

## USINA TERMELÉTRICA TERMOPERNAMBUCO SISTEMA DE RESFRIAMENTO COM ÁGUA DO MAR

**Gilson G. Krause**

**Abilio Francisco Alves Junior**

Gilson G. Krause

Promon Engenharia Ltda

gilson.krause@promon.com.br

abilio.alves@promon.com.br

*O Projeto da Usina Termelétrica Termopernambuco insere-se no Programa Prioritário de Termelétricas do Governo Federal. Trata-se de uma usina utilizando turbinas de combustão em ciclo combinado, com capacidade instalada de 520MWe, construída junto ao Porto de Suape, PE. A usina pertence à Guaraniã (Iberdrola, Previ, BBI) e foi construída por Consórcio formado pela Promon Engenharia com a Construtora Norberto Odebrecht. A operação comercial da usina teve início em 2004.*

*O projeto apresenta características especiais, por haver sido construído sobre aterro hidráulico de 450.000m<sup>3</sup>, no estuário do Rio Ipojuca e utilizar sistema de resfriamento direto (once-through) com água do mar, capaz de atender à usina construída (37980 m<sup>3</sup>/h) e uma possível duplicação futura da mesma. Tal localização e características implicaram projeto e construção cercados de cuidados especiais relativamente aos riscos tecnológicos e ambientais.*

*A concepção e a implantação do sistema de resfriamento contaram com suporte de especialistas de vários países, construção de modelo reduzido e numerosos levantamentos oceanográficos e simulações englobando, inter alia, perfil de temperatura ao longo da lâmina, dispersão de pluma térmica, retroespalhamento, marés, ondas e correntes, sedimentação e sólidos em suspensão.*

*A tomada d'água é feita junto aos arrecifes e os emissários de descarte de água quente devolvem a água ao mar @ cerca de 800m da costa. O sistema é dotado ainda de tanque dissipador de transientes de grandes dimensões. A temperatura da água na região implica considerações especiais no ciclo térmico da usina.*

*Neste artigo procura-se apresentar, de forma resumida, as características, os principais estudos e o histórico da implantação relativos ao sistema de resfriamento da Usina Termelétrica Termopernambuco.*

### 1. Introdução

Este artigo visa descrever o projeto da Usina Termelétrica Termopernambuco, construída junto ao Porto de Suape, PE, com destaque para a solução técnica adotada para a tomada de água de resfriamento da referida usina. A usina pertence à empresa Guaraniã, controlada pela Iberdrola, pela Previ e pelo BBI e fez parte do PPT – Programa Prioritário de Termelétricas do Governo Federal.

Termopernambuco é uma usina termelétrica utilizando duas turbinas a combustão e uma turbina a vapor em ciclo combinado, tendo gás natural como combustível. A usina tem 520MW de potência líquida nominal instalada, mas o projeto foi desenvolvido considerando uma possível duplicação futura. A linha de transmissão, partes da subestação e do sistema de resfriamento foram implementadas considerando a capacidade potencial futura.

A usina foi construída sobre área de aterro hidráulico no estuário do rio Ipojuca, junto ao mar. Foram analisadas várias opções para o sistema de resfriamento da usina, optando-se finalmente por um sistema direto (*once-through*) com água do mar. Esta solução para o sistema de resfriamento tem poucos exemplos no Brasil (e.g. UTN Alvaro Alberto, CST) e introduz complexidades adicionais ao projeto da usina termelétrica.

O projeto do referido sistema de resfriamento reuniu consultores/instituições de cinco países e a construção de um modelo reduzido na Alemanha. Foram ainda realizadas inúmeras campanhas de medição e modelagens das características físico-químicas da água, assim como das condições oceanográficas. A preocupação com a minimização dos impactos ambientais esteve sempre presente durante o desenvolvimento do projeto e da construção, contando com estreita fiscalização dos órgãos ambientais brasileiros e do BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento, principal entidade financiadora do empreendimento.

O empreendimento foi projetado e construído por um consórcio formado pelas empresas brasileiras Promon Engenharia e Construtora Norberto Odebrecht, sendo os equipamentos principais fornecidos pela GE. Neste artigo comenta-se a capacitação da engenharia brasileira para a realização deste tipo de empreendimento. O resultado representa um sucesso de engenharia, como apresentado a seguir.

