



XIX COBREAP | Foz do Iguaçu

INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

AGOSTO 2017

MSc. Eng.º Dimilson Pinto Coelho
Itaipu Binacional

EVOLUÇÃO DOS PROJETOS 3D APLICADOS A SEGURANÇA DE BARRAGENS

APRESENTAÇÃO:

Eng. Dimilson Pinto Coelho

Engenheiro Civil- Universidade Federal do Paraná – **UFPR**

Mestrado em Inovações Tecnológicas Institutos – **LACTEC**

- *Divisão de Engenharia Civil e Arquitetura - **ENCC.DT - ITAIPU Binacional***
- ***Diretor Técnico do CBDB**- Comitê Brasileiro de Barragens*
- ***Coordenador do CEASB** – Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens*



Integração que gera energia e desenvolvimento

CEASB

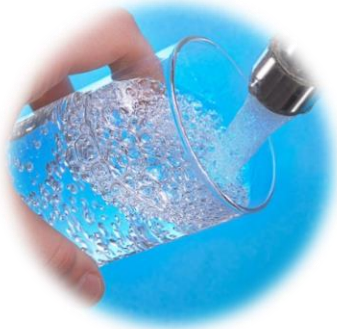
Centro de Estudos Avançados
em Segurança de Barragens



BARRAGENS

As barragens desempenham um papel importante para o desenvolvimento de uma sociedade, garantindo qualidade de vida e condições para o crescimento da população.

Desde a antiguidade as barragens são utilizadas para armazenamento de água assegurando os seus usos:



Abastecimento



Controle de enchentes



Hidrelétricas



**Agricultura e
Pecuária**



Turismo/Navegação



Irrigação



**Contenção de resíduos
industriais e rejeitos**

SEGURANÇA DE BARRAGENS

BARRAGEM DE ALGODÕES VERTEDOURO EM OPERAÇÃO E INÍCIO DA RUPTURA



05/01/2008 – VT em operação com problemas de surgência de água do lado esquerdo hidráulico já detectados.



05/01/2008 – Vazamento de água com finos junto ao muro no local onde o gabião foi removido.



05/01/2008 – Detalhe da surgência de água com finos

BARRAGEM – VISTA GERAL APÓS RUPTURA



BARRAGEM – VISTA GERAL APÓS RUPTURA



O que é segurança de Barragens?

- ✓ Controlar a funcionalidade e a segurança estrutural do Complexo Hidrelétrico;
- ✓ Realizar o monitoramento através de inspeções visuais e a análise da instrumentação;
- ✓ Acompanhamento rigoroso e criterioso dos parâmetros dos instrumentos e dos sistemas;
- ✓ Realizar estudos específicos de análise do comportamento da barragem;
- ✓ Atuar preventivamente para evitar qualquer risco a saúde estrutural da Barragem, investindo em Pesquisas e Desenvolvimento P&D.

Usina Hidrelétrica de Itaipu

Principais características técnicas

20 unidades geradoras de 700 MW cada uma, com um total de 14.000 MW instalados;

170 quilômetros de extensão de reservatório;

1.350 quilômetros quadrados de superfície de reservatório;

120 metros é a queda bruta normal;

62.200 metros cúbicos por segundo é a capacidade máxima de descarga do vertedouro;

29×10^9 Volume total de armazenamento;

Responsável pela geração de aproximadamente:



75.2% Consumo da
Energia do Paraguai



16.8% Consumo da
Energia do Brasil



Evolução dos projetos.

Itaipu, a pedra que canta

Em 1973, técnicos percorrem o rio de barco em busca do ponto mais indicado para a construção da Itaipu Binacional. O local é escolhido após a realização de estudos com o apoio de uma balsa. No coração da América do Sul, brasileiros e paraguaios indicam um trecho do rio conhecido como Itaipu, que, em tupi, quer dizer "a pedra que canta".

1973



Cronograma apertado

Construção: **1974 -1982**



- 40.000 - Pessoas trabalhando na construção de Itaipu;



- Principais Projetistas localizados nas sedes de SP, RJ e outros exterior;



- Desenhos eram realizados a mão; (lápis e caneta nanquim);

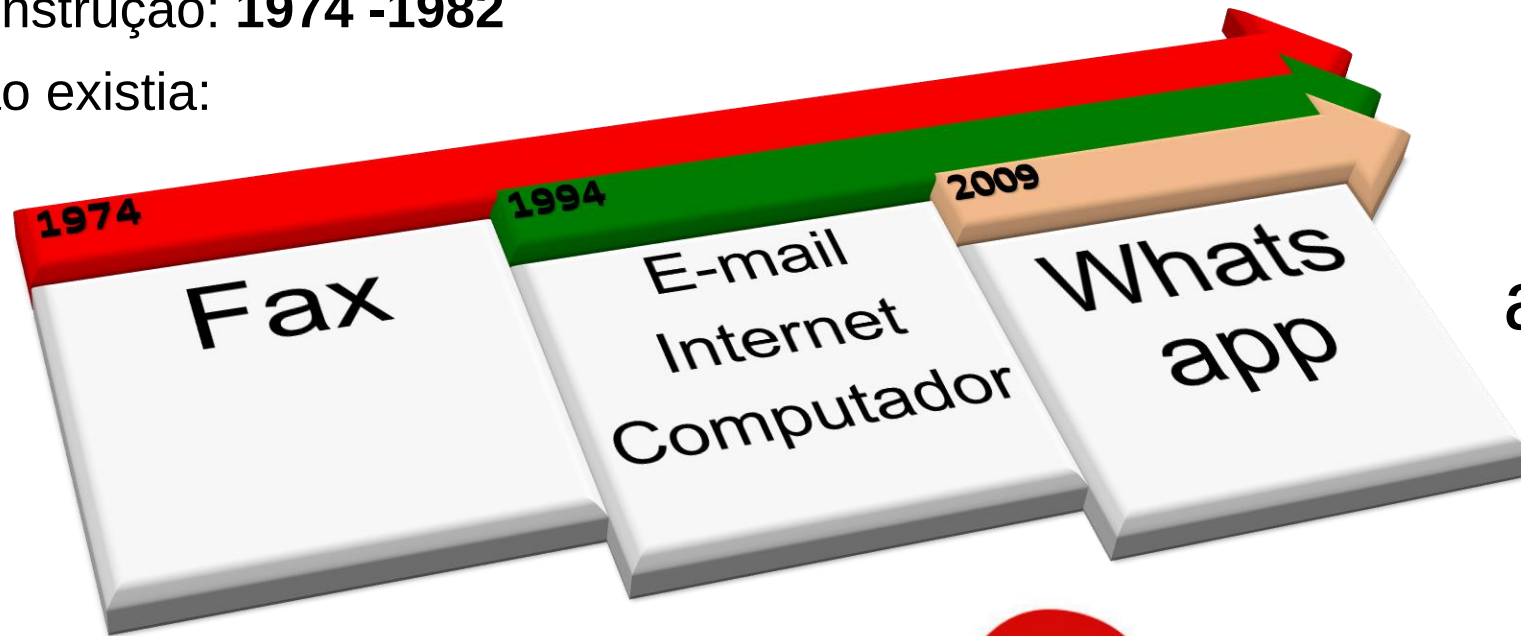


- Planejamento;

Escala do Tempo

Construção: 1974 -1982

Não existia:



43
anos

E como é que eles faziam

Projetos executados no RJ e SP
Desenhados a mão





Aeroporto



PARAGUAI



BRASIL

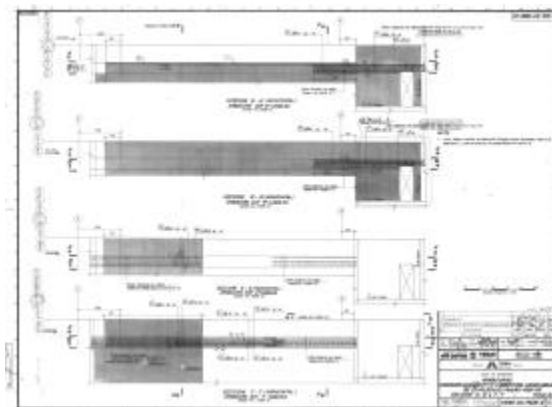
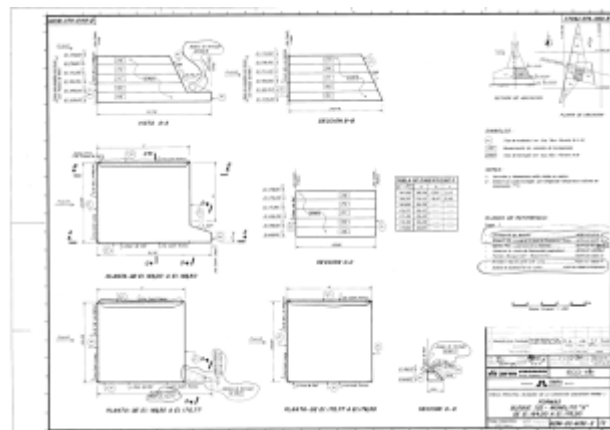
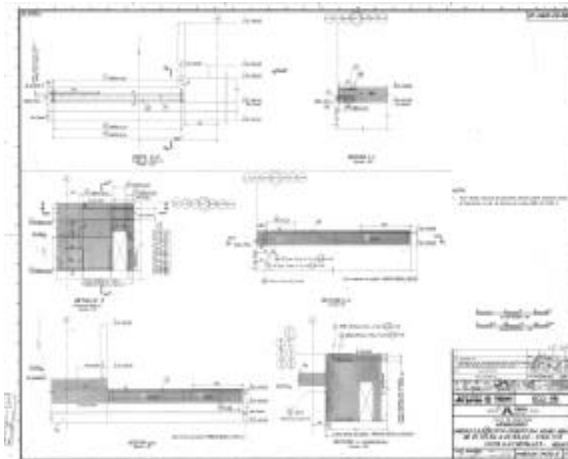
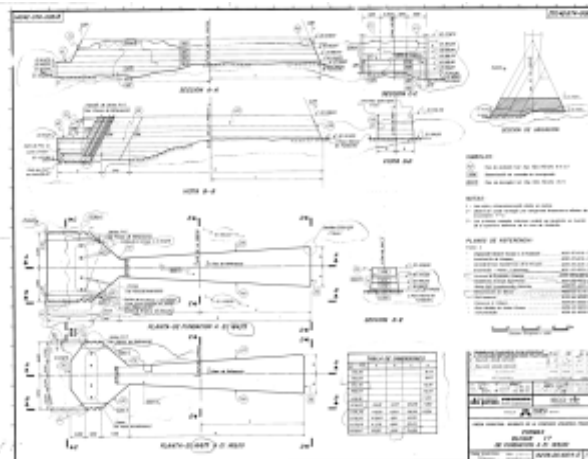
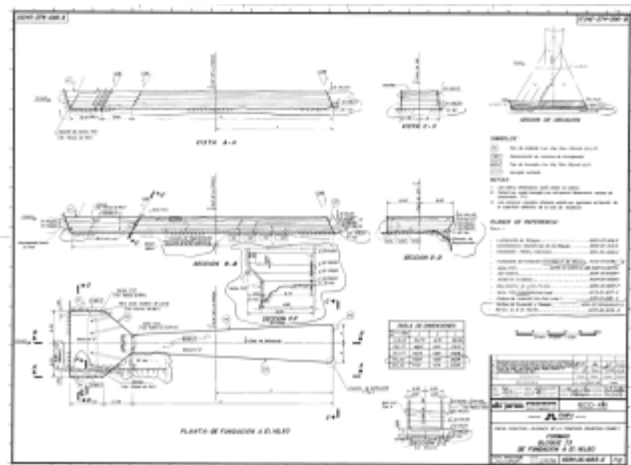
Qualidade do projeto Itaipu

- 
- Projetos eram enviados de avião;
 - Excelente arquivo técnico, com metodologia de arquivamento bem definida e aplicada até hoje;
 - Critério de elaboração e revisões;
 - Excelente qualidade da mão de obra. Melhores projetistas do Brasil e do Mundo;
 - Projetos planejados, detalhados e criteriosos.



