

Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural

17 e 18 de Outubro de 2007

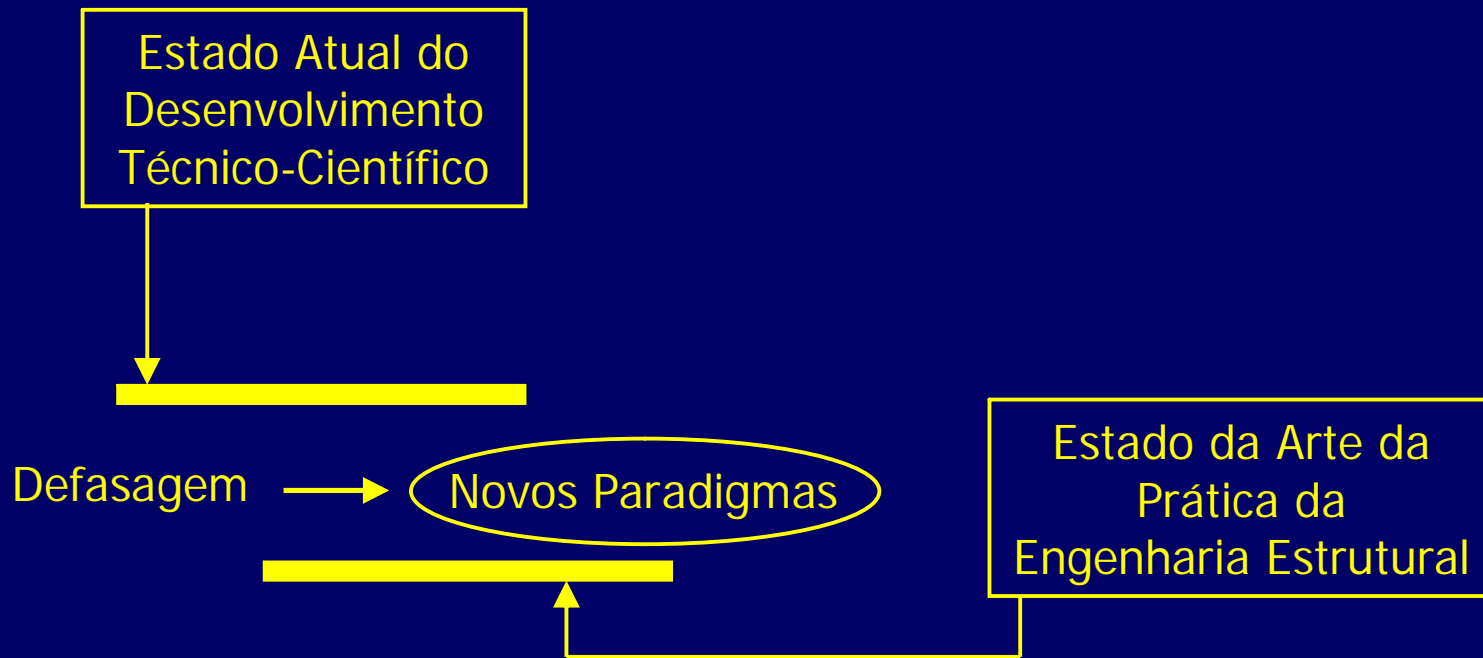


Novos Paradigmas da Engenharia Estrutural

Ronaldo C. Battista

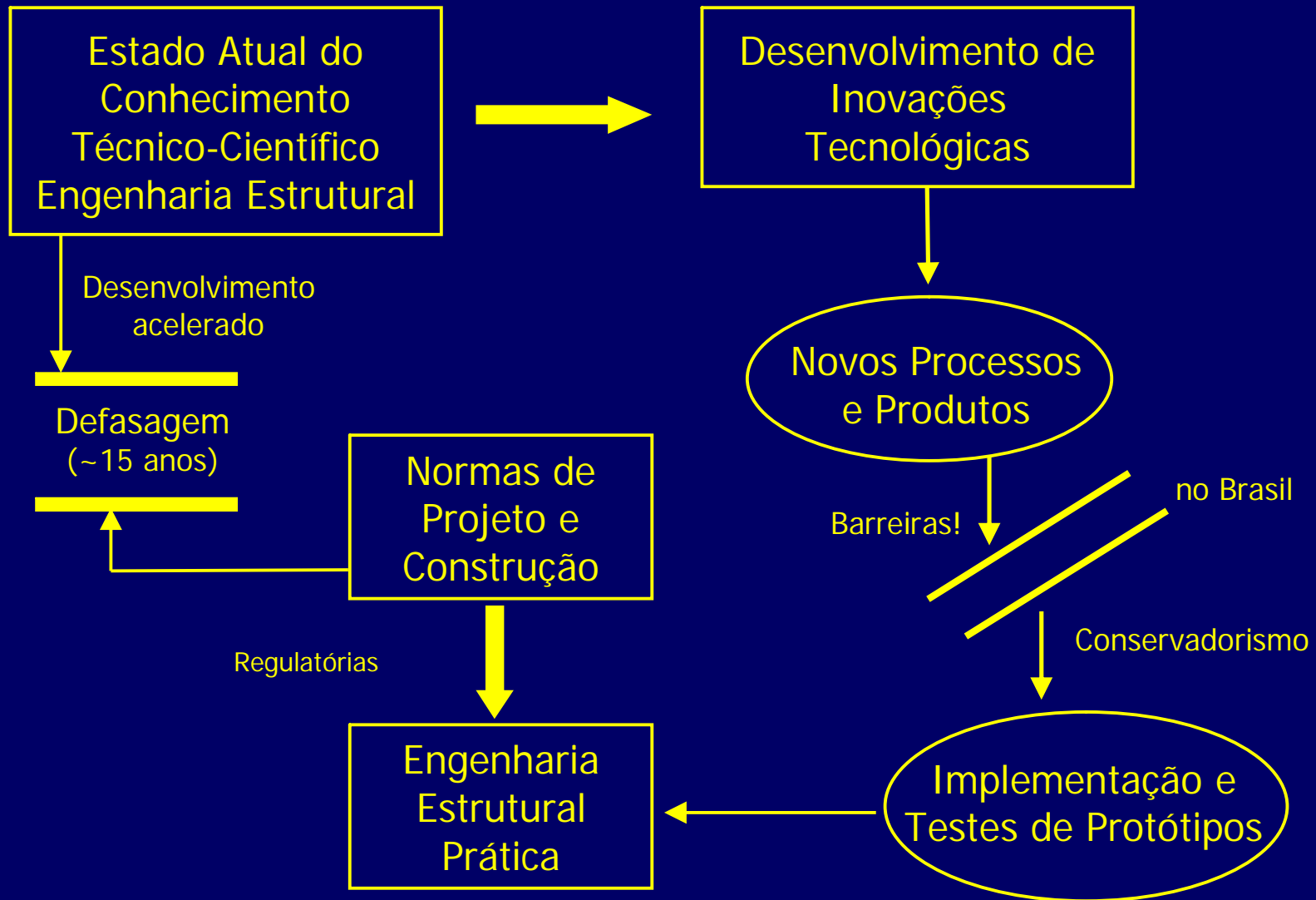


Origem dos Novos Paradigmas da Engenharia (Estrutural)



Os novos paradigmas (modelos ou exemplos que servem de referência) surgem da defasagem entre o conhecimento técnico-científico e a prática da engenharia

