MAIN BRAZILIAN DAMS IV

BELO MONTE HPP | DESIGN, CONSTRUCTION AND PERFORMANCE

Desafios Logísticos na Construção da UHE Belo Monte

A importância dos equipamentos reserva diante das particularidades logísticas da região amazônica

Wagner Lellis dos Santos

Norte Energia S.A.

1. Introdução

- **Maior hidrelétrica 100% brasileira:** 11.233,1 MW instalados, um dos maiores desafios de montagem industrial já realizados no país.

- **Escala do parque gerador:** 18 unidades geradoras na Casa de Força Principal (turbinas Francis) e 6 na Casa de Força Complementar (turbinas Kaplan horizontal).

- **Fabricação distribuída:** equipamentos fabricados por diferentes indústrias em diversas regiões do Brasil entre 2011 e 2019, com uma exceção na Europa.

- **Localização amazônica:** empreendimento instalado no rio Xingu (PA) — grandes distâncias, acesso restrito e infraestrutura viária limitada.



Sítio Belo Monte – Casa de Força Principal em construção

2. Magnitude do Fornecimento Eletromecânico

+150 mil t
de equipamentos transportados até os canteiros de obras

24
transformadores elevadores fornecidos (20 na CFP + 4 na CFC)

18 + 6
turbinas Francis (CFP) e Kaplan horizontal (CFC) completas

2
consórcios responsáveis pelo fornecimento: ELM e IMPSA

- Consórcio ELM (Alstom, Voith e Andritz): turbinas, geradores, barramentos blindados, transformadores e equipamentos hidromecânicos das Casas de Força.

- Consórcio IMPSA (Wind Power Energia e Inverall Construções e Bens de Capital): equipamentos complementares da Casa de Força Principal, com escopo posteriormente transferido ao Consórcio ELM.

3. Desafios Logísticos: Fabricação Dispersa

- **Fabricação iniciada em 2011,** distribuída entre diferentes indústrias em diversas regiões do Brasil.
- **Uma exceção:** a Subestação Isolada a Gás SF6 (GIS) da Casa de Força Principal foi fabricada na Europa.
- **Acompanhamento técnico dedicado:** equipe especializada monitorou os processos produtivos em cada unidade fabril, compatibilizando o fornecimento com o avanço das obras civis.
- **Contingência de fornecedores:** em dezembro de 2014, o Consórcio IMPSA entrou em recuperação judicial, exigindo a transferência integral do seu escopo ao Consórcio ELM.

2011
Início da fabricação dos equipamentos eletromecânicos

Dez/2014
Recuperação judicial do Consórcio IMPSA

2019
Conclusão da montagem eletromecânica da usina

4. Transporte dos Equipamentos: Modais Combinados

- **Modais combinados:** rodoviário, marítimo e fluvial, conforme a origem de cada equipamento.

- **Rota principal (equipamentos de São Paulo):** transporte rodoviário até o Porto de Santos, transporte marítimo até Belém (PA) e, por via fluvial, até a Estação de Transbordo de Cargas da usina.

- **Rota complementar (equipamentos de Manaus/AM):** transporte fluvial até Belém (PA) e, na sequência, até a Estação de Transbordo de Cargas.

- **Planejamento minucioso:** definição de veículos e acessórios, estudos de trajeto, programação de horários, análise de interferências e avaliação de restrições operacionais.



Chegada de transformadores e eixo à Estação de Transbordo de Cargas

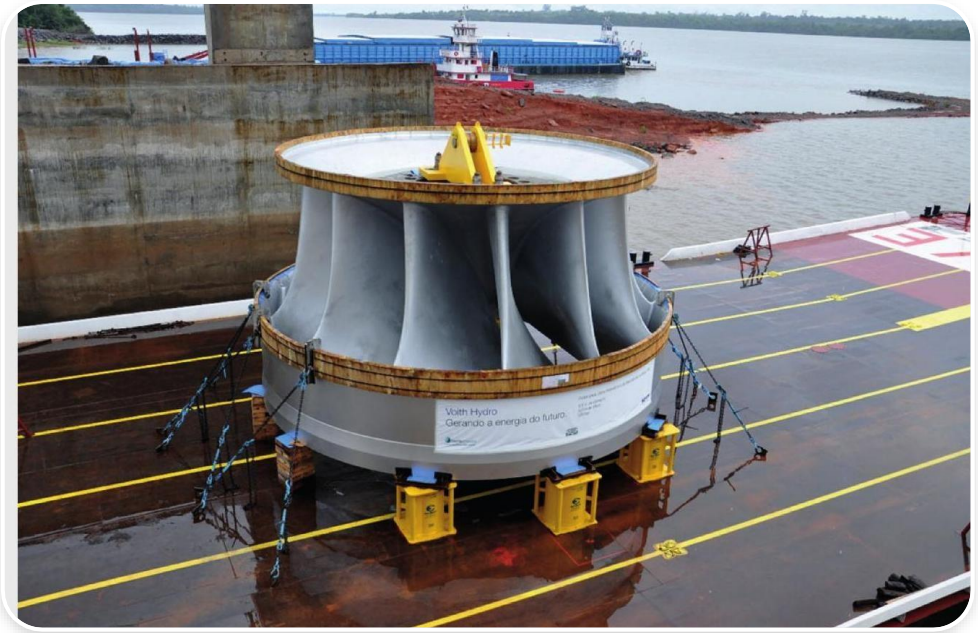
5. Dimensões e Pesos Críticos dos Equipamentos

Ø 9,15 m / 320 t
Rotor da Turbina Francis

277 t
Transformador Elevador

112 t
Eixo da Turbina Francis (9,90 m)

76 t
Ponte Rolante Principal (31,24 m)



Transporte fluvial do rotor da Turbina Francis (UG 01)

- Dimensões e pesos elevados exigiram planejamento logístico específico para cada equipamento, da fabricação ao posicionamento final no poço da unidade geradora.