## 2. Descrição da Usina - Importância da Temperatura de Foco Frio

A Usina Termelétrica Termopernambuco é uma central térmica em ciclo combinado utilizando gás natural como combustível. Utiliza dois conjuntos turbogeradores a combustão GE família 7FA (ciclo Brayton); os gases exaustos das turbinas passam por caldeiras de recuperação Doosan com pós-queima, produzindo vapor, cuja expansão ocorre em um conjunto turbogerador a vapor GE; o ciclo térmico (Rankine) se fecha no condensador e nas bombas de alimentação das caldeiras. No condensador o calor é cedido à água do mar, com circulação promovida por grandes bombas verticais. Além dos equipamentos principais a usina possui muitos outros equipamentos e cerca de 50 sistemas auxiliares.

A decisão de implantação de sistema de resfriamento direto (*once-through*) decorreu de inúmeros fatores. Face a dificuldades de abastecimento de água doce, foram avaliadas opções com condensação a ar, com uso de torres de resfriamento utilizando água salgada e finalmente com uso de sistemas diretos com água do mar. Por razões econômicas e técnicas a escolha final privilegiou a alternativa de resfriamento direto.

A eficiência do ciclo Rankine é influenciada, *inter alia*, pelas temperaturas do foco quente (descarga de gases das turbinas a combustão) e do foco frio (água de resfriamento). Na região do Porto de Suape, a temperatura da água se mantém com poucas alterações da região da rebentação até muitos quilômetros de distância da costa, havendo também diferença muito pequena entre a temperatura da superfície e aquela encontrada a até poucas dezenas de metros de profundidade. A temperatura média do mar na região é cerca de 28°C, podendo chegar aos 29°C, sendo esta a temperatura de referência para o projeto.

A temperatura da água é em média inferior à temperatura de bulbo seco do ar e um pouco superior à temperatura média de bulbo úmido do ar. A dispersão de temperaturas da água é menor que a do ar. Estes pontos, somados à melhor eficiência do resfriamento direto estão entre os parâmetros relevantes para a escolha adotada.

A escolha seguinte concerne o diferencial de temperatura adotado para o sistema de resfriamento. Quanto menor o diferencial, maior a vazão de água de resfriamento, maior o consumo de energia em bombeamento, menor a temperatura de descarga no mar, maior a eficiência do ciclo térmico (maior potência disponível) e maior o investimento. O calor cedido no condensador atinge, em regime normal e plena carga 312 MW.

Otimizando potência líquida (turbina a vapor menos auxiliares e bombeamento) e investimento (condensador, tubulações, bombas, chegou-se a uma vazão de 10 m<sup>3</sup>/s, para um diferencial de temperatura de 7,5°C.

A devolução da água aquecida ao mar deve ser feita de forma a garantir, @ 100m de qualquer ponto de descarte, uma variação máxima de 3°C em relação à condição original (sem a usina). O descarte também deve garantir que não haja curto-circuito (tomada de água aquecida). Estas foram as condições de partida para a concepção da tomada d'água.

No restante do projeto foram igualmente procuradas otimizações no dimensionamento de equipamentos e tubulações, cotejando investimento com eficiência do ciclo e consumo de energia em sistemas auxiliares.

A usina inclui um sistema de pós-queima, instalado junto à caldeira de recuperação, utilizando o mesmo combustível (gás natural) das turbinas a combustão. Apesar de configurar-se em perda de eficiência global da usina (esta parcela de combustível só influencia o ciclo Rankine), a pós-queima tem racionalidade comercial, cobrindo flutuações da potência disponível em função das condições ambientais, mas igualmente permitindo à usina comercializar energia no mercado secundário com baixo custo incremental de instalação.

A eficiência do ciclo, nas condições nominais, atinge 55,5% ISO, dentro do estado-da-arte da tecnologia de geração termelétrica.