O Atraso da Engenharia (Estrutural) Prática em relação aos Conhecimentos Técnico-Científicos Contemporâneos

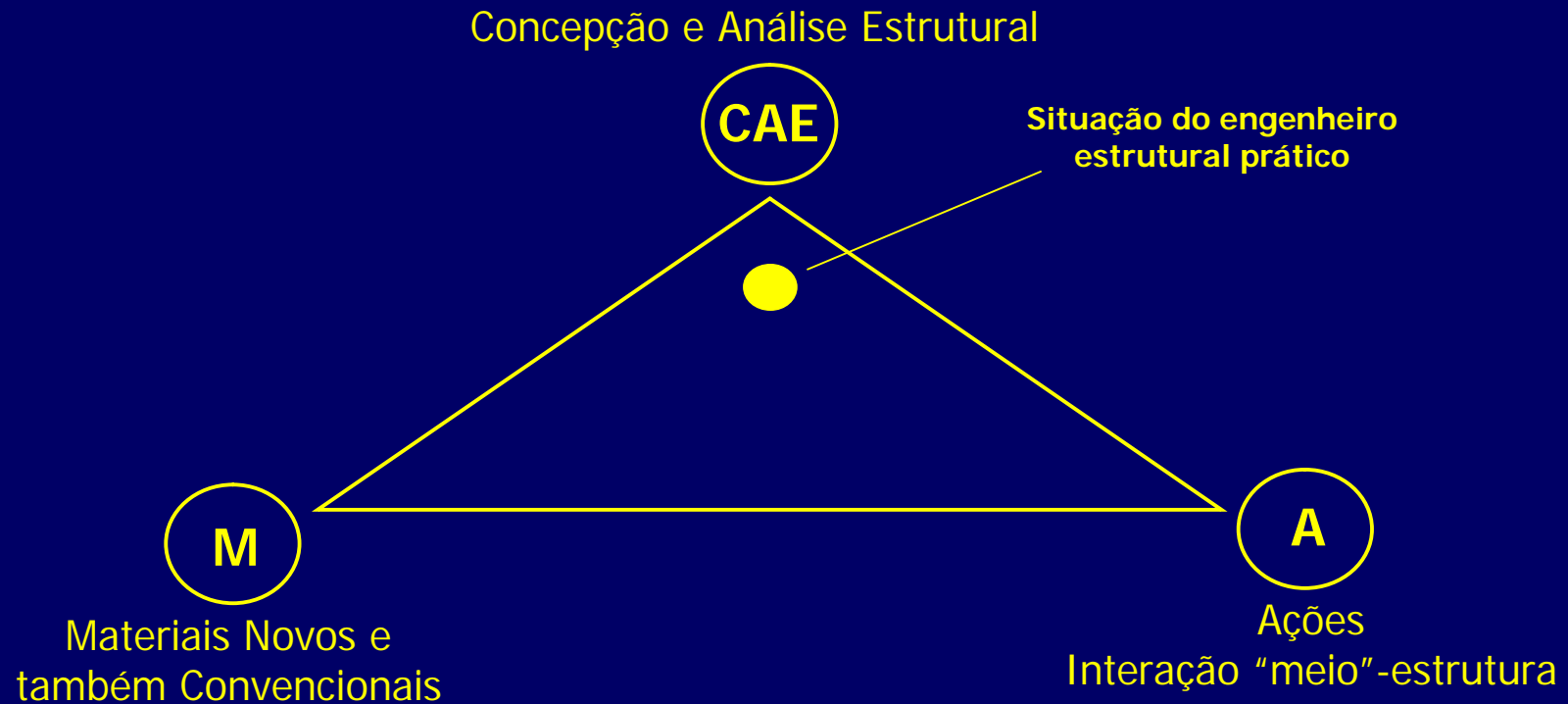


Defasagem entre o Estado da Arte e o Conhecimento Técnico-Científico

Essa defasagem pode ser diminuída com as seguintes providências:

- Melhoria da formação dos jovens engenheiros com a modernização do ensino de graduação com currículos interdisciplinares; e não somente multidisciplinares. Inclusão de cursos em empreendedorismo, línguas, ética e humanidades para o aculturação pessoal;
- Aumentos dos investimentos em P&D e incentivo em treinamentos de pesquisadores e doutores para migrarem para o setor industrial e para novos empreendimentos industriais com inovação tecnológica;
- Transformação das Normas de Projeto de caráter regulatório em Recomendações Técnicas flexíveis; i.e. liberando os engenheiros estruturais para exercerem suas atividades com criatividade, utilizando os conhecimentos técnico-científicos contemporâneos, sendo deles, entretanto, exigida uma maior responsabilidade individual;
- Romper as grandes barreiras para implementação das inovações tecnológicas que podem aumentar, ainda mais, essa defasagem.

Aspectos Principais do Projeto Estrutural



Num projeto estrutural CAE – M – A são indissociáveis.

- Os mais relevantes paradigmas da engenharia estrutural estão associados aos conhecimentos em físico-química e mecânica dos materiais e em mecânica-estrutural, e aos conhecimentos dos fenômenos de interação "meio"-estrutura, onde,

"meios" → Terra, água, ar e "fogo" (os 4 elementos naturais)



Ao mesmo tempo ação e "meio" criado acidentalmente
"estrutura sob ação do fogo" e "estrutura em situação de incêndio"

além da modelagem matemática-numérica dos efeitos causados por esses fenômenos, por exemplo:

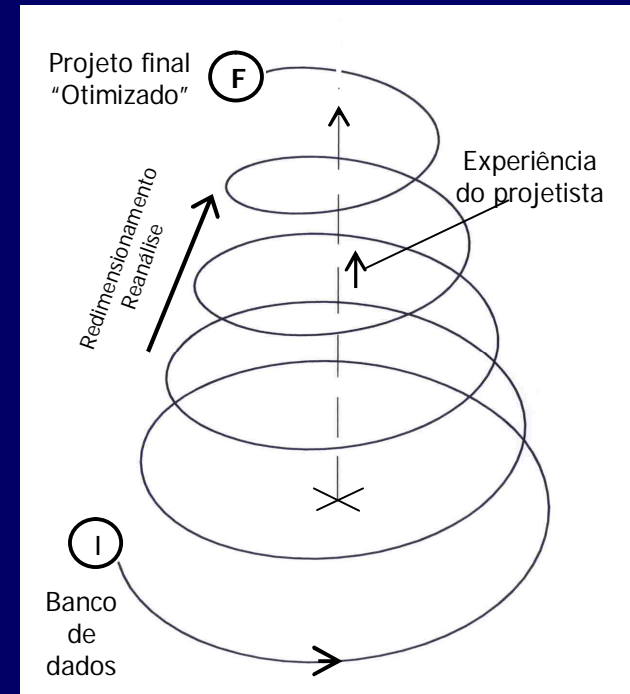
- Pelo movimento relativo entre um fluido (ar/vento/água/onda) e a estrutura; entre o terreno/solo?? e as fundações e estrutura;
- Ou ainda, movimento relativo entre a estrutura ... (aeronave) e o fluido (ar)... Etc.