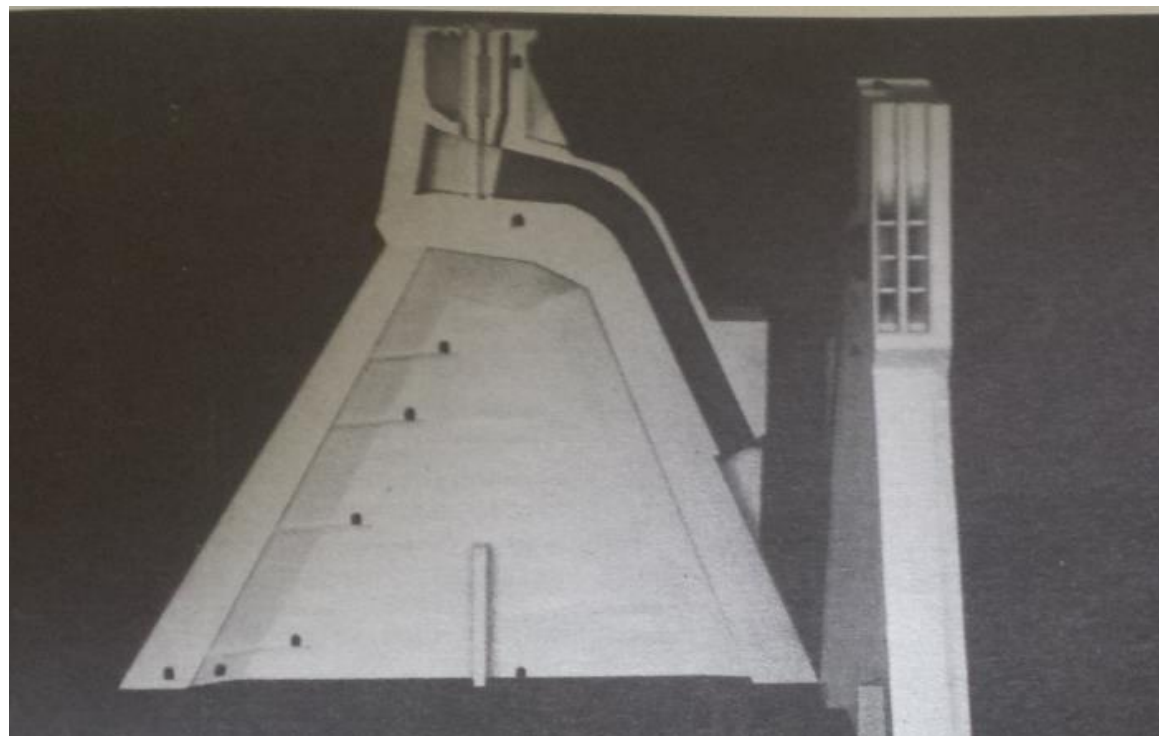
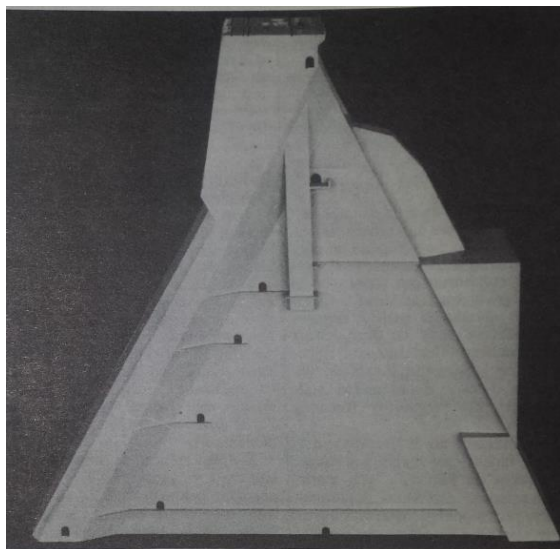
Sem deixar dúvidas!

Exemplos dos projetos de Itaipu



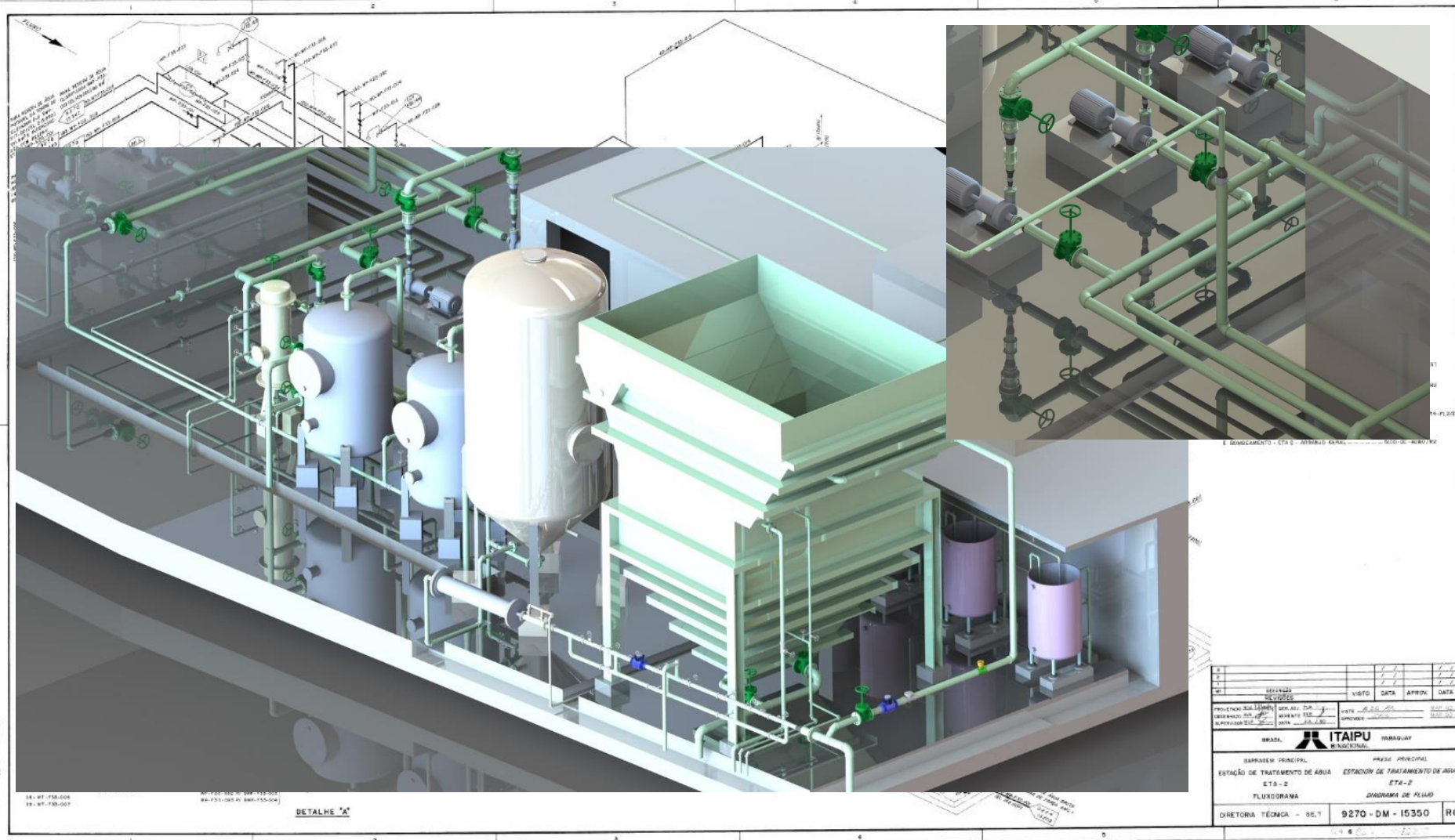
Projetos extremamente detalhados.

Modelo da barragem principal

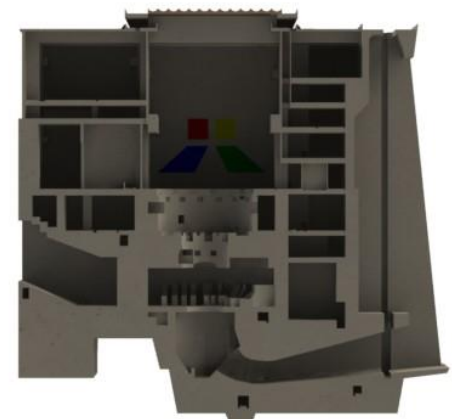
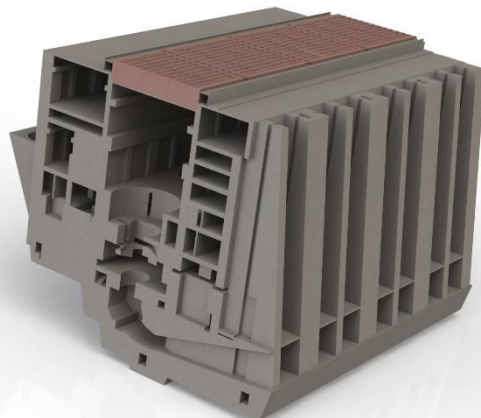
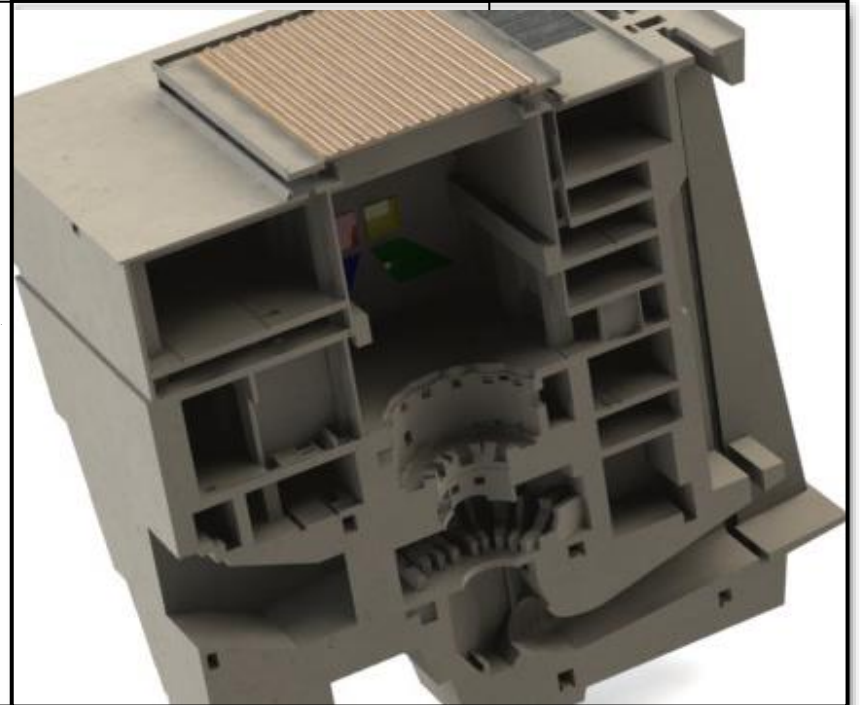
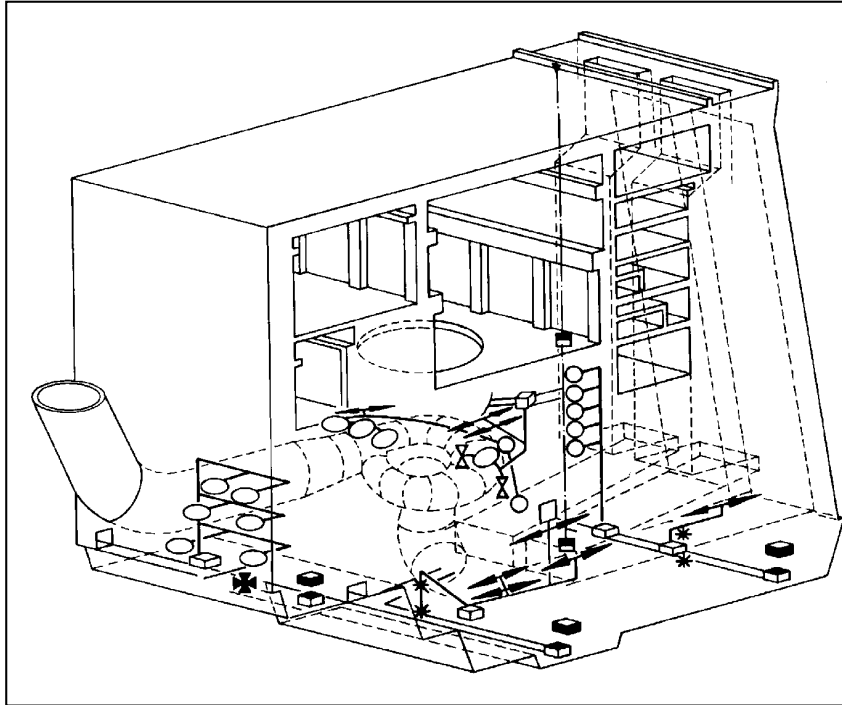


Modelo na escala 1:250, de bloco com tomada d'água de $H = 180$ m.