Também é interessante ressaltar que o circuito de resfriamento movimentando 10m<sup>3</sup>/s e influenciado pelas longas tubulações de descarte (cf. infra), apresentava riscos consideráveis relativos a regimes transitórios. Foi feita análise de opções como chaminé de equilíbrio, tanque de acomodação, entre outras. A opção final foi a de um tanque de acomodação (*surge tank*) sendo o descarte da água a partir do mesmo feito por gravidade.

## 3. Implantação da Usina

Por diferentes razões técnicas e econômicas o local adotado para o projeto foi o complexo do Porto de Suape, o mais próximo possível do mar. Como o Porto de Suape já possuía licença ambiental para um aterro em sua área sul, no estuário do Rio Ipojuca, optou-se por promover o referido aterro, implantando-se a usina e respectiva subestação sobre o aterro. Para este aterro (com 470.000 m<sup>3</sup> de areia e 430.000 m<sup>3</sup> de enrocamento), conforme previsto na licença ambiental, foi utilizada areia dragada do leito do Rio Ipojuca, recuperando o mesmo de um nível elevado de assoreamento.

A implantação de complexo industrial do porte de uma usina termelétrica de 520MW sobre um aterro hidráulico adicionou complexidade ao projeto, que utilizou grande quantidade de estacas (14.000mL).

A localização do projeto introduziu ainda uma maior complexidade sob a ótica do meio ambiente. O aterro em zona de estuário, a ultrapassagem dos arrecifes e a interação com o ambiente marítimo levaram a cuidados especiais no

quesito ambiental. O BID (entidade financiadora de parte dos recursos do projeto) e o órgão ambiental do Estado de Pernambuco acompanharam de perto a implantação do projeto.

O consórcio Promon e CNO foi responsável pelo projeto, pela compra de equipamentos (turbinas e caldeiras foram compradas à GE pelo cliente final), pela construção civil, montagem, comissionamento e pré-operação da usina. Para isto, O consórcio assinou contratos com perto de 900 empresas fornecedoras de bens e serviços, em mais de 15 países diferentes. Destaca-se entre estes contratos o suporte de engenharia básica da empresa espanhola Empresários Agrupados, além dos contratos de consultoria para a tomada d'água detalhados mais a frente.

A implantação, incluindo a execução do aterro, levou cerca de 33 meses, utilizando um pico de mão de obra no canteiro superior a 2500 profissionais, quase exclusivamente utilizando profissionais brasileiros. Na definição das concepções de projeto, assim como do monitoramento de determinados parâmetros, em particular os relativos ao meio ambiente, foram utilizados serviços de três universidades brasileiras.

#### **4. Sistema de Captação e Descarte de Água no Mar (Tomada D'água).**

##### **4.1. Descrição Sucinta**

Neste item serão descritos os aspectos relacionados à concepção do projeto e da construção do sistema de captação e descarte de água no mar (*once through*) com a finalidade de resfriamento do condensador e dos trocadores de calor do sistema de resfriamento auxiliar da UTE Termopernambuco.

A vazão de captação de água no sistema é de aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/s para a primeira fase. As obras de infraestrutura relacionadas à captação e descarte de água no mar são previstas para contemplar uma ampliação futura de 100% da capacidade, de forma a não haver descontinuidade de operação da planta durante a implantação eventual de uma ampliação. Portanto, a capacidade de captação do sistema é de 20 m<sup>3</sup>/s, que corresponde à metade do consumo de água de uma cidade como Recife.

Vários condicionantes para o projeto e dificuldades locais tiveram de ser atendidos e/ou superados para a definição da solução a ser adotada. Dentre os mais relevantes cita-se:

- captação d'água a uma temperatura não superior à 29° C.
- velocidade de captação na faixa de 0,15 a 0,30 m/s.
- agitação máxima na entrada do tanque de captação de 0,30 m.
- limitação da pluma de dispersão da temperatura de descarte em 3°C acima da temperatura do corpo receptor, num raio de 100 m.
- Linha de arrecifes existente ao longo da costa com plataforma do arenito de dimensões aproximadas de 90 m de largura, espessura de 5 m e com topo na elevação +1,50 (aflorante na maré baixa).