Paradigma em CAE

O projeto de uma estrutura num "meio" ou combinação de "meios" quaisquer, requer os necessários conhecimentos técnico-científicos, uma modelagem numérico-computacional adequada e a adoção de um dos seguintes procedimentos:

a) Tradicional Espiral de Projeto:

- Se a concepção estrutural e materiais são convencionais;
- Se as forças atuantes são "estáticas" ou podem ser modeladas como "equivalente estáticas";
- Se o comportamento (estrutura e materiais) é linear;



b) Métodos de Busca de Projetos Otimizados, via técnicas de programação Não-linear e de Otimização Multi-objetivos / Multi-parâmetros:

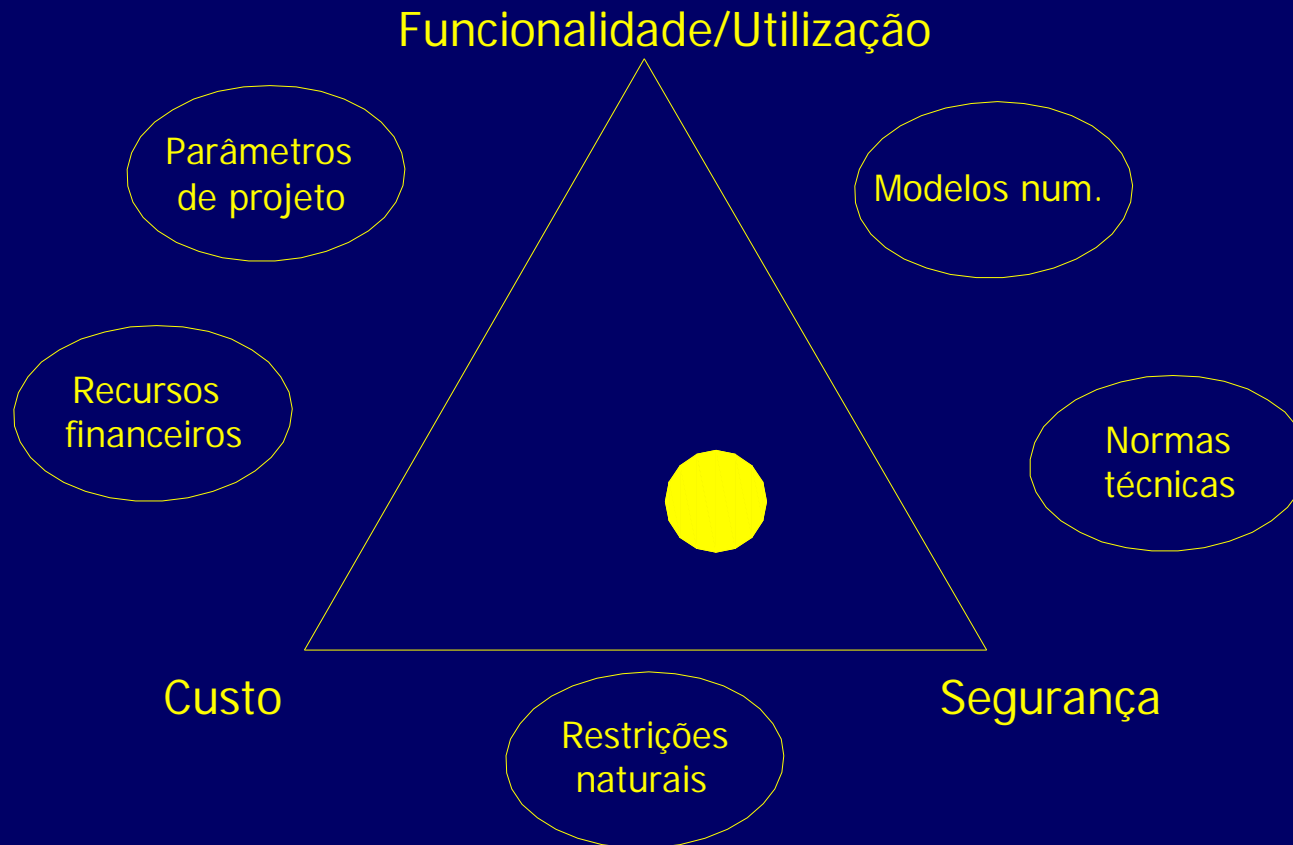
- Métodos (Goal Programming, Genetic Algorithms) já bastante estabelecidos e testados em trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

Método de Busca GP aplicado ao Projeto Otimizado



A aplicação desses métodos elimina o tradicional procedimento e os passos de cálculo. A busca da solução otimizada é feita sem uma seqüência pré-fixada de cálculos, mas condicionada a atingir alvos respeitando um conjunto de objetivos e restrições.

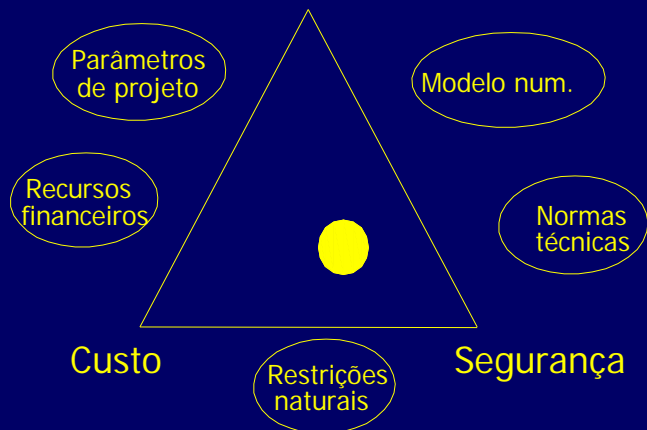
Projeto Otimizado de uma Estrutura Via Técnica de Otimização Multi-objetivos





Sistema Computacional para Projeto Otimizado de Pontes Estaiadas

Funcionalidade/Utilização



Projeto Nº 0019 - Tipo Ponte Estaiada - Modelo Harpa

Confeite dados Cancelar

Modelo		Tabelaio	
Modelo	Espacial	Nº de nós intermediários	1
Forma	Simétrica	Ltab(m)	48.00
	<input checked="" type="checkbox"/> Simetria transversal	Cabo	
Torre		Nº de cabos	72
Tipo	Simples	Nº de elementos	3
Var. da inclinação	Constante	Etab(m)	10.00
Nº de filas de torres	3	Etor(m)	10.00
Nº de torres	8	Nome do projeto	
Nº de nós intern.	1	Exemplo	
Ângulo de inclinação	90.00	Descrição	
Hb(m)	0.00	Exemplo de geração de modelo de ponte espacial	
Geometria			
Lv(m)	500.00		
L1(m)	5.00		
Llat(m)	85.00		
Lc(m)	5.00		
Htab(m)	20.00		
Ht(m)	2.00		
Htor(m)	50.00		

ESTRUTURAS TENSO-TÊXTEIS



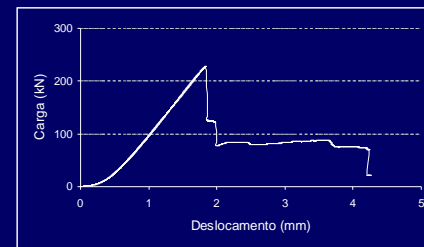
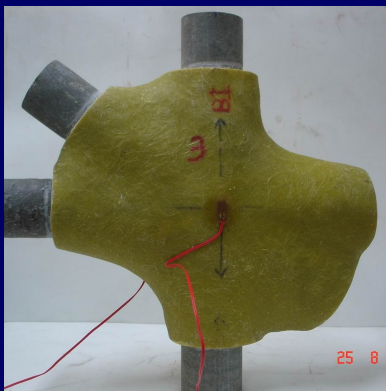
Tenda COPPE
Espaço Miguel de Simoni
2003