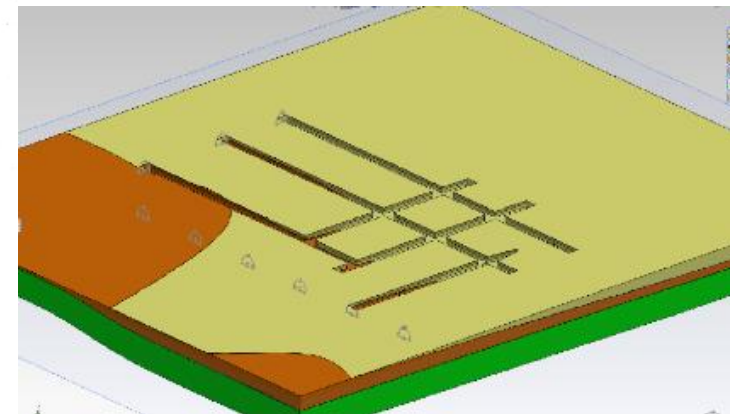
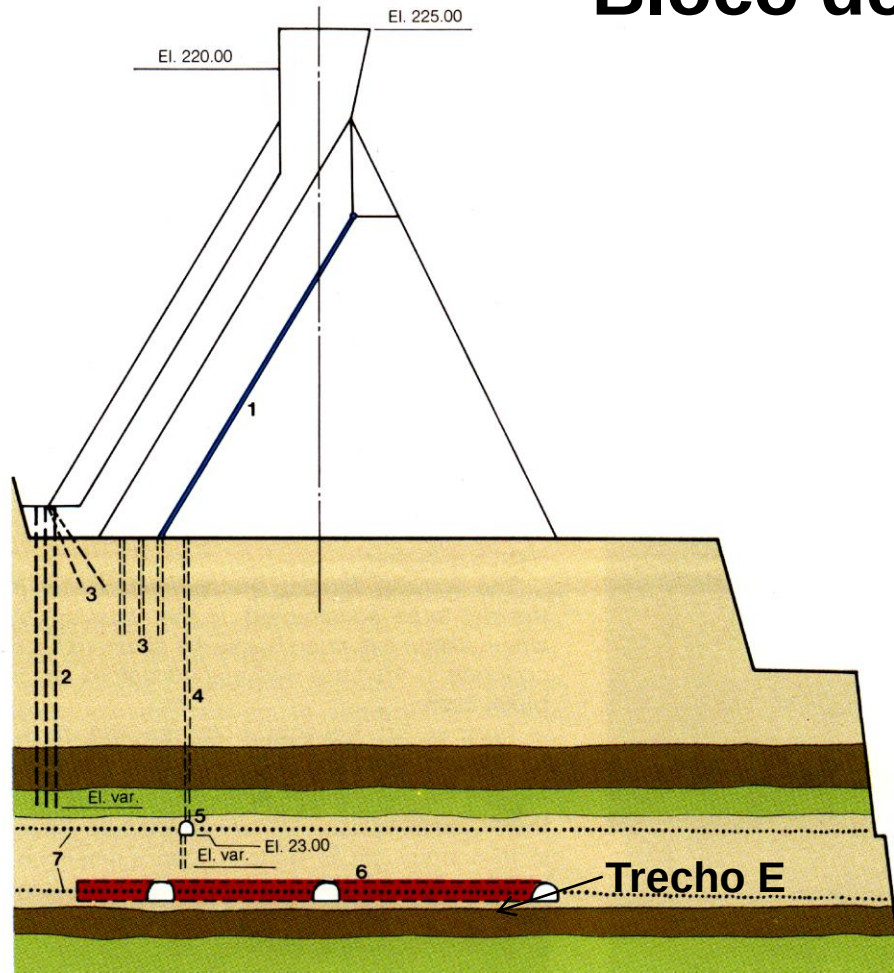
Estação de Tratamento de Água



Casa de Máquinas

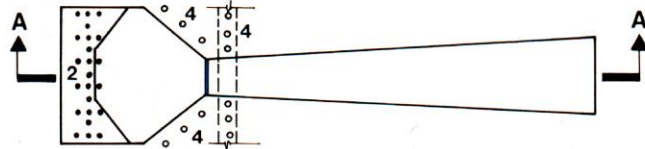


Bloco de Contraforte

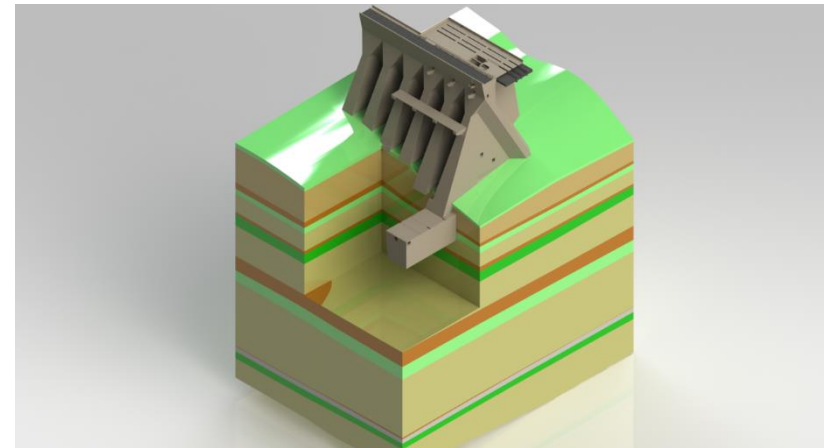
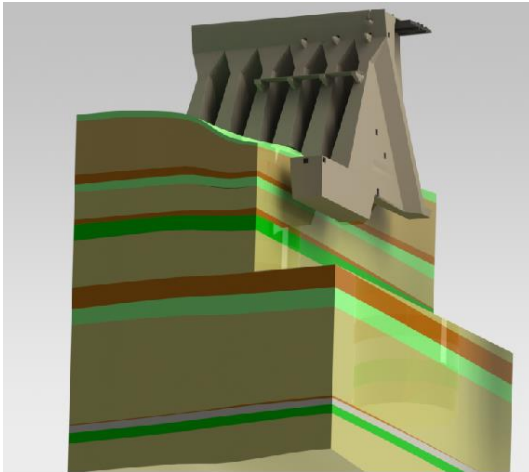
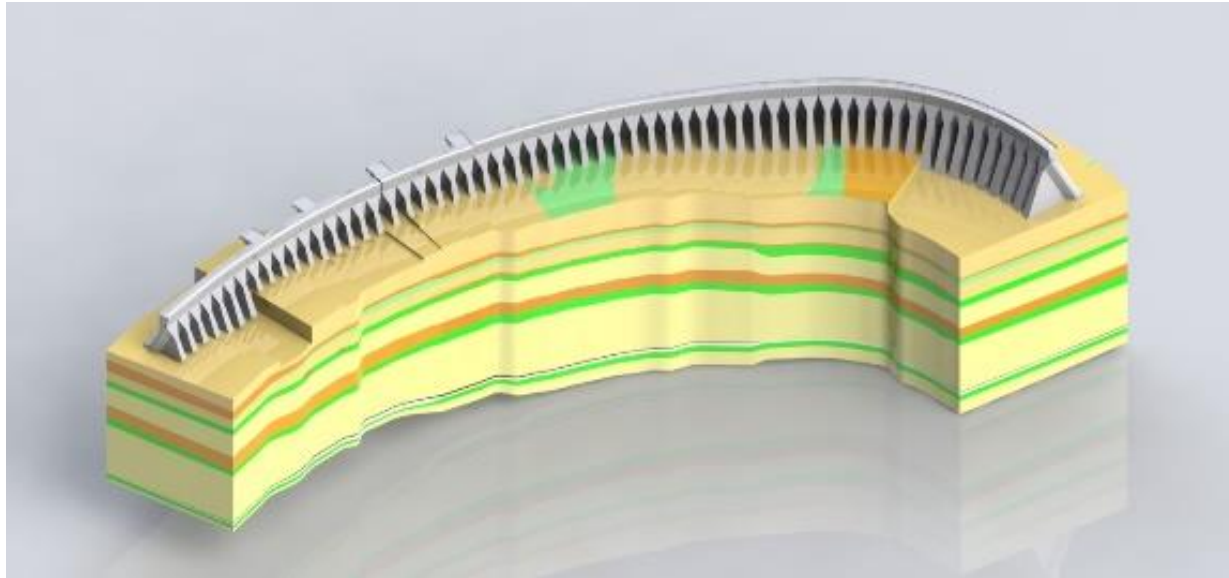