O relatório de alternativas de solução, elaborado com critérios técnico-econômico-operacionais, concluiu pela solução em canal de aproximação, formado por molhes de proteção, comunicando-se com o tanque de captação e bombeamento. Este tanque, em concreto armado, construído na área do aterro hidráulico, tem a função de acomodar as bombas de circulação e o sistema de filtragem, composto de telas fixas com sistema de limpeza automática e telas rotativas para limpeza fina, além de guias para *stop-logs*. O descarte é composto de um tanque de acomodação ("*surge tank*") em concreto armado, construído também na área do aterro hidráulico e de 2 emissários em tubulação de PEAD (polietileno de alta densidade) com diâmetro de 1600 mm. Esse conjunto tem a função de conduzir a vazão de descarte da UTE até a distância de 800 m da costa, vazão esta dispersada adequadamente através de difusores nos últimos 120 m das tubulações. No trecho em terra, a condução da água captada até o condensador e o seu retorno ao tanque de acomodação se dá através de tubulação de aço carbono enterrada, revestida interna e externamente (diâmetro 90 ") e com a devida proteção catódica. A partir do estudo de transientes hidráulicos elaborado, foram instalados todos os dispositivos de proteção do sistema de forma a assegurar o perfeito funcionamento e a durabilidade das instalações.

A solução adotada atendeu aos requisitos ambientais previstos no EIA-Rima, adequou-se ao orçamento previsto e obteve a completa aprovação e satisfação do Cliente.

Nos projetos principais houve as seguintes colaborações:

- Estudo de dispersão e sedimentação - DHI -Danish Hydraulic Institute (Dinamarca);
- Projeto dos Emissários em PEAD e Projeto Hidráulico do Tanque de Acomodação - Zentech Belgium (Bélgica);
- Projeto Hidráulico do Tanque de Captação e Ensaio em Modelo Físico – KSB Fluid Systems - Universidade de Kaiserslautern (Alemanha);
- Estudo dos Transientes Hidráulicos – Koelle Engenharia (Brasil);

- Estudos de Refro-difração, projeto básico e executivo dos molhes de proteção – INPH – Instituto de Pesquisas Hidroviárias (Brasil).

#### 4.2. Histórico Fotográfico da Implantação



Figura 1. Condição das obras da UTE em agosto/2002. Destaque para as obras da Tomada D'água ainda não iniciadas.



Figura 2. Início das obras dos molhes de proteção em outubro/2002.



Figura 3. Canal de Captação ainda fechado e o de descarte ainda por ser aterrado após a instalação completa dos emissários (foto em agosto/2003).



Figura 4. Canal de Captação aberto e o de descarte ainda sem o aterro, durante a fase de instalação dos emissários (foto em outubro/2003).



Figura 5. Condição final das instalações da Tomada D'água.

## 4.2. Estudos e Levantamentos Realizados

### 4.2.1. Levantamentos de Campo

Tendo em vista os fatores que influenciam na tomada de decisão para a solução a implantar, foram necessários vários estudos e levantamentos oceanográficos. Seis estações na região da captação e descarte foram estrategicamente definidas e, em cada uma delas, foram feitas as medições (no período de junho/01 a janeiro/02) e coletas para o conhecimento das condições locais. Dentre as mais importantes podemos citar:

- Medições da distribuição vertical da temperatura ao longo da lâmina d'água, da salinidade e do retro-espalhamento óptico;
- Medições de correntes, ondas e ventos;
- Medições da quantidade de sólidos em suspensão;
- Coleta de sedimentos do leito do mar para classificação.
- De fundamental importância foram também executados os levantamentos de caráter topográfico e/ou geotécnico, a saber:
  - Batimetria de toda a área afetada pela captação e descarte;
  - Sísmica da mesma área;
  - Nivelamento do perfil dos arrecifes;
  - Sondagens a percussão e rotativas;
  - Levantamento por scan sonar da faixa do leito do mar a ser ocupada pelos emissários submarinos.

Para conhecer o potencial de incrustação (cracas, etc.) nos equipamentos envolvidos no sistema de captação, resfriamento e descarte, foi elaborado um plano de coleta de amostra de água da região da captação, ao longo de um período de 6 meses, para ensaios em laboratório. Além das amostras da água, amostras de aço e polietileno (PEAD) foram imersas no oceano, na área da captação, e analisados em períodos distintos (15 dias, 1, 2, 3 e 6 meses) para o conhecimento da incrustação *in loco*.