Arquitetura: Fernanda Metello
Estrutura: Vinicius Maia Barreto de Oliveira
e
Ronaldo Carvalho Battista

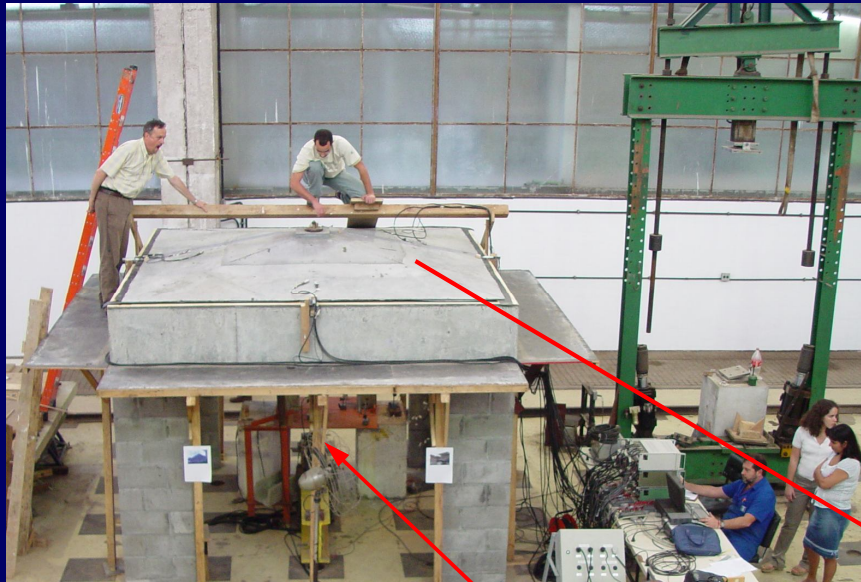




Viga treliça de perfis tubulares cilíndricos pultrudados para pontes desmontáveis

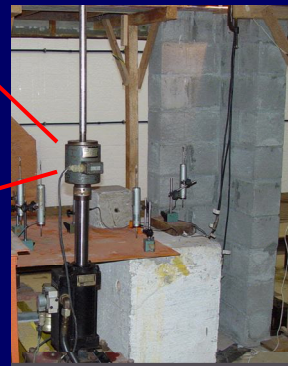
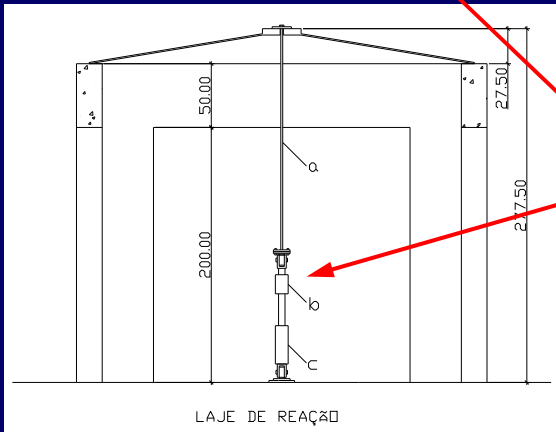


Material composto de matriz polimérica (epoxy) e fibras de vidro

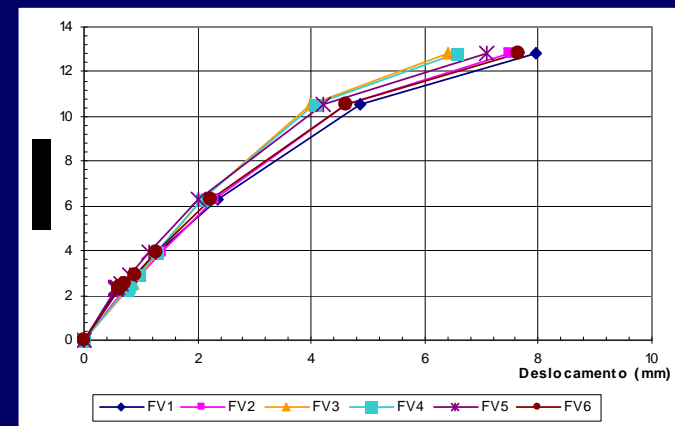


Concretagem em forma de acrílico

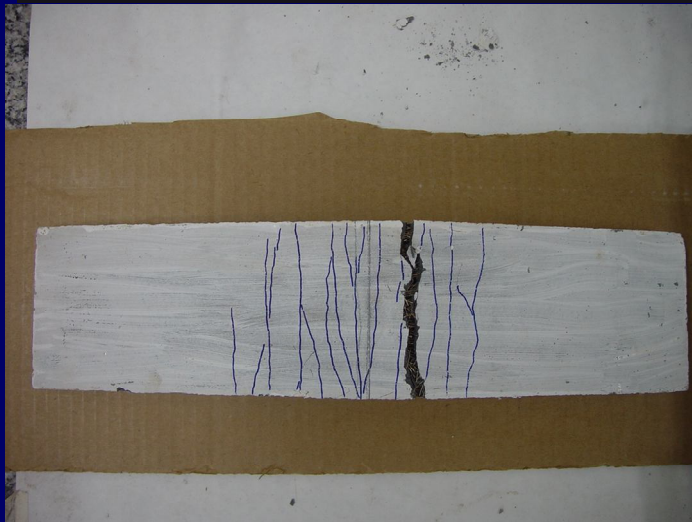
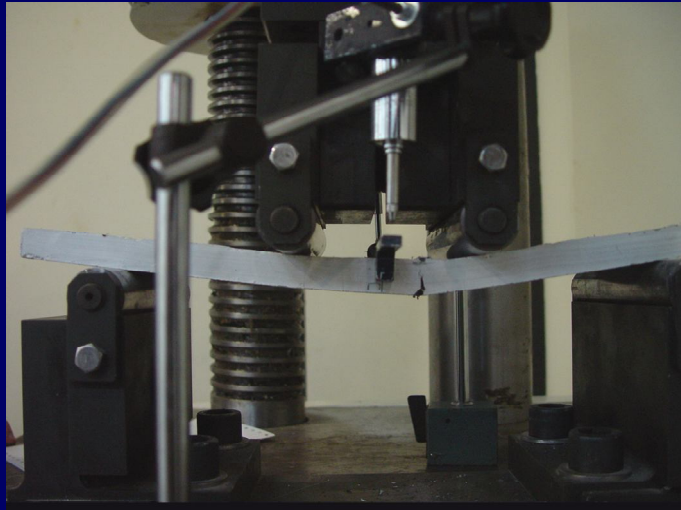
Idade (dias)	7	40	317
f_c (MPa)	128	180	235



Cascas de concreto de Ultra-Alto desempenho reforçado com fibras



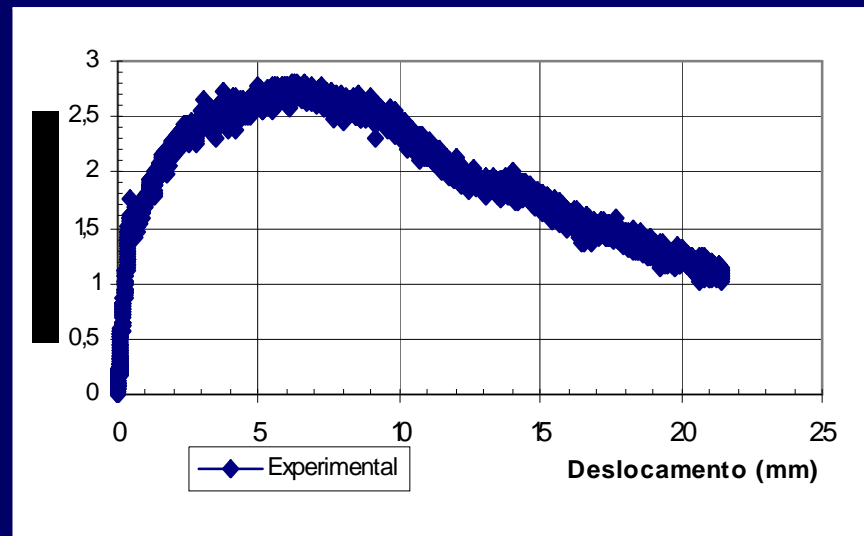
Ensaio de flexão por quatro pontos em lâmina de CUAD



Corpo de prova:
viga chata de 17 x 100 x 400mm.