A-A

- Basalto denso
- Brecha
- Basalto vesicular amigdalóide

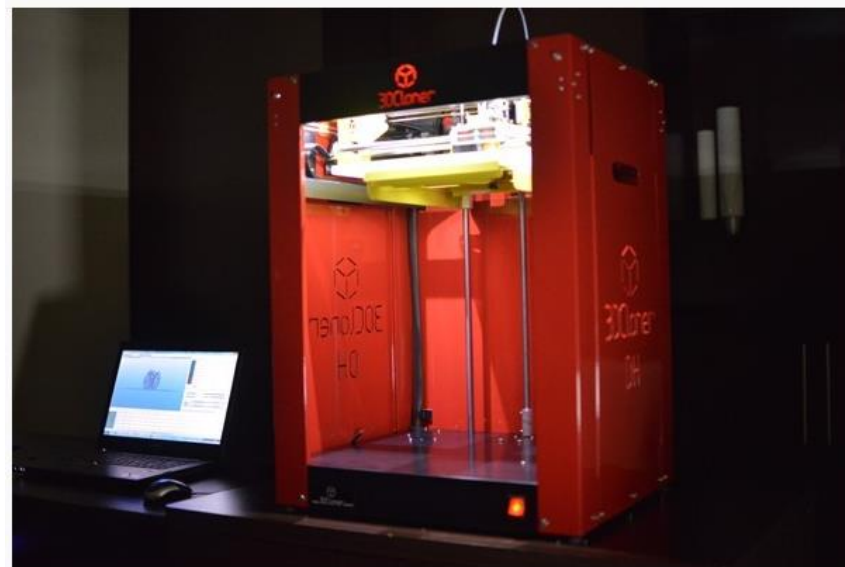


Perspectiva da Fundação e da Barragem em 3D

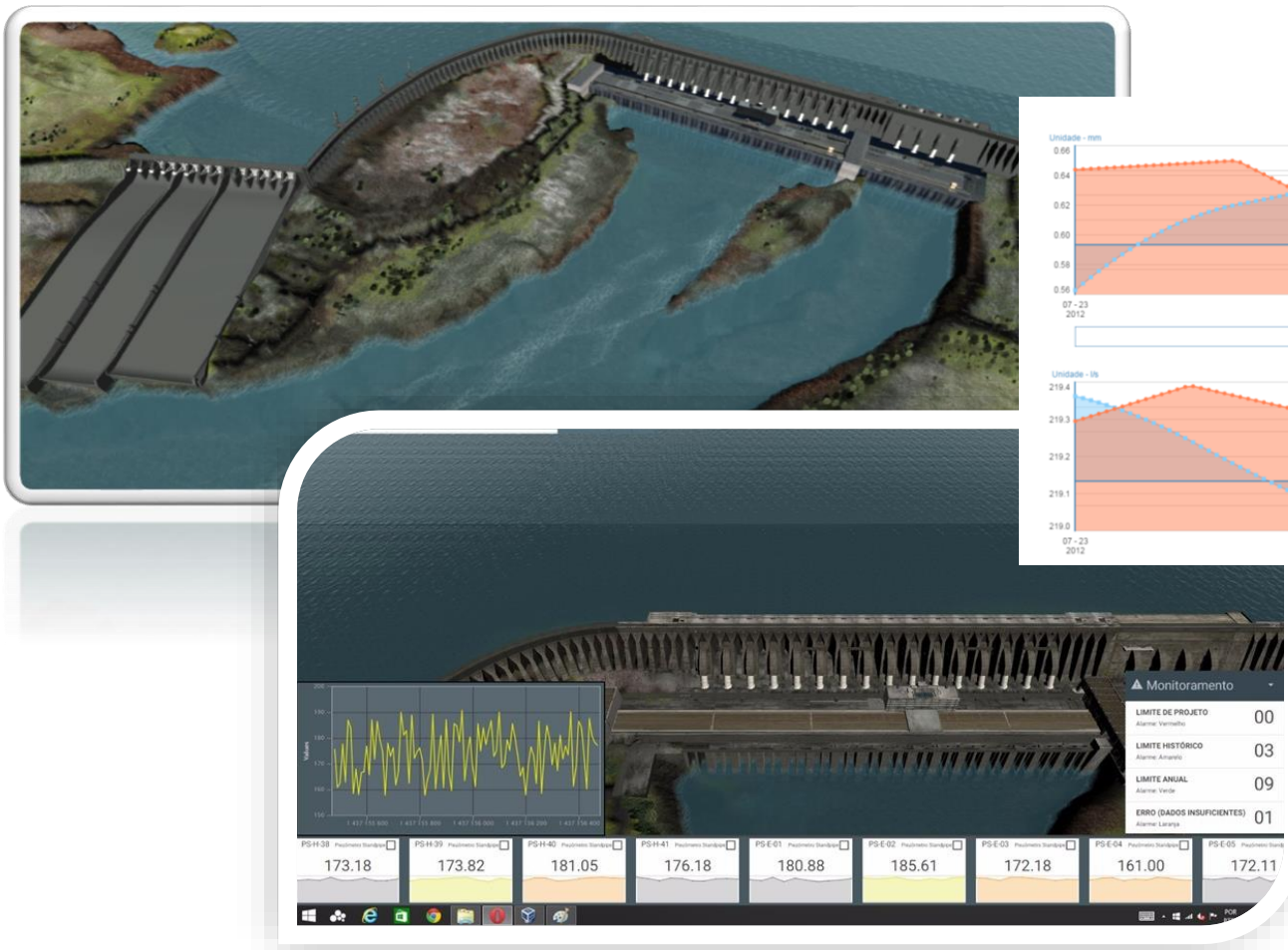


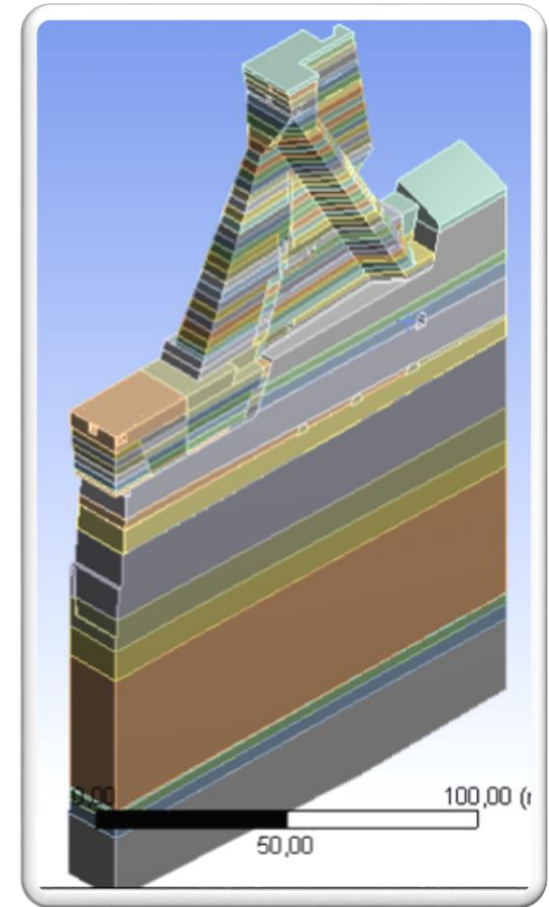
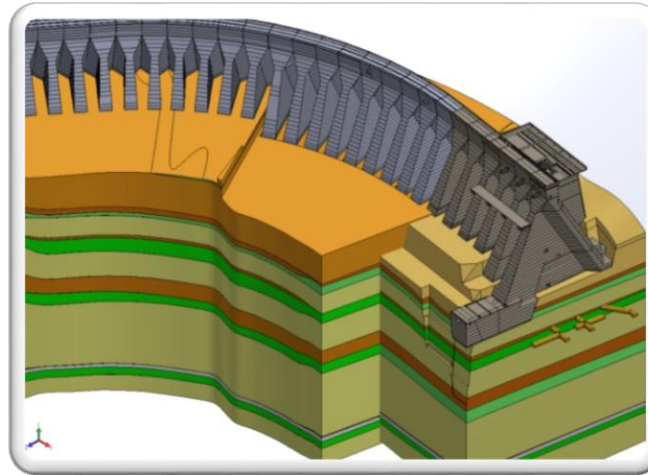
O que podemos elaborar com o modelo 3D?

Impressão 3D



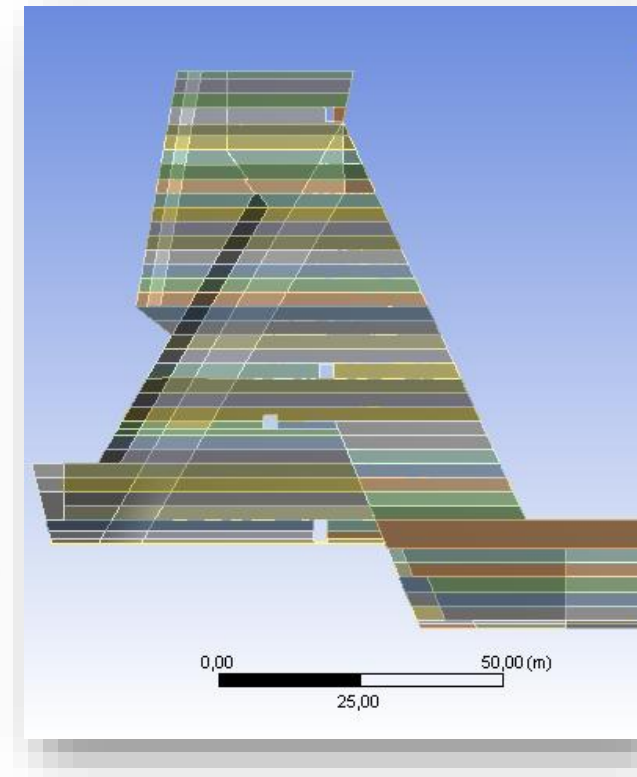
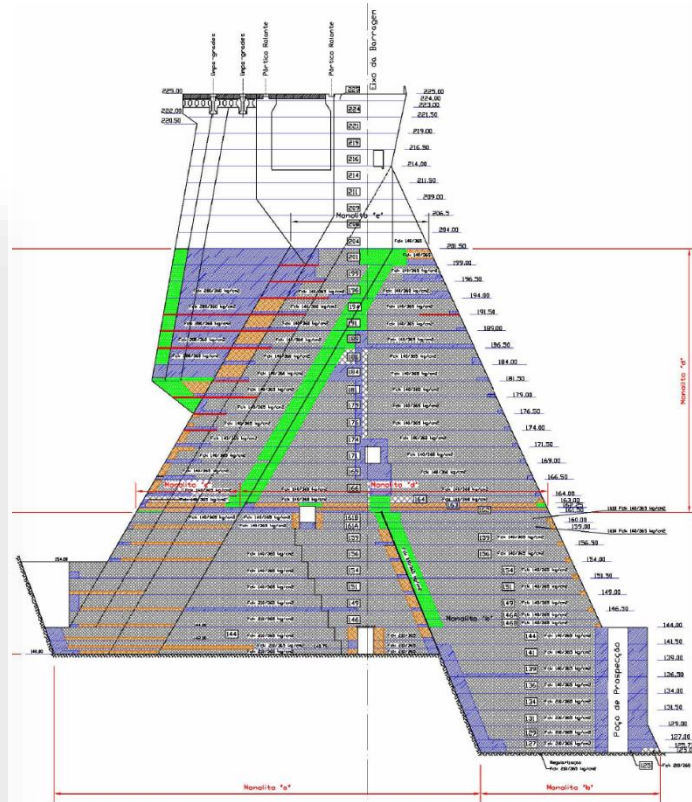
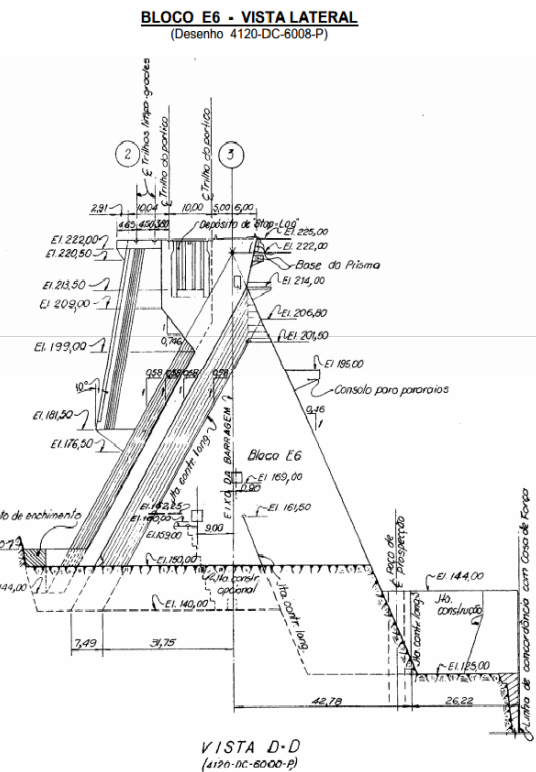
Capacitações e monitoramento





Detalhamento dos modelos tridimensionais da Barragem

Zoneamento das camadas de concreto

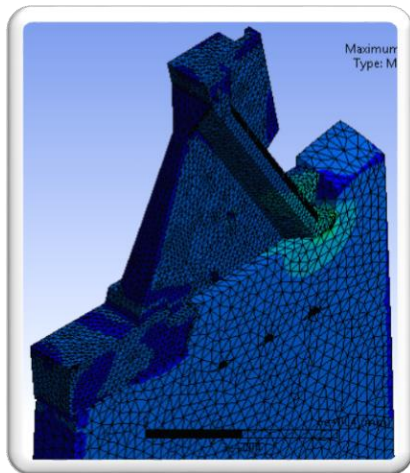


Pensando no futuro

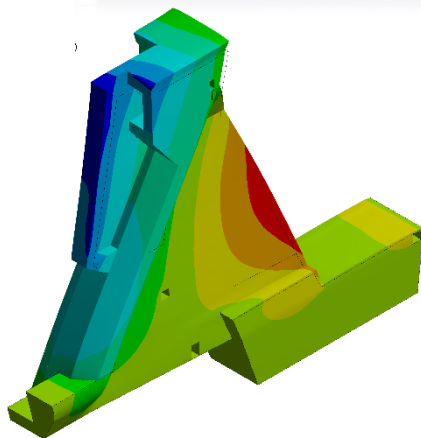
Foram extraídos 105 corpos de prova;
Resgate de todas as fichas de concretagem;