6. Particularidades Logísticas da Região Amazônica

- **Transporte noturno:** trechos rodoviários realizados no período noturno, com interdições temporárias de faixas de rolamento e utilização controlada da pista.

- **Sincronismo de grande porte:** duas Pontes Rolantes Principais, com capacidade combinada de 1.600 t, operaram em sincronismo para içar o conjunto rotor-eixo, de 1.500 t.

- **Precisão milimétrica:** a folga reduzida entre o rotor e o poço do gerador exigiu deslocamento e posicionamento de altíssima precisão.

- **Via fluvial amazônica:** equipamentos fabricados em Manaus seguiram por rio até Belém e, na sequência, até a Estação de Transbordo de Cargas da usina.



Descida sincronizada do rotor da turbina (UG 01)

7. A Importância dos Equipamentos Reserva

20 → 2 reserva
Transformadores elevadores da Casa de Força Principal

4 → 1 reserva
Transformadores elevadores da Casa de Força Complementar

- **Distância crítica:** a distância entre os fabricantes e o canteiro, em plena Amazônia, amplia significativamente o prazo de reposição em caso de falha ou avaria.
- **Risco de fornecimento real:** a recuperação judicial do Consórcio IMPSA (dez/2014) exigiu a transferência de todo o seu escopo ao Consórcio ELM, evidenciando a importância de contingências.
- **Proteção do cronograma:** equipamentos reserva reduzem a exposição a atrasos de fabricação, transporte e insolvência de fornecedores.
- **Estratégia essencial** em empreendimentos remotos, onde o tempo de resposta logística é muito maior que em regiões com infraestrutura consolidada.

8. Sequência de Montagem e Marcos de Controle

- **Montagem eletromecânica iniciada em 2013,** conduzida de forma integrada ao avanço das obras civis.

- **Duas etapas no Sítio Belo Monte:** Circuito de Geração 1 (unidades geradoras 1 a 8) e Circuito de Geração 2 (unidades 9 a 18).

- **Marcos de controle por unidade geradora:** 24 itens de controle na Casa de Força Principal e 19 na Casa de Força Complementar, do revestimento do pilar à operação comercial.

- **Operações críticas:** descida do pré-distribuidor, do rotor da turbina e do rotor do gerador, sempre com apoio de pontes rolantes de grande capacidade.



Montagem das virolas dos condutos forçados

9. Operação: Primeira Década em Números (2016–2026)

255,2 TWh
energia elétrica produzida (abr/2016 a mar/2026)

37,2 TWh
maior geração anual, registrada em 2022

24
unidades geradoras em operação plena desde nov/2019

12.521
partidas acumuladas das unidades geradoras

73
grandes intervenções executadas (48 na CFP + 25 na CFC)

11.233,1 MW
capacidade total instalada, maior hidrelétrica 100% brasileira

- **Disponibilidade operacional acima do contratado:** entre 98,58% e 99,72% na Casa de Força Principal (ref. 97,08%) e entre 95,25% e 96,61% na Complementar (ref. 93,02%), no período 2021–2025.

- **Papel estratégico no SIN:** em 28/03/2026, Belo Monte gerou 8.749 MW, equivalentes a 11,35% da carga do Sistema Interligado Nacional naquele instante e 16,8% de toda a geração hidrelétrica do país.

Considerações Finais

Escala sem precedentes

A UHE Belo Monte representa um dos maiores desafios logísticos já enfrentados pelo setor hidrelétrico brasileiro.

Planejamento rigoroso

O sucesso do empreendimento dependeu de coordenação entre múltiplos fornecedores e sincronismo de equipamentos de grande porte.

Reservas estratégicas

Os equipamentos reserva mitigaram riscos e ajudaram a sustentar a disponibilidade operacional de até 99,72% alcançada na primeira década de operação (2016–2026).

Lições para o futuro

A experiência de Belo Monte reforça o planejamento logístico como pilar da engenharia de barragens em regiões remotas.

Patrocínio

SEMANA DE BARRAGENS 2026
DAMSWEEK 2026

PdA

SYSDAM

Intertechne

CONSAG
ENGENHARIA
UMA EMPRESA DO
GRUPO ANDRADE GUTIERREZ

COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES
INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS

Comité Brasileiro de Barragens

norteENERGIA
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE



Muito Obrigado!

Wagner Lellis dos Santos

Executivo de Manutenção

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS

www.cbdb.org.br | cbdb@cbdb.org.br

+55 21 2286-8674 | +55 21 98096-0609