Os ensaios visaram a definição da concentração de hipoclorito a ser utilizada na injeção junto ao tanque de captação, para eliminar/minimizar os efeitos da incrustação nos equipamentos.

Coletas de amostras da área da captação e do descarte também foram efetuadas para estudos ambientais. Estes estudos foram de grande monta, visando conhecer as condições da região afetada pelas obras da Tomada D'água antes da sua implantação. Em períodos sucessivos, após a entrada em operação da UTE, serão também elaborados estudos semelhantes para os devidos efeitos comparativos e eventuais ações compensatórias.

#### 4.2.2. Modelagens Física e Matemática

Ao longo do desenvolvimento do projeto, dentre os estudos realizados, várias simulações com modelos matemáticos foram realizadas, de forma a buscar a melhor otimização das implantações a serem efetuadas.

As que cabem destaque são:

- Modelagem matemática para os estudos de refro-difração da ondas provenientes do largo em direção à costa;
- Modelagem matemática da redução de energia das ondas ao longo do canal de captação;
- Modelagem matemática do transporte de sedimentos na região da captação;
- Modelagem matemática da dispersão da pluma térmica, de forma a atender as rigorosas prescrições ambientais do BID e assegurar o não curto-circuito na captação;
- Modelagem matemática para simular o eventual acréscimo de temperatura da água na região da captação devido à implantação dos molhes de proteção;
- Modelagem dos transientes hidráulicos e dimensionamento do tanque de surge.

Para a melhor otimização das dimensões do tanque de captação, bem como assegurar a perfeita captação junto às bombas (evitando vórtices e efeitos perturbadores), foram realizados ensaios da captação em modelo físico (escala 1:10), trabalho este contratado junto à Universidade de Kaiserslautern, na Alemanha. Durante os ensaios no modelo físico foi possível simular as várias condições de operação, tais como: vazão máxima x maré mínima; vazão mínima x maré máxima; 120 % da vazão nas duas condições, etc.

Vale destacar a presença das duas bombas de captação (sistema de resfriamento principal e o auxiliar de componentes da planta) na mesma célula de captação. Esta condição só é possível se o comportamento for verificado através de ensaios em modelo físico pois do contrário se introduziriam riscos operacionais. A otimização das dimensões do tanque foi bastante significativa o que redundou numa economia não só de custos da implantação do tanque de captação como também no prazo de execução.

#### 4.3 Sistemas Construtivos

Todas as obras que envolvem o Sistema de Captação e Descarte de Água no Mar têm, cada uma, o seu caráter particular. As condições locais e a natureza das obras trouxeram desafios na construção que, de longe, fogem da sistemática convencional de construção.

As quantidades e volumes envolvidos nas obras principais foram os seguintes:

- pedras dos molhes que formam o canal de captação e a proteção do aterro de areia sobre os emissários = 180.000 m<sup>3</sup>.
- Aterro de areia sobre os emissários = 50.000 m<sup>3</sup>
- Derrocagem de arrecifes = 30.000 m<sup>3</sup>.
- Revestimento dos canais com colchão reno = 6.000 m<sup>2</sup>.
- Concreto dos tanques de captação e acomodação = 3.000 m<sup>3</sup>.
- Comprimento dos emissários = 1600 m (2x800) de tubos em PEAD com diâmetro de 1600 mm.
- Concreto para ancoragem dos emissários = 1400 m<sup>3</sup>
- Tubulação de aço carbono revestido = 350 t

##### 4.3.1 Construção dos Molhes

A concepção dos molhes foi definida pelo sistema convencional e não pelo sistema de berma, tendo em vista as limitações de espaço disponível, condições locais da batimetria e o tempo escasso para a sua concepção. Foram

definidas várias etapas da construção de forma a contemplar também a execução simultânea de outras obras, quais sejam: derrocagem dos arrecifes e construção dos tanques.