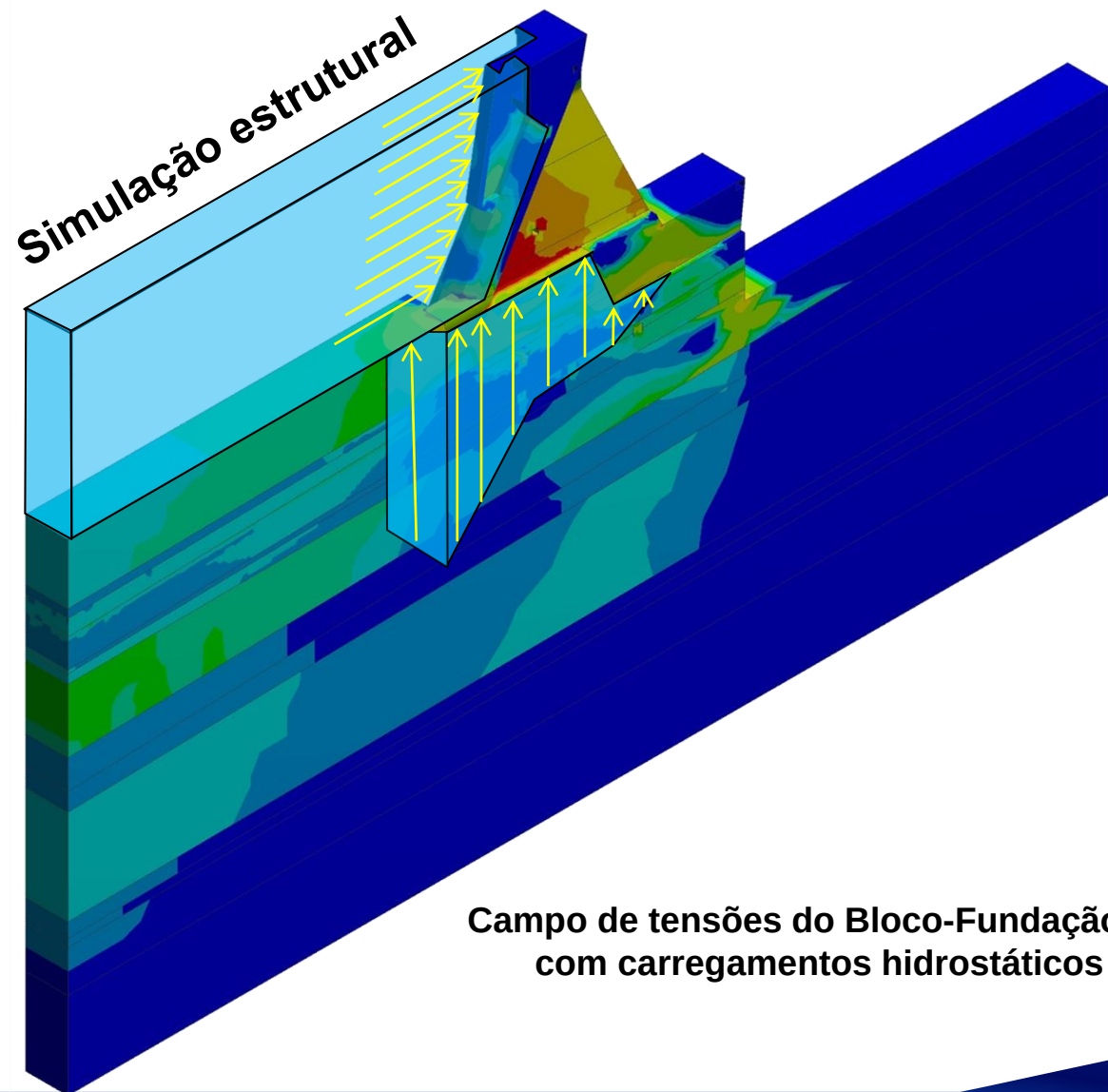
Monitoramento da Saúde Estrutural MEF



Malha em elementos finitos

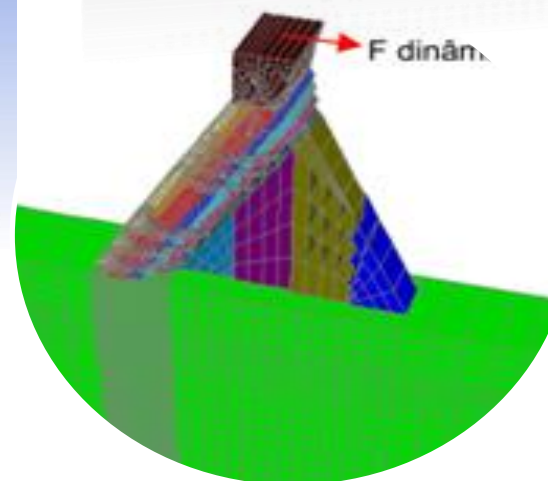
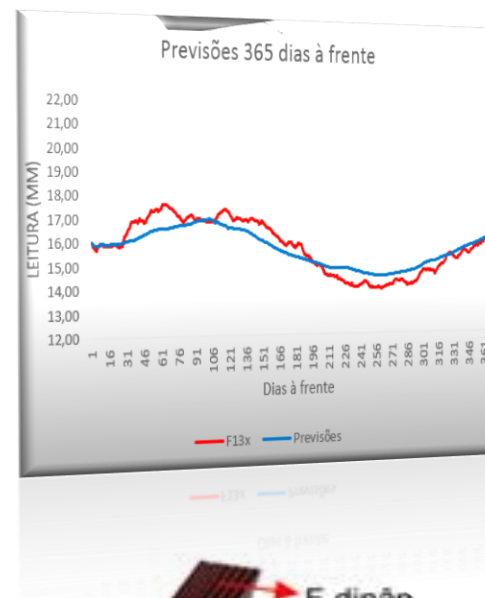
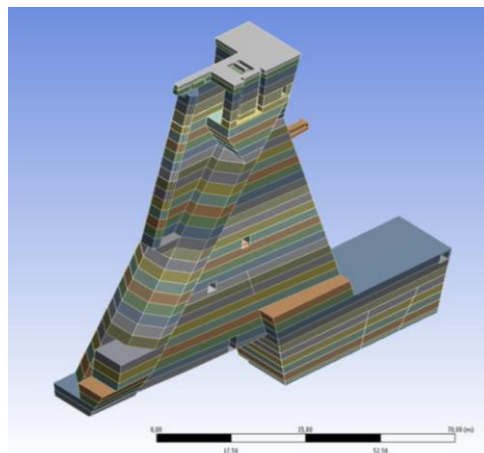
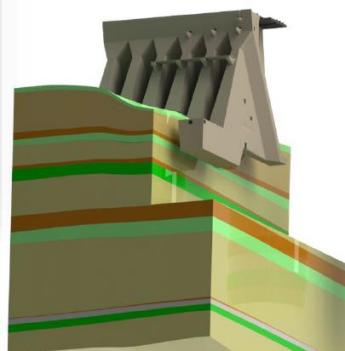
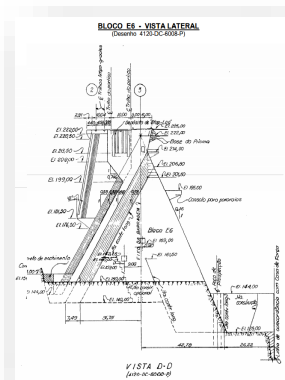


Campo de deslocamento em x

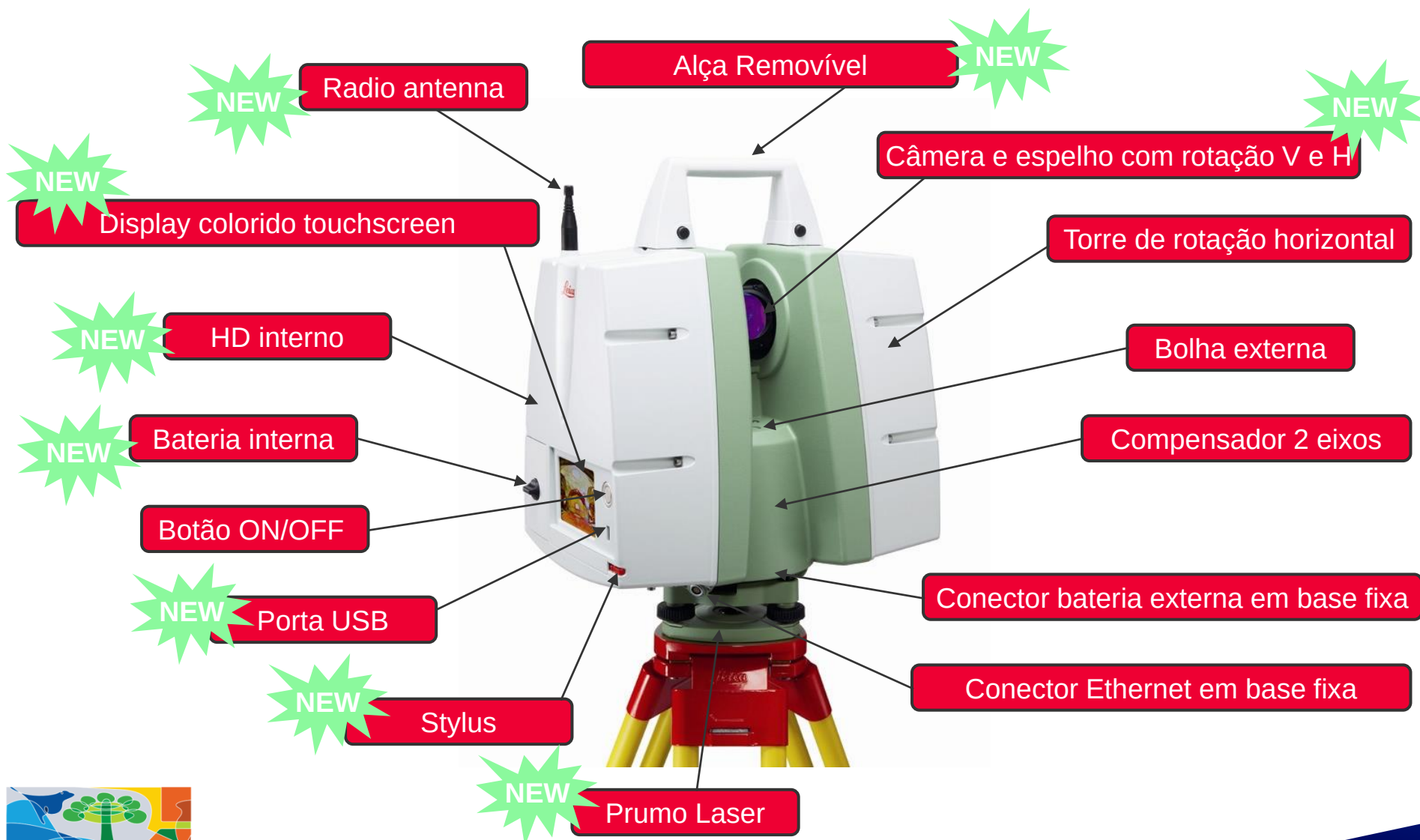


Campo de tensões do Bloco-Fundação com carregamentos hidrostáticos

Simulação em MEF da Barragem de Itaipu em 3D

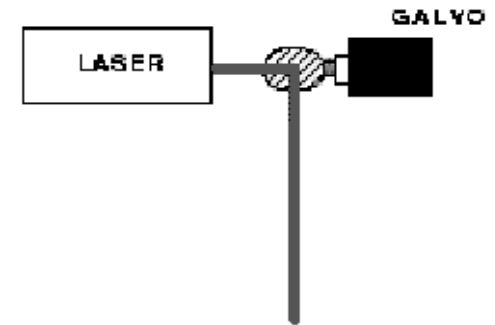


Produtos HDS – ScanStation



O equipamento - Como funciona?