Idade (dias)	7	40	317
f_c (MPa)	128	180	235

Múltipla fissuração observada após a carga de formação da primeira fissura.

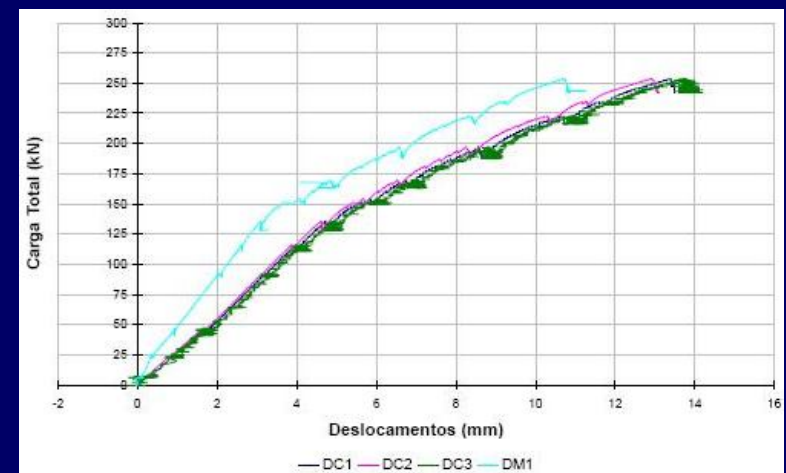
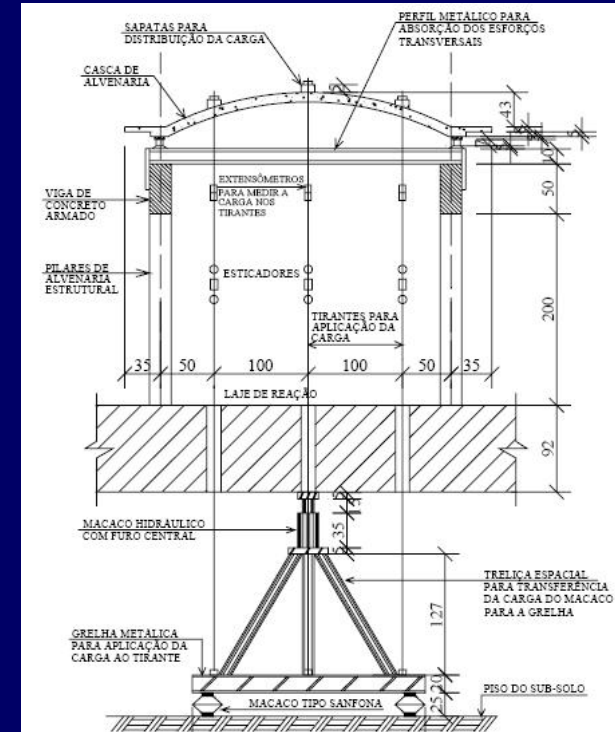


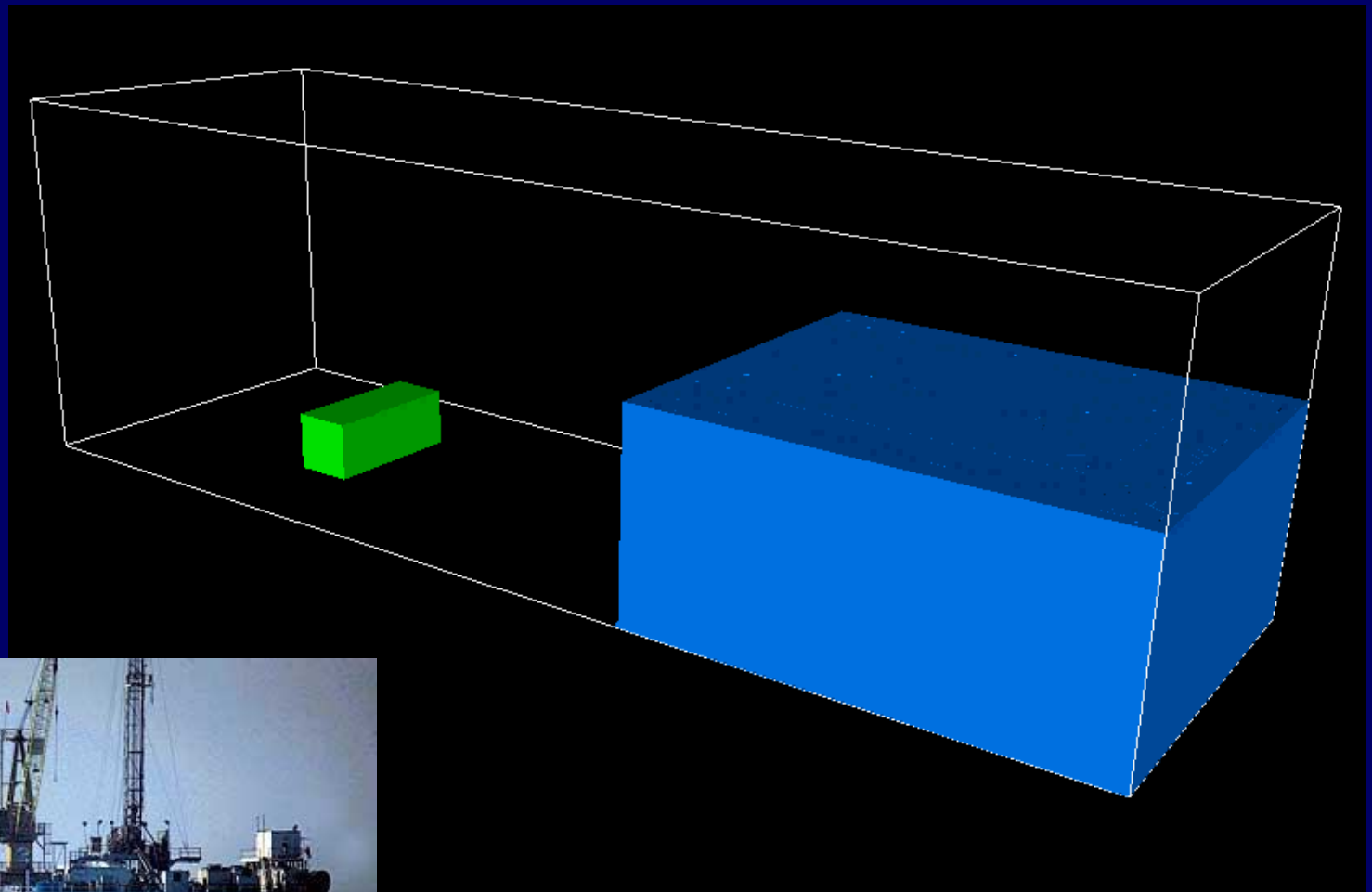


Cascas cilíndricas de material cerâmico com concreto de ultra-alto desempenho reforçado com fibras sem barras de armadura



