (a) The "5-dimensional quasi-periodic" garden pavilion by Olafur Eliasson in Holbaek, Denmark, 1998 (courtesy of Mr Eliasson). (b) The Beijing Olympic Stadium designed by Herzog & de Meuron for the 2008 Olympic Games (taken from the Internet).

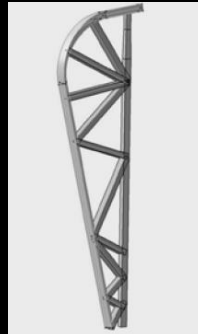
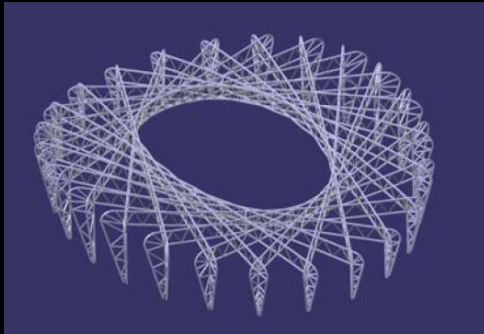


BASKETS
 Tibor TARNAI
 Professor, Department of Structural Mechanics, Budapest University of Technology and Economics,
 Budapest, Műegyetem rkp.3., H-1521 Hungary



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados





2006 /PCS
IASB SYMPOSIUM
APCS CONFERENCE
NEW OLYMPICS
NEW SHELL AND SPATIAL STRUCTURES

RESEARCH & DESIGN OF TWISTED BOX-SECTIONS OF PRIMARY
STRUCTURES FOR NATIONAL STADIUM BEIJING

Zhenqiang FAN¹, Yi PENG², Zhe WANG³, Jian QIAN⁴, Zhaoshou ZHANG⁵



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



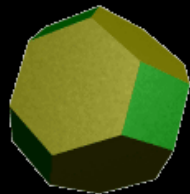


PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados

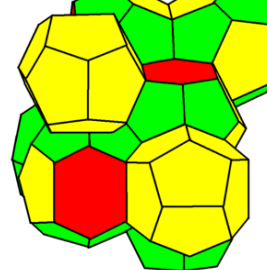




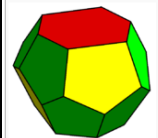
PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



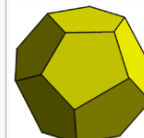
conjunto compacto de tetrakaidecaedro



Weaire-Phelan structure
(as polyhedra)



irregular tetrakaidcahedron

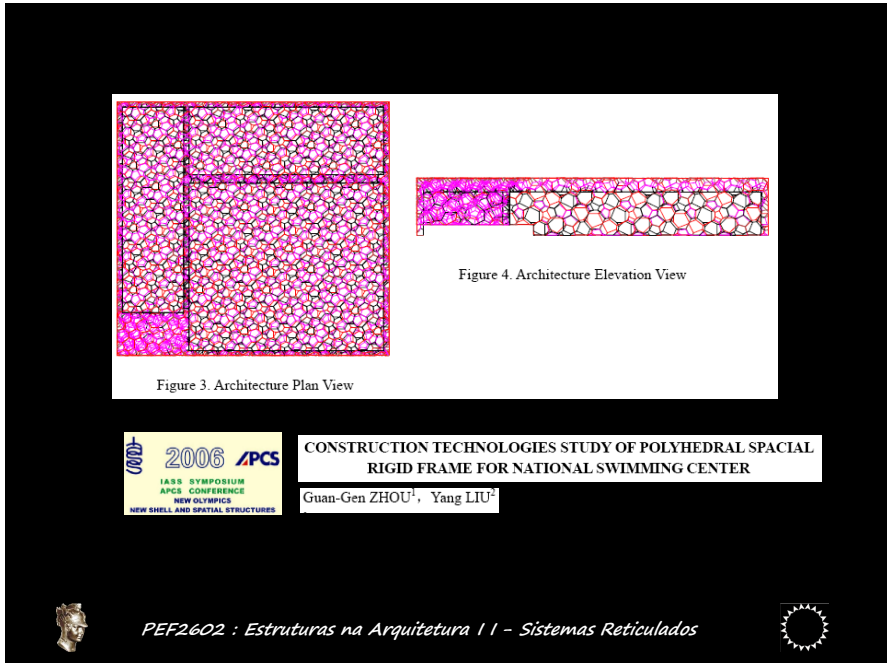
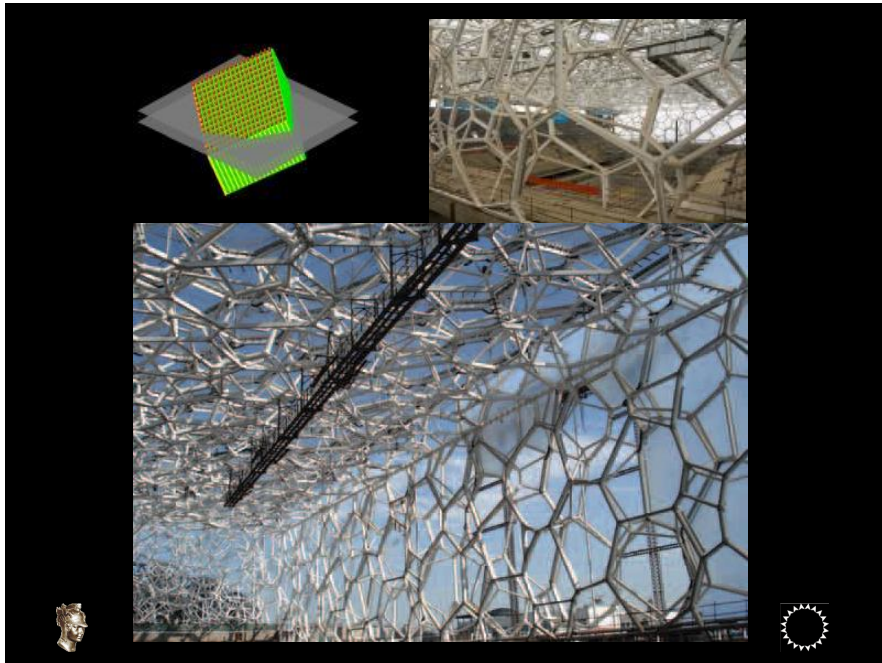