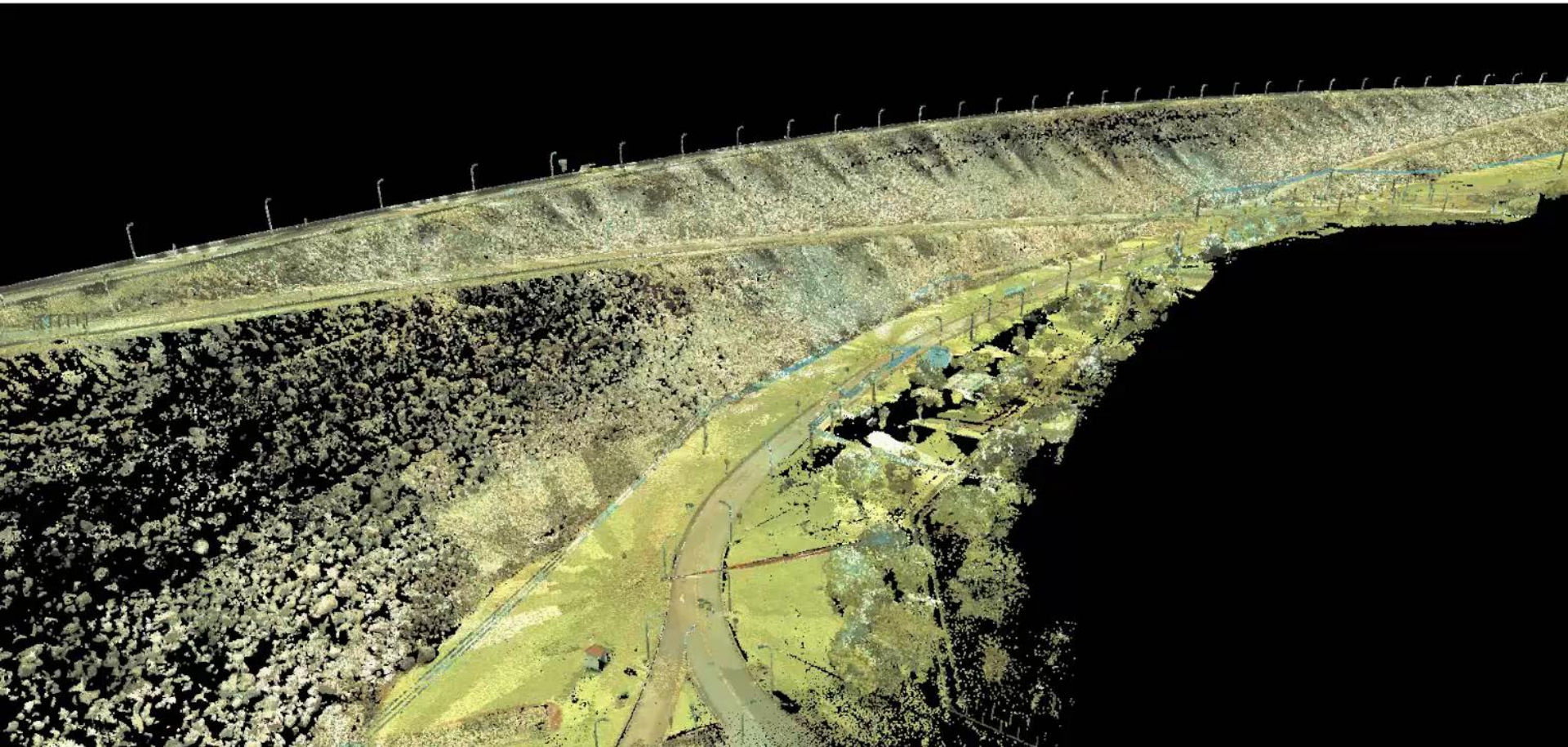
- Para medir cada ponto:
 - O conjunto de espelhos se posiciona
 - O laser de alta potência é disparado
 - A luz viaja até objeto é refletida e parte dela retorna ao equipamento
 - A distância e a intensidade do retorno é determinada
 - As coordenadas são obtidas pelo posicionamento dos espelhos e/ou do servo motor e da distância medida
- A cor natural é obtida a partir de uma fotografia colorida tirada pelo equipamento
- Não é necessário iluminação para a medição



Barragem de Contrafortes



Barragem de Enrocamento



Barragem de Terra

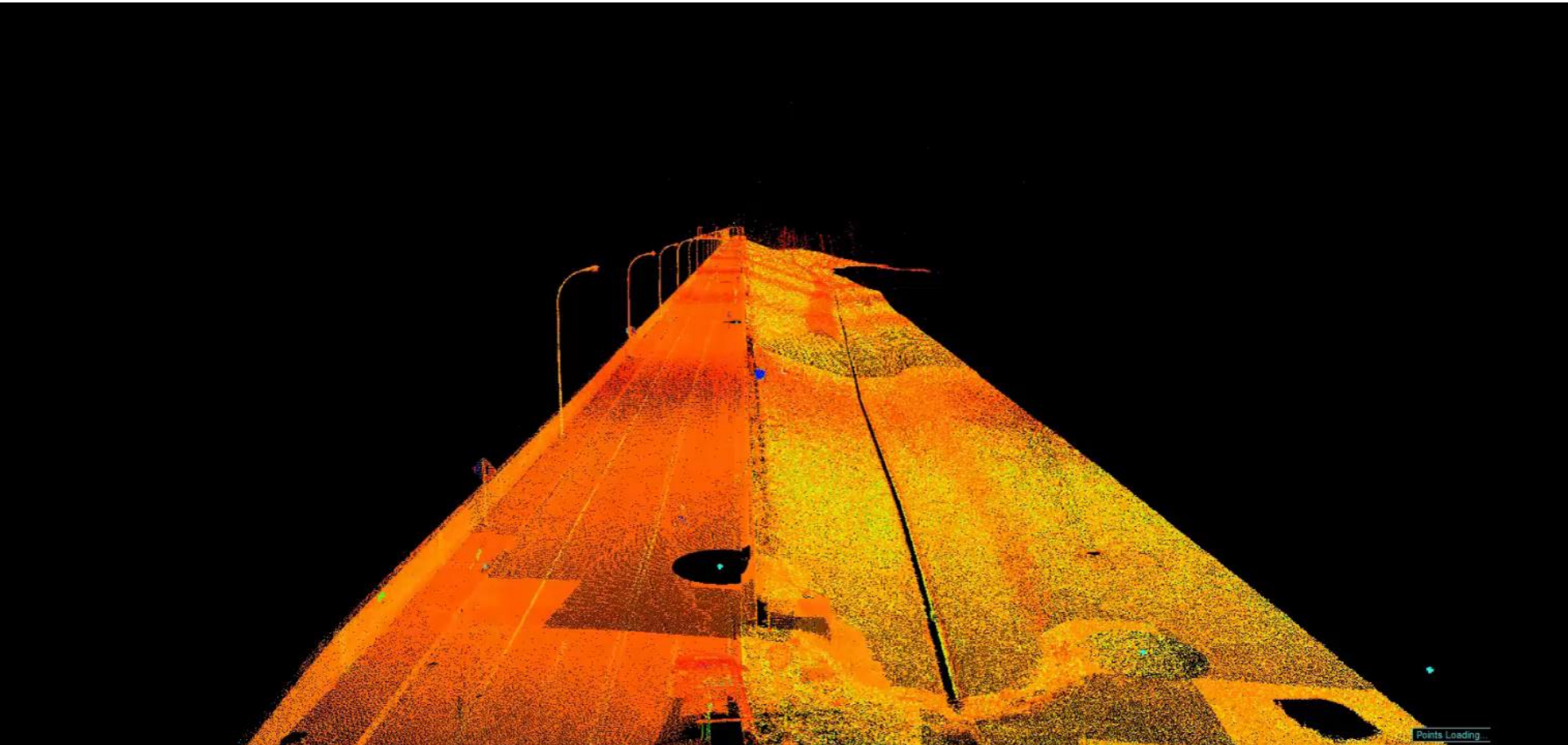
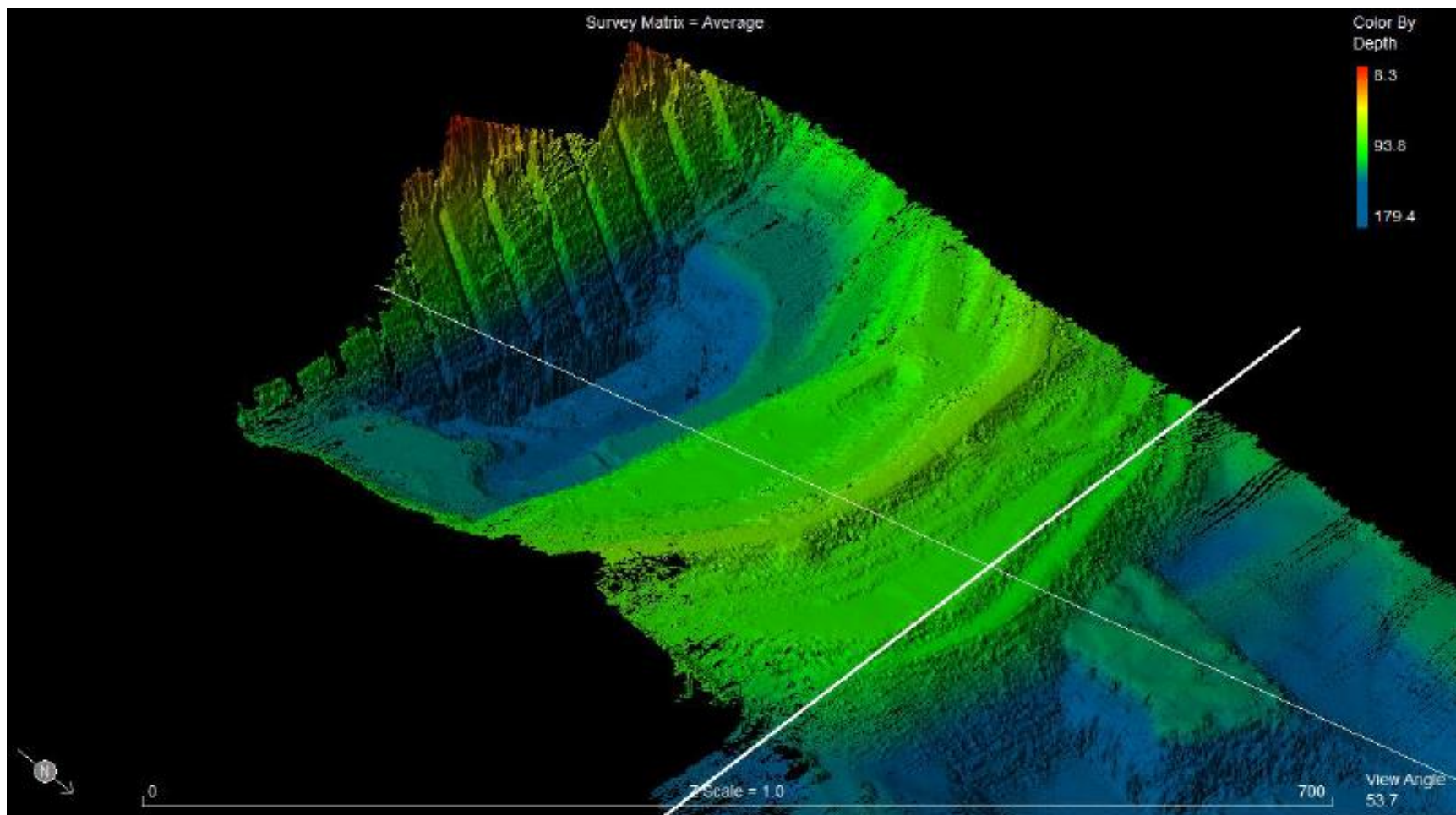