Os molhes que formam o canal de captação, com comprimento de cerca de 200 m iniciam-se na proximidades dos tanques de captação e acomodação e atingem a batimetria 9 (9,00 m de lâmina d'água a partir da maré mínima). A primeira etapa de construção atingiu o nível +4,00 (4,00 acima da maré mínima) em toda a sua extensão, nível este considerado seguro para os trabalhos de construção do molhe, tendo em vista a possibilidade de ressacas ao longo do período de execução.

A construção do molhe adicional previsto para a proteção dos emissários na zona de arrebentação seguiu paralelamente à construção dos outros dois. Após a conclusão desta etapa foram iniciados os trabalhos de derrocagem dos arrecifes.

As etapas seguintes foram as de conclusão dos cabeços dos molhes na altura de projeto (cota +8,00).

#### 4.3.2. Derrocagem dos Arrecifes

Certamente esta foi a obra que envolveu maior cuidado com impactos no meio marinho, já que a derrocagem se deu através de detonação de explosivos. As exigências impostas pelo BID, financiador parcial do empreendimento, foram de extremo rigor, o que exigiu cuidados especiais neste trabalho, além daqueles convencionais inerentes deste tipo de serviço.

Ensaio sísmicos, com pequena quantidade de explosivos, foram efetuados de forma a se conhecer a equação de propagação da onda. A partir disso, foi possível definir o plano de fogo de forma a atender a fragmentação necessária para a remoção e também aos requisitos impostos ao meio marinho relativos à pressão de impacto e velocidade de vibração.

O fechamento das áreas a serem derrocadas para a instalação de um aterro provisório visou, além da execução dos trabalhos de furacão e instalação dos explosivos a seco, contribuir com a mitigação dos impactos ambientais. Os aspectos de segurança na execução dos trabalhos também foram favorecidos pela instalação deste aterro.

Foram realizadas, na região de influência, medições na água do mar, imediatamente antes e após as explosões, de forma a observar e registrar os impactos observados no meio marinho: temperatura, turbidez e salinidade não se alteraram devido aos trabalhos de detonação.

Todos os trabalhos de detonação foram monitorados através da instalação de sismógrafos em pontos estratégicos, de forma a monitorar a vibração provocada pelas detonações, as quais ficaram, todas elas, abaixo do estimado através de cálculos teóricos.

As medidas mitigatórias para a minimização dos impactos ambientais foram bastante efetivas tal que, nenhuma anormalidade foi observada e nenhum peixe foi encontrado morto devido aos trabalhos de detonação dos arrecifes.

A remoção do material derrocado foi executada através de escavadeira e *clam-shell*. Após a remoção do material, foi executado um controle da batimetria dos canais de captação e o provisório para instalação dos emissários, de forma a atingir a configuração prevista em projeto. O fundo do canal de captação foi revestido com colchão reno (gaiolas preenchidas com pedras) associado à uma manta geotextil, de forma a assegurar a estabilidade permanente deste fundo. Este revestimento avançou nos taludes laterais onde não se encontrou rocha, ou seja, sobre areia. Os trabalhos de detonação, remoção do material e revestimento do fundo do canal, foram executados num período de 6 meses.



Figura 6. Fase de construção do aterro de areia para os trabalhos de derrocagem dos arrecifes.

### 4.3.3. Construção dos Tanques

Para a construção dos tanques de captação e acomodação, medidas especiais tiveram que ser adotadas. O rebaixamento do lençol freático e a manutenção deste rebaixamento durante todo o tempo de execução destes tanques, foi imprescindível para assegurar o bom ritmo de trabalho e as condições de segurança. Em especial para o tanque de captação, foi executado um sistema de paredes diafragma, com tirantes, para permitir a escavação, já que não se dispunha de área para a escavação em talude, como foi executado para o tanque de acomodação.

As lajes intermediárias do tanque de acomodação, cuja função precípua é de retirar a energia da água que chega após o resfriamento do condensador e evitar a entrada de bolhas de ar nos emissários, foram executadas em concreto pré-moldado, em painéis que permitiram o transporte e instalação de forma segura e rápida. O tanque de captação e o de acomodação foram projetados e construídos para atender a futura ampliação da UTE. O tanque de captação é constituído de 6 células independentes, sendo 3 para a fase atual e 3 para a futura. O tanque de acomodação é constituído de 2 células, uma para a atual e outra para a ampliação futura.