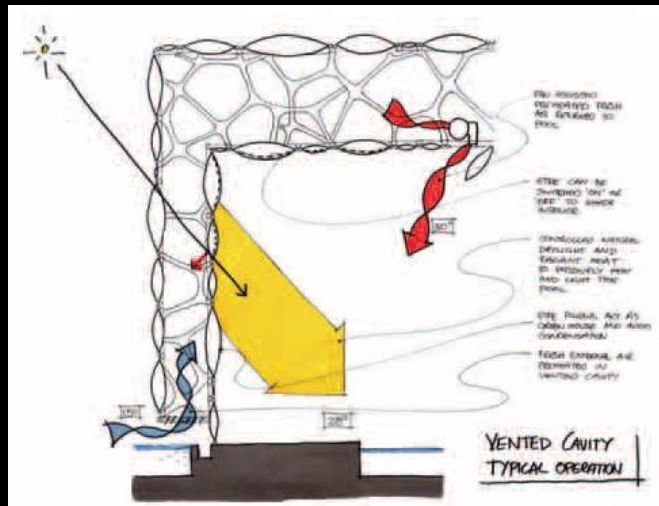
irregular dodecahedron



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados







PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



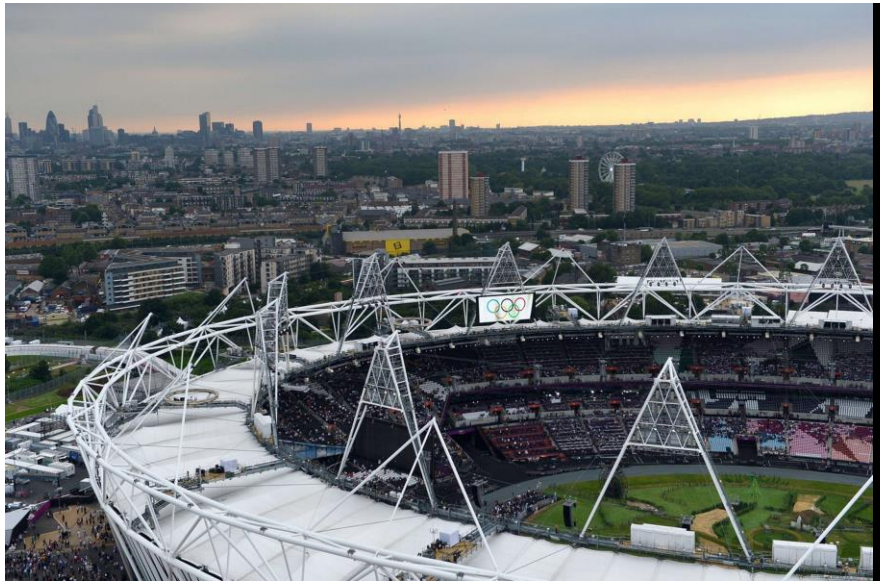
PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados





PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados





PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados





PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados



PEF2602 : Estruturas na Arquitetura I I - Sistemas Reticulados