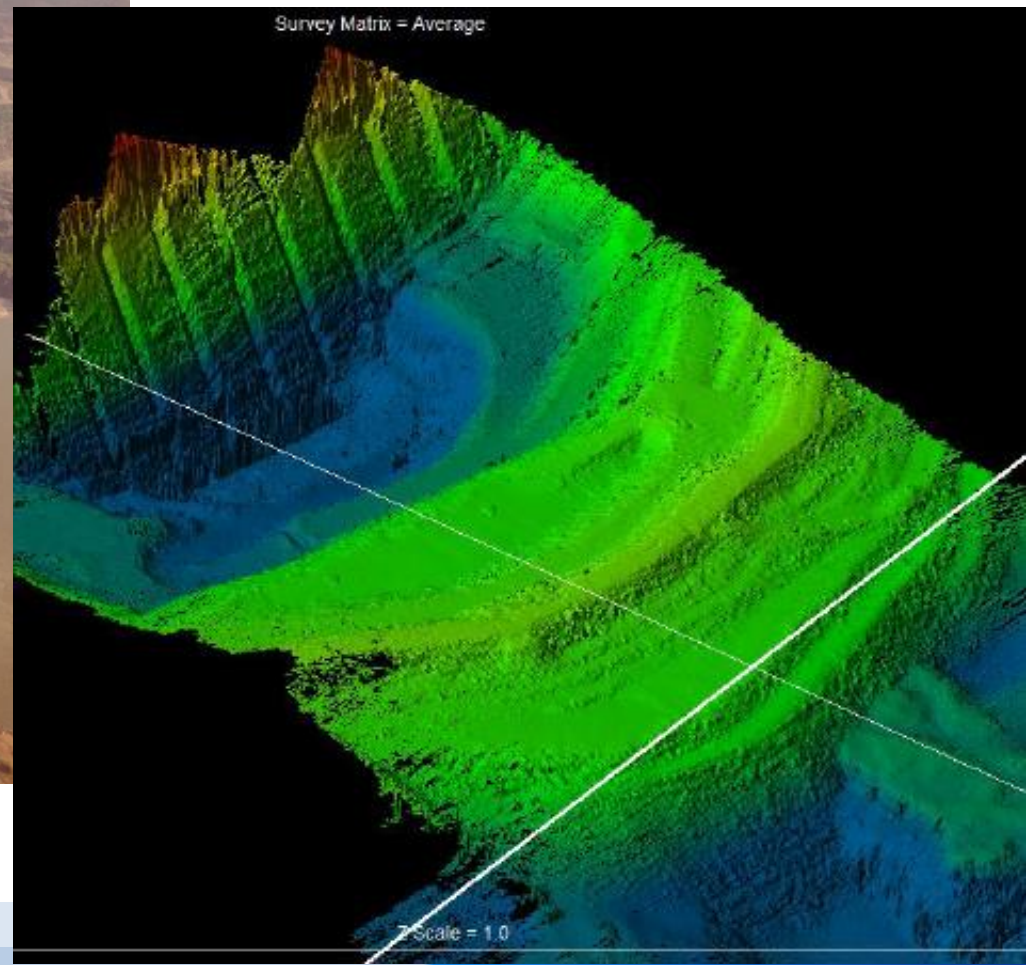
Imagem da construção de Itaipu



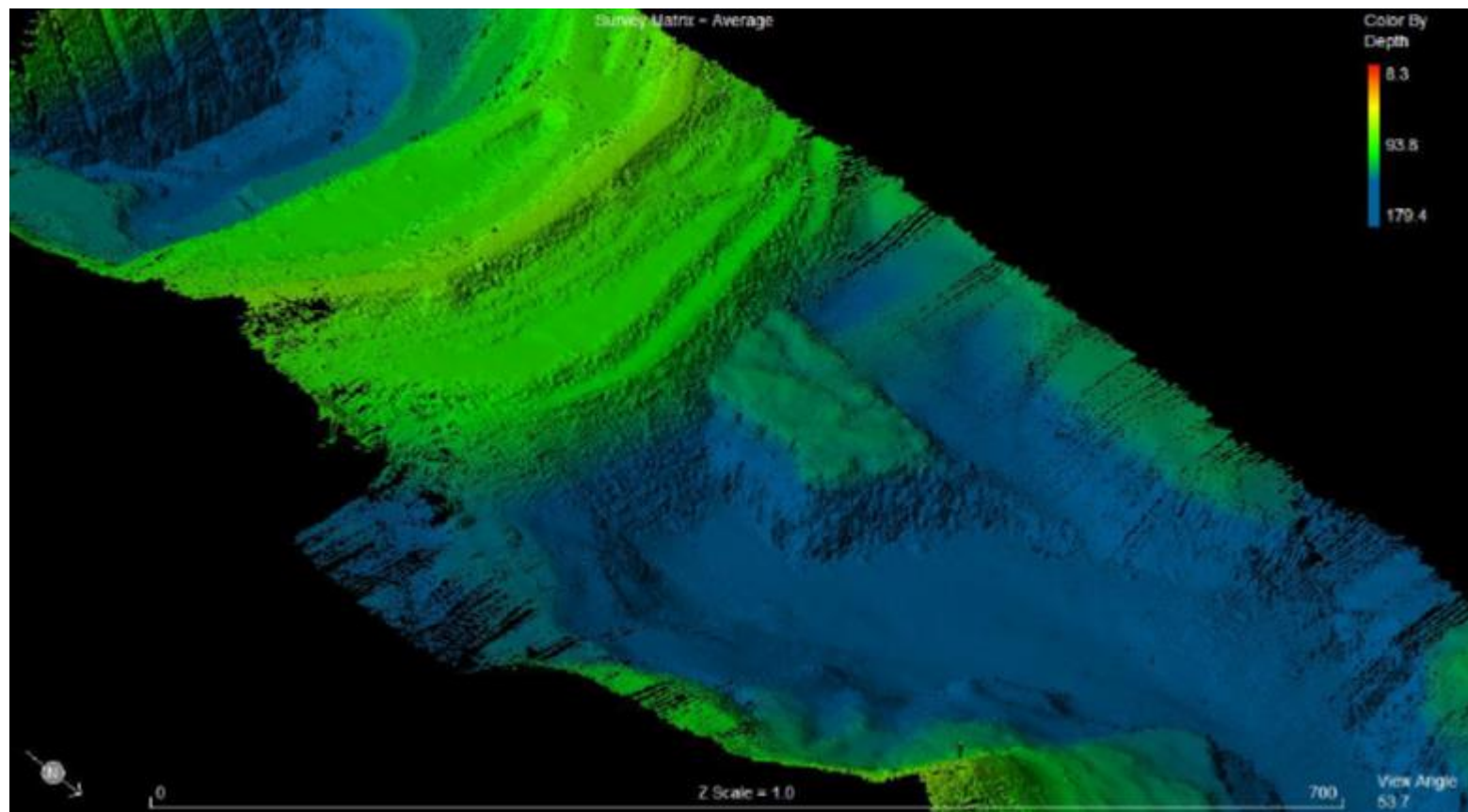
Modelo tridimensional da superfície do terreno submersa