A conexão dos emissários ao tanque de captação é feita através de carretel em tubo de aço com flange. Pelo fato de estar o tanque de captação em construção durante os trabalhos de detonação, foi executado um rigoroso controle da vibração das ondas sobre a estrutura do tanque de forma a assegurar a integridade do mesmo. Devido à comunicação direta do tanque com o canal de captação, as janelas de entrada da água do canal nas células de captação foram executadas após a instalação dos equipamentos de filtragem, bombas, etc. Foi utilizado um sistema de corte de concreto submerso. O trabalho foi rápido e bem sucedido. A construção dos dois tanques foi executada num período de 5 meses, dentro do cronograma previsto.

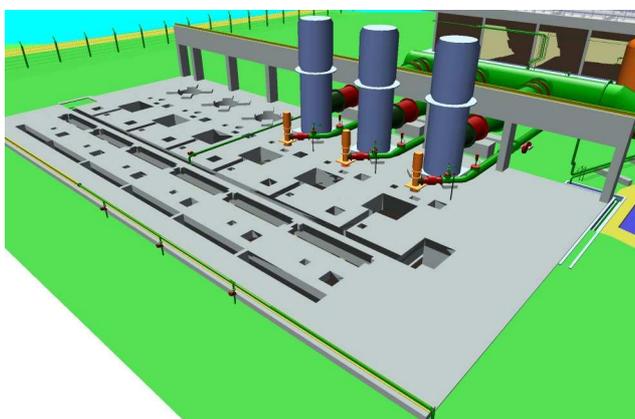


Figura 7. Foto de maquete eletrônica do Tanque de Captação.

### 4.4. Instalação dos Emissários Submarinos

Os estudos de logística para a instalação dos emissários começaram já no transporte dos tubos de PEAD da fábrica na Noruega até o local da obra. O transporte transoceânico foi feito através de reboque dos tubos (flutuando). Os tubos foram fabricados em 4 partes de 400 m, de forma a compor dois emissários de 800 m.

O transporte da fábrica até o porto de Suape (local das obras) foi realizado em 30 dias.

As tubulações ficaram abrigadas na parte interna do porto de Suape até o início dos trabalhos de preparação da condição final dos tubos, ou seja, a instalação dos anéis de concreto (ancoragem dos tubos) e as emendas. Os anéis foram instalados nos tubos junto ao cais do lado externo do porto de Suape, e para esta instalação foi elaborado um plano sistemático, com várias peças fabricadas especialmente para a montagem, já que os anéis teriam que ser instalados com a tubulação em água (flutuando). Os trabalhos foram realizados nos trechos de 400 m, devido a limitação das dimensões do cais, e após esses trabalhos, os trechos foram emendados, dois a dois, com a utilização de guindaste sobre flutuante, na parte interna do porto de Suape (região mais abrigada).

Os emissários de PEAD têm um sistema particular de instalação, já que os tubos, mesmo após a instalação dos anéis de concreto para ancoragem, flutuam. Eventualmente, alguns trechos da tubulação, por exigência de projeto, podem ser sobrepesados, e neste trechos, bóias provisórias são instaladas para permitir a flutuação até o seu afundamento. Este afundamento é realizado através de válvulas, que permitem a entrada de água na tubulação e saída de ar, de forma controlada.

Cuidados especiais foram tomados no planejamento para a instalação das tubulações na sua posição definitiva o qual envolveu, desde as licenças de autoridades portuárias, mobilização de cerca de 10 embarcações (6 rebocadores, lancha rápida, barco de compressores, etc), mobilização de cerca de 60 pessoas entre engenheiros, mergulhadores, técnicos de segurança, médico, auxiliares, etc, interrupção de fluxo de navios no porto e, principalmente, análise de condições adequadas de clima e do mar.