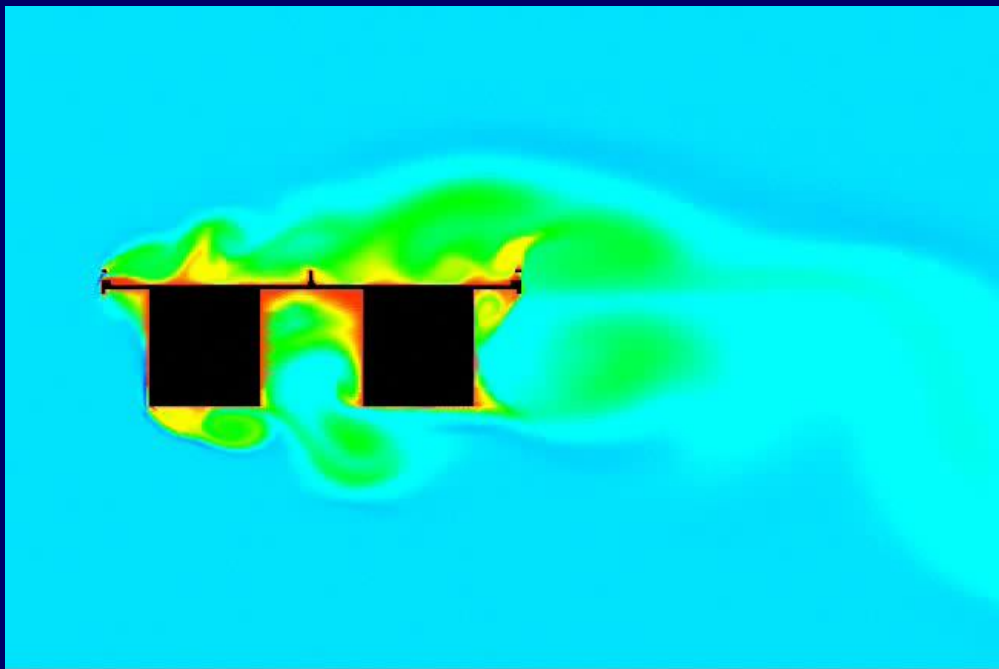
$f_{ck} = 70 \text{ MPa}$ (28 dias)





Problema de Fluido-dinâmica Computacional: Choque fluido sobre obstáculo
Programa Edge CFD – NACAD/COPPE/UFRJ

Atenuação de oscilações induzidas pelo vento na Ponte Rio-Niterói



Modelagem Numérica-Computacional – Interação Fluido-Estrutura

Programa E-CFD-COPPE ; Fluido Dinâmica Computacional

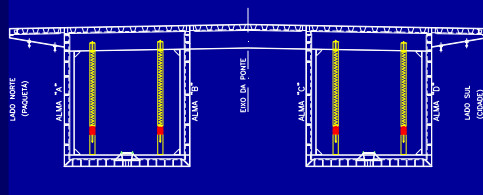
Sistema de Múltiplos ADS em operação na Ponte Rio-Niterói sob ação de Vento



Imagens da câmera de vídeo
instalada no meio do vão lateral



Imagens da câmera de vídeo instalada
dentro de uma das duas vigas celulares



Data do registro: 06/03/2006

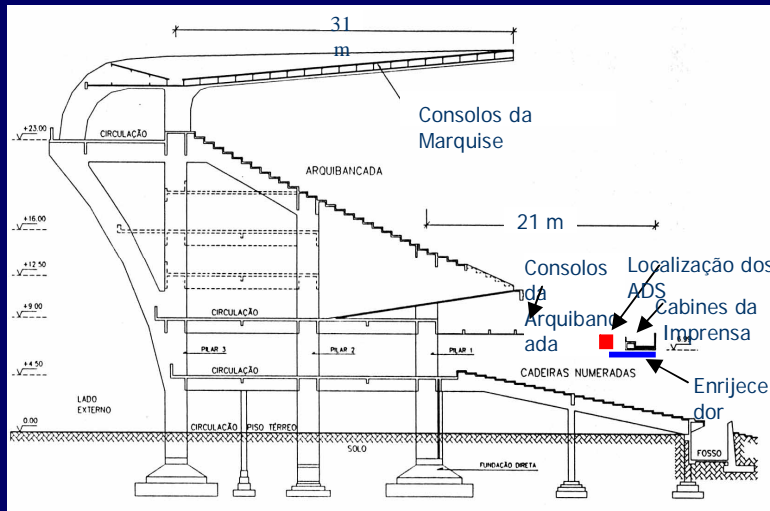
Duração do evento: 25 min (15 min iniciais $V = 55$ km/h)



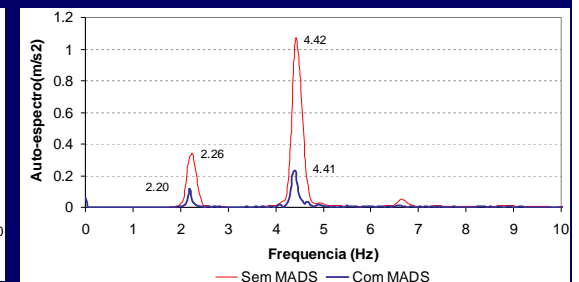
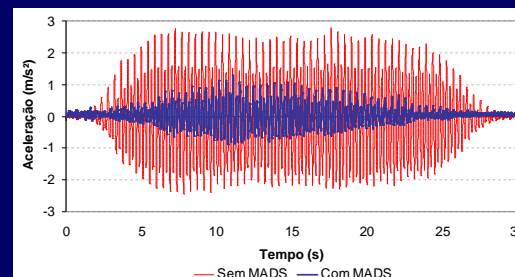
COPPETEC Projetos, Pesquisas e Consultoria
em Engenharia - Rio de Janeiro



Sistema MADS – Múltiplos Atenuadores Dinâmicos Sincronizados para redução das vibrações induzidas pelo público nas estruturas das arquibancadas do Estádio do Maracanã



Detalhe de um par dos 36 ADS instalados no Interior das estruturas das arquibancadas