Modelo tridimensional da superfície do terreno submersa

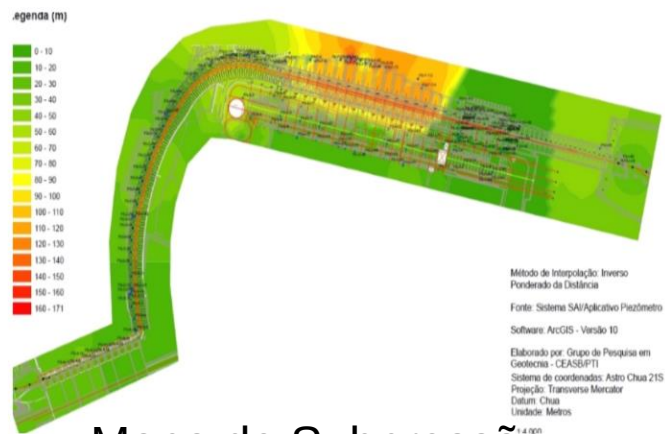


Superfície do terreno submersa

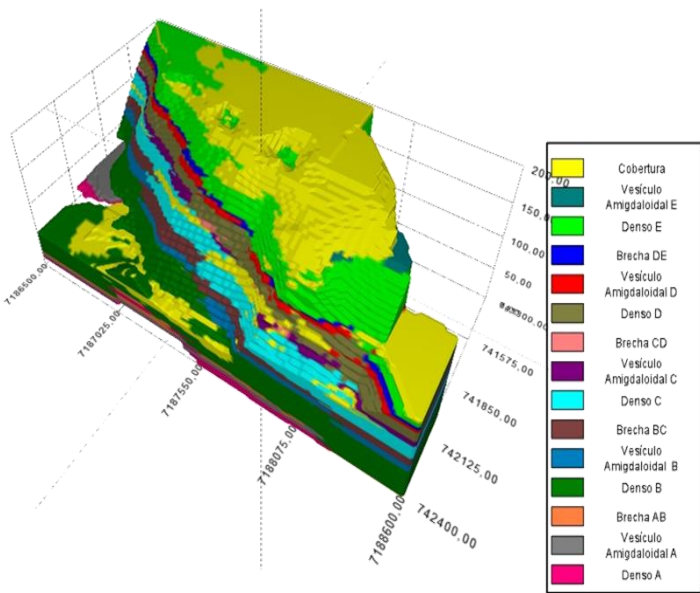




Geotecnia

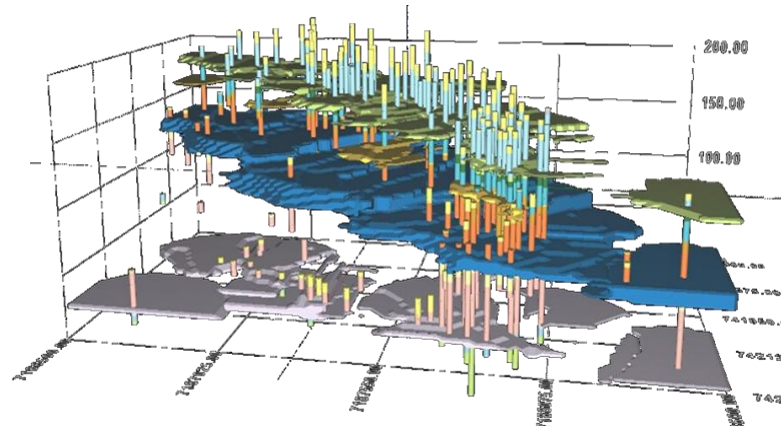


Mapa de Subpressão

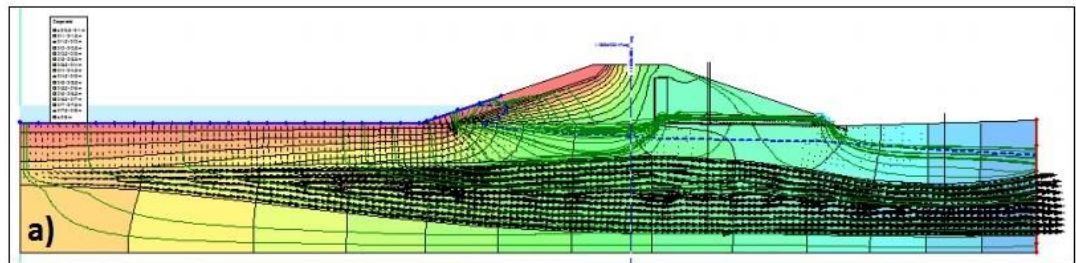


Modelo Geológico 3D

Modelo Geológico 3D



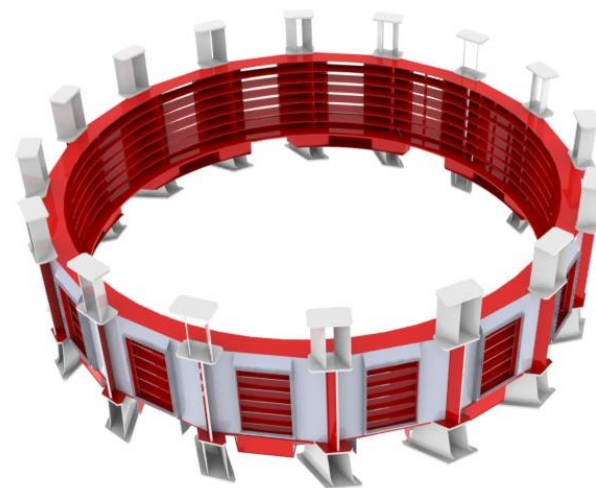
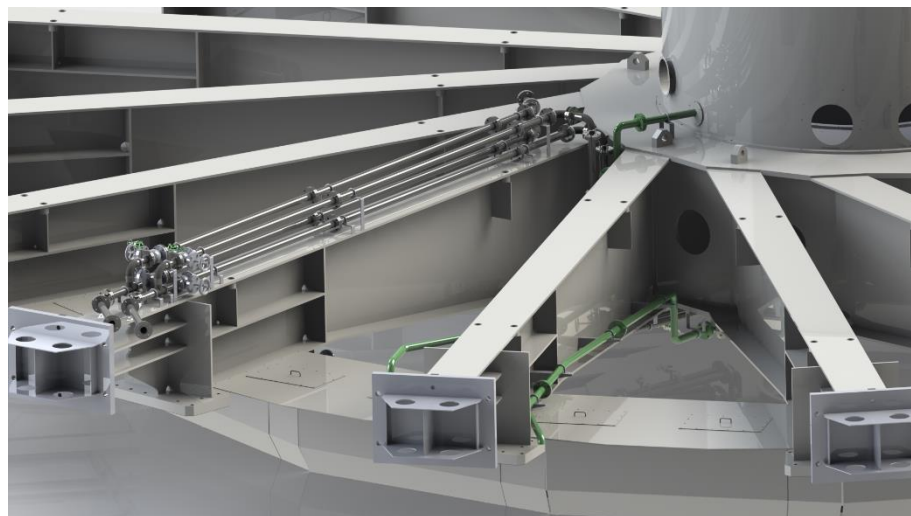
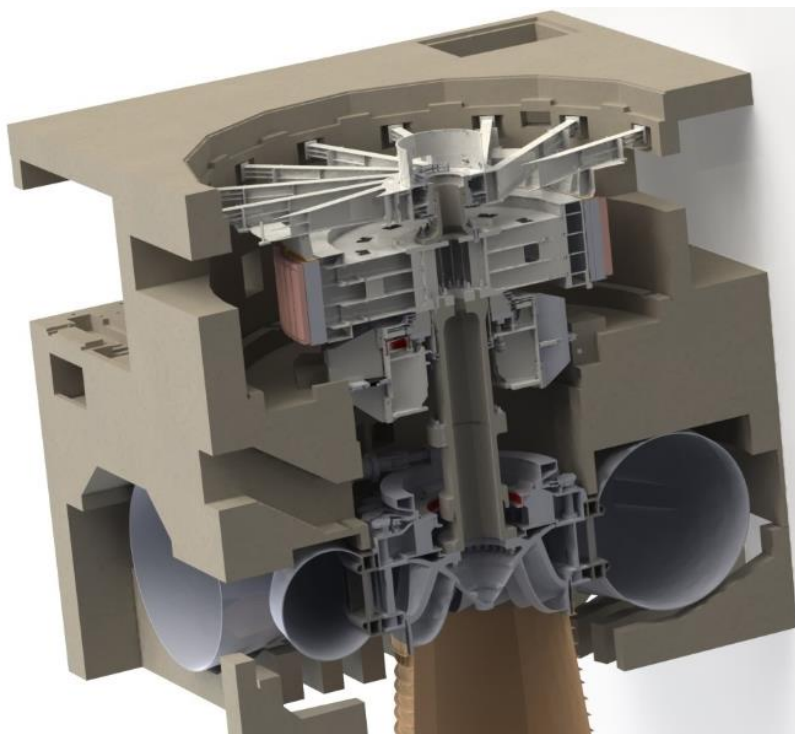
Fluxo para Regime Permanente



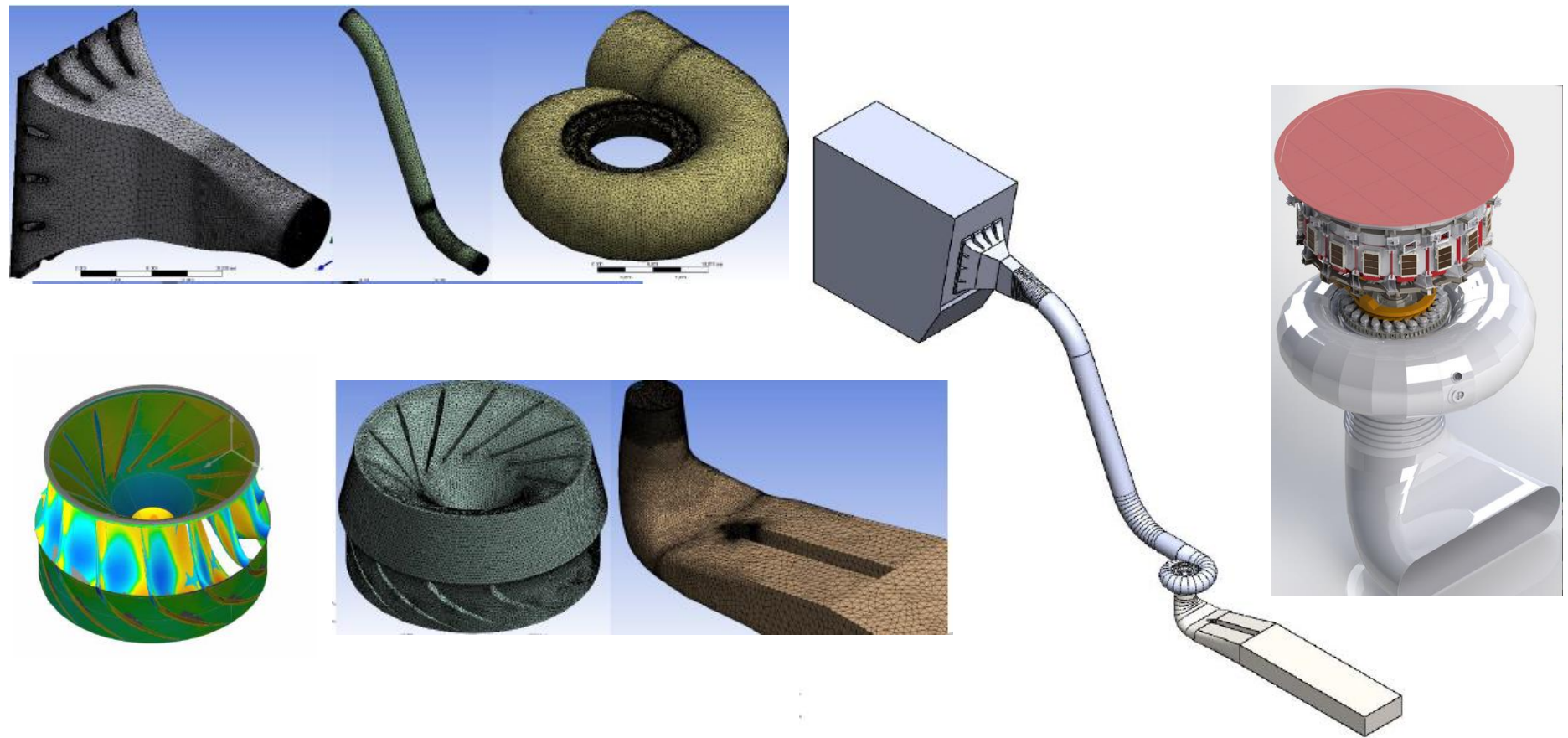
Estudos em Laboratório



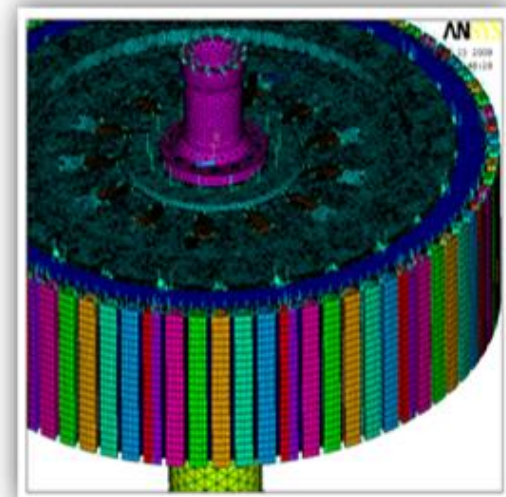
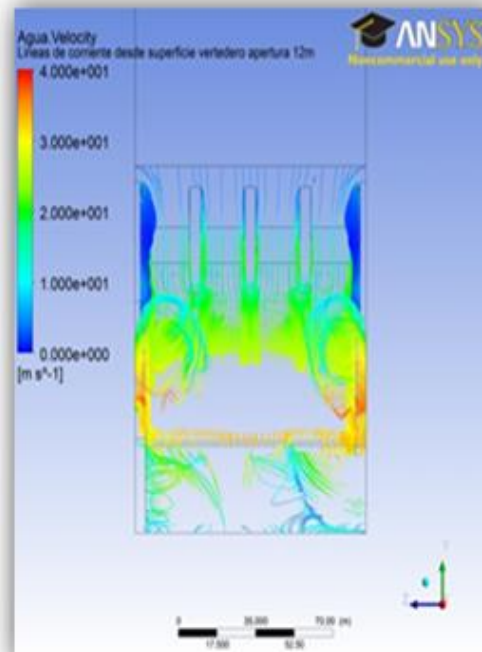
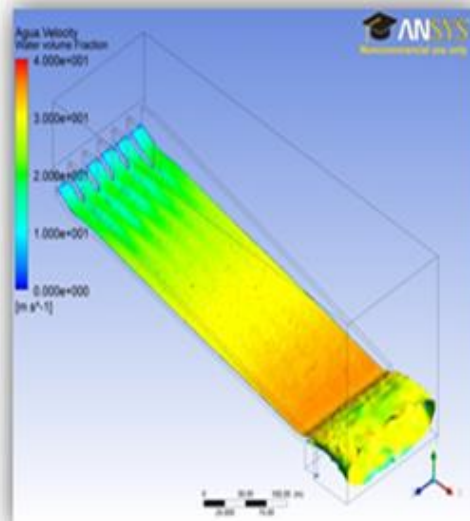
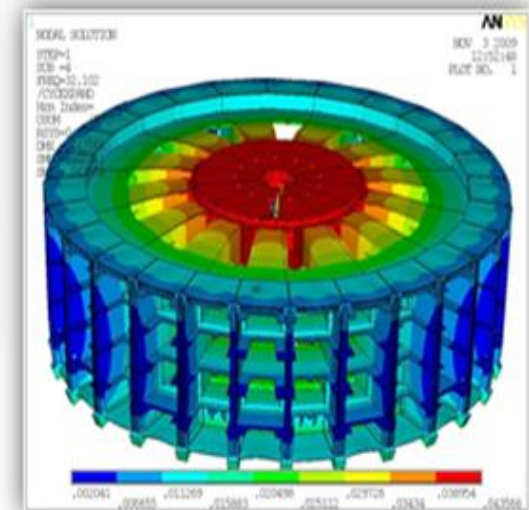
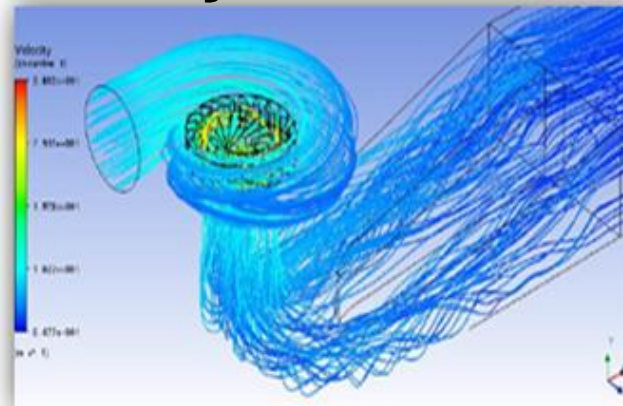
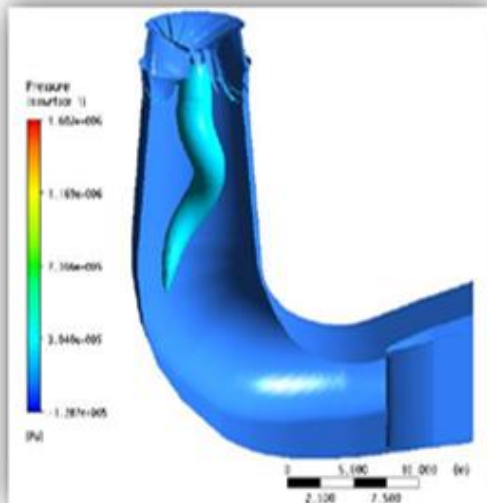
Modelagem Tridimensional Unidade Geradora



Modelagem Tridimensional Unidade Geradora



Simulações Estruturais



Obrigado.



Integração que gera energia e desenvolvimento

CEASB Centro de Estudos Avançados
em Segurança de Barragens

Contato:
Dimilson Pinto Coelho
dimilson@itaipu.gov.br
Tel. 45-3520-2623