Cada emissário, com 800 m de comprimento, pesava cerca de 2.500 ton e seu percurso até o local de instalação foi de aproximadamente 8 km. O primeiro emissário foi instalado no dia 22 de outubro de 2003 e a operação durou cerca de 11 horas. O segundo foi instalado no dia 28 de outubro, e por dificuldades não ocorridas no primeiro, a operação levou cerca de 22 horas.

Após a instalação, foram executados levantamentos batimétricos para o registro da posição final dos emissários além de uma filmagem submarina para assegurar o perfeito assentamento das tubulações no leito do mar. Os difusores - furos na tubulação de diâmetro 175 mm, previstos a cada 2 m, nos últimos 120 m da tubulação - foram executados após as tubulações assentadas no leito do mar, através de mergulhadores com furadeira hidráulica. Foram executados 120 furos num prazo de 15 dias.

A conexão dos emissários com o tanque de acomodação teve que ser feita através de peças de ajuste, devido à incerteza da posição final do emissário durante o afundamento. O trecho de ajuste foi medido após a tubulação assentada, através de gabaritos montados para este fim, já que essas medidas deveriam ser realizadas abaixo d'água. As peças de ajuste foram então fabricadas em aço carbono e instaladas com sucesso. O canal provisório executado para a instalação dos emissários foi então fechado com o molhe de proteção definitivo e, na seqüência, realizado o aterro de areia sobre a tubulação.

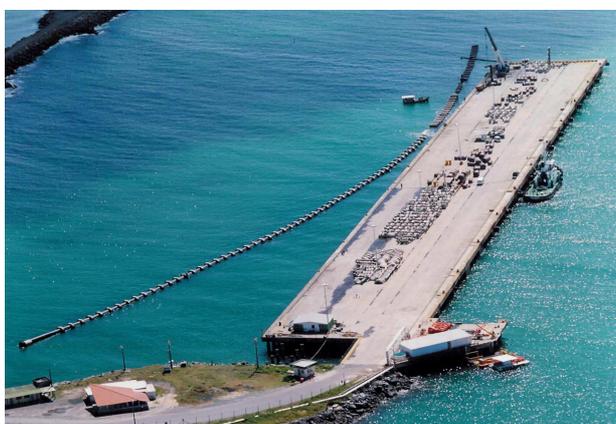


Figura 8. Trabalhos de instalação dos anéis de concreto no cais do porto de Suape – área externa.



Figura 9. Aproximação do emissário junto ao tanque de acomodação.

## **5. Conclusões**

A implantação da Usina Termelétrica Termopernambuco inseriu-se em um programa do Governo Brasileiro para aumentar a capacidade de geração de energia elétrica de origem térmica no país. Foram estabelecidas condições para direcionamento de investimentos para tal. Na versão inicial do programa previa-se a implantação de cerca de 50 projetos de usinas termelétricas a gás. Cerca de 20 foram implantadas ou estão em implantação. Apesar da pouca experiência passada em empreendimentos similares (somente duas usinas em ciclo combinado foram implantadas no Brasil antes deste programa), da simultaneidade deste projeto com aquecimento do mercado mundial de térmicas a gás, pode-se dizer que a engenharia nacional obteve grande sucesso.

Como já aconteceu outras vezes, a capacitação correlata hoje corre o risco de dispersar-se, pois se antecipa um período sem novos projetos. Face a um risco relevante de retração de investimentos no setor, é possível que o país tenha necessidade, no médio prazo (2-3 anos) de implantar novamente várias usinas térmicas. Parte do esforço de consolidação de capacitação técnica terá sido perdido. A dimensão política industrial é raramente parte dos planejamentos setoriais.

De toda forma, se pode dizer que, mesmo em projetos com complexidade adicional decorrente de especificidades locais, como foi o caso da Termopernambuco, a engenharia nacional obteve desempenho adequado. A usina termelétrica Termopernambuco, com destaque especial para seu sistema de resfriamento, constituem hoje exemplos relevantes da nossa engenharia.

Cabe, em conclusão, destacar que o cliente (Guaraniana S.A), em particular através de seu sócio operador – Iberdrola – teve participação relevante, acreditando na engenharia brasileira, discutindo e apresentando sugestões ao longo do desenvolvimento do projeto, colaborando para o sucesso do empreendimento.