NOVAS CONCEPÇÕES ESTRUTURAIS COM CONTROLE DINÂMICO: *NOVO PARADIGMA – ESTRUTURAS INTELIGENTES*



Millennium Bridge, Londres - 2000

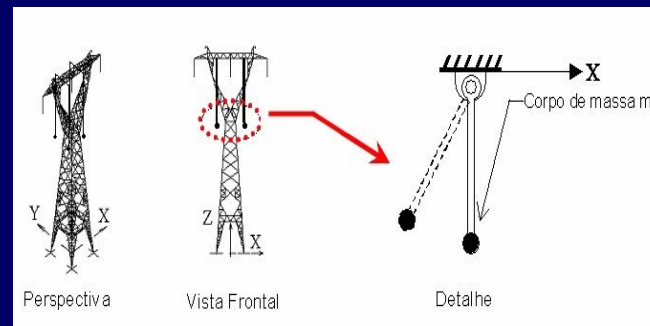
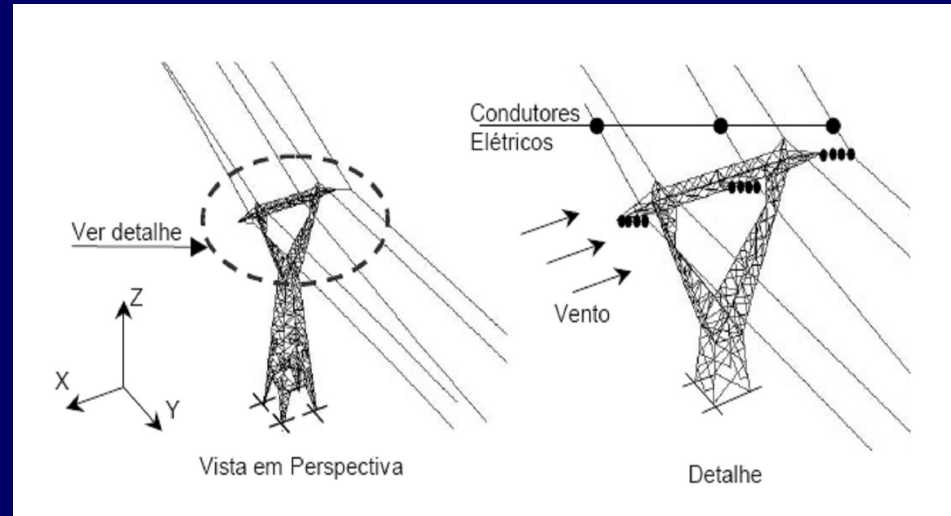
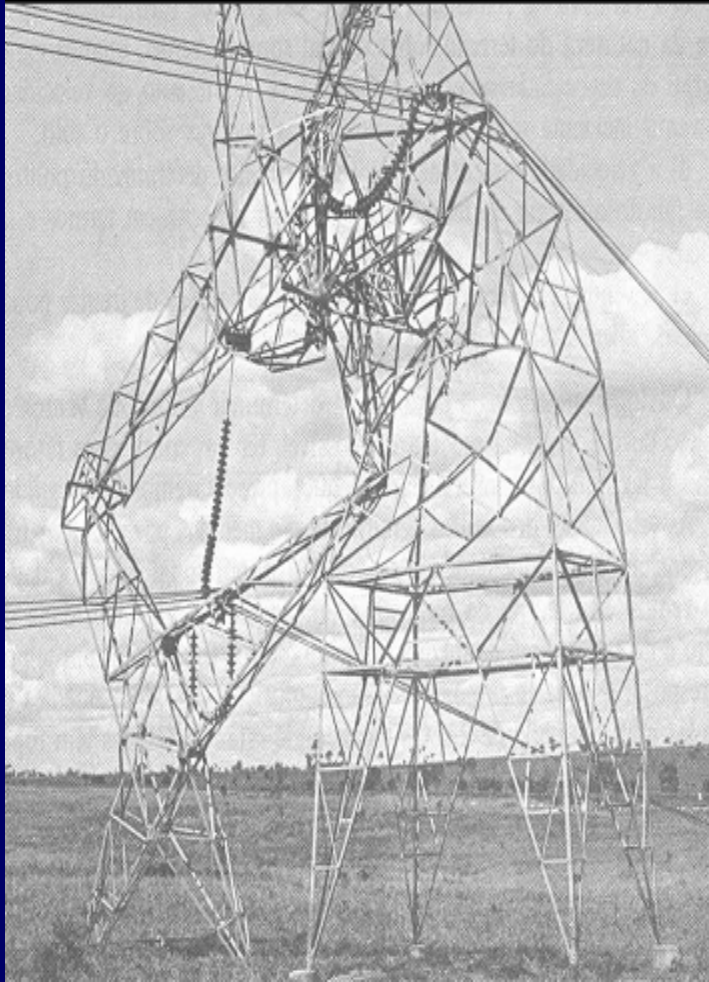
Problemas de vibrações em passarelas podem ser eliminados na fase de projeto

Excitação lateral sincronizada



ADS
e
AMVE

Torres de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica



Modelagem Numérico-Computacional e Controle Dinâmico das Linhas e Torres de LTEE acopladas sob ação do vento

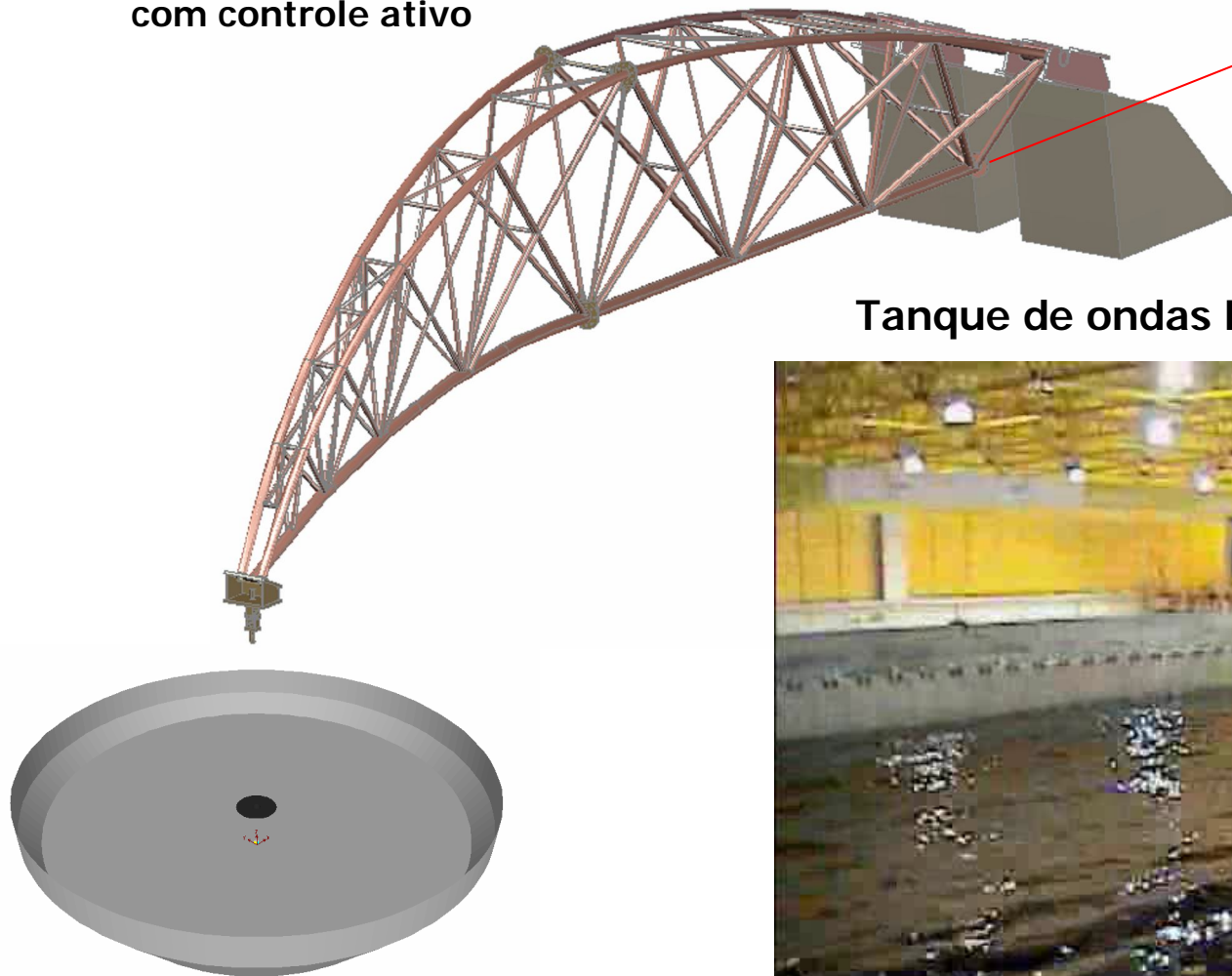
Usina de ondas para geração de energia elétrica

Estrutura tubular protendida com controle ativo

Controle ativo para redução das variações de tensões



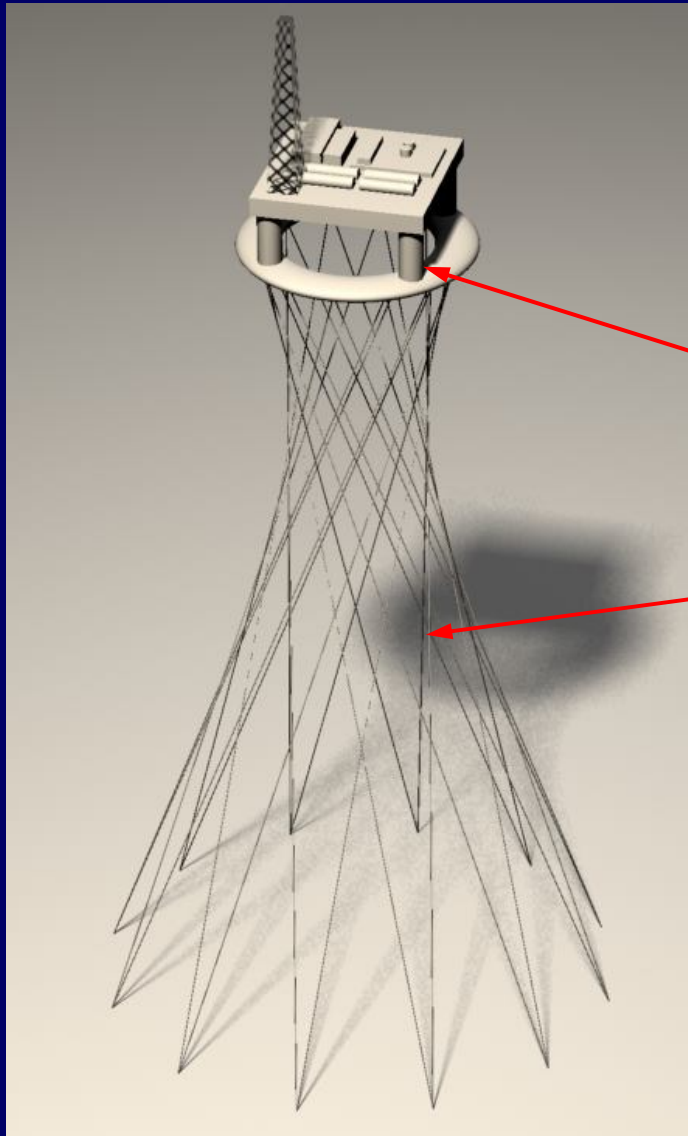
Tanque de ondas LabOceano COPPE/UFRJ



Flutuador de CFAD
Casca nervurada com paredes
 $e=30\text{mm}$



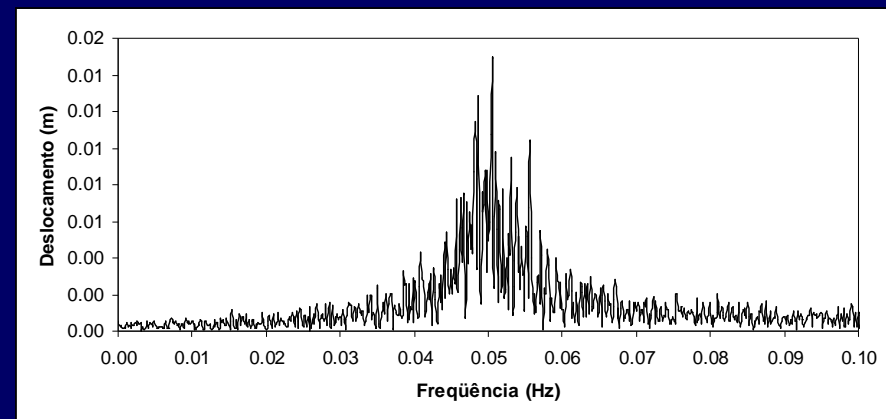
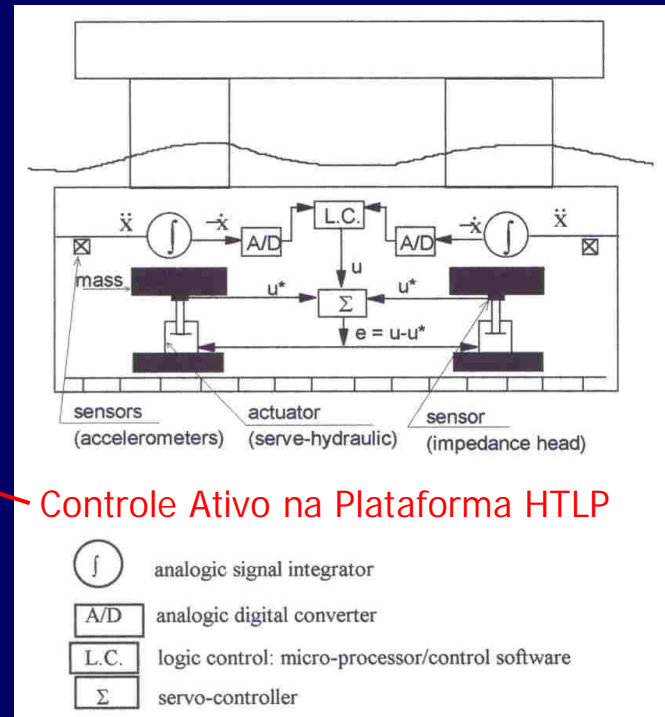
Estrutural para Plataforma Flutuante Offshore para Águas Profundas



Plataforma HTLP

Nova concepção
 Novos materiais
 Controle ativo

Cabos de poliéster



Resposta em frequência – deslocamento vertical



TÓPICOS EXTRAS

Sustentabilidade: Influência das medidas de sustentabilidade na indústria de materiais e no projeto e construção de estrutura;

Nanotecnologia: Aplicação dos conhecimentos de nanotecnologia na descrição físico-química e micromecânica dos materiais e na previsão das suas propriedades macromecânicas (resistência e módulo elástico) e conseqüente efeitos no ciclo de vida de uma estrutura (durabilidade);

Avaliação do estado estrutural

e avaliação forense de falhas : Influência do nível de conhecimento técnico-científico no exercício dessas atividades da engenharia;

Ensino da engenharia: Modernização do ensino médio e dos cursos de graduação em engenharia estrutural; currículos interdisciplinares com formação técnico-científico, além da inclusão de cursos extras de humanidades, ética e línguas para aculturação individual dos jovens engenheiros. Incentivo ao empreendedorismo e inovação tecnológicas.