



GRUPO - II

GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO-CONVENCIONAIS - GPT

**EXPERIÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DE TERMELÉTRICAS A CARVÃO NO BRASIL COM
FORNECIMENTOS PROVENIENTES DE ECONOMIAS EMERGENTES**

**JOÃO AUGUSTO RIBEIRO FONTOURA
PROMON ENGENHARIA LTDA. (*)**

**CARLOS FREDERICO PACHECO FURTADO
COMPANHIA VALE DO RIO DOCE**

RESUMO

As novas regras do Setor Elétrico, bem como a demanda de energia, criaram condições para o ressurgimento das termelétricas a carvão no Brasil. Estas UTEs se caracterizam, em geral, pelo custo de implantação mais elevado do que o associado às demais alternativas termelétricas, o que motivou a busca de fornecedores provenientes de economias emergentes.

Neste artigo é relatada a experiência vivida pela Promon no desenvolvimento de fornecedores chineses, como parte do Projeto UTE Barcarena, 600 MW, da Companhia Vale do Rio Doce (Vale). O empreendimento se baseia no fornecimento de parte do projeto de engenharia, de equipamentos e materiais que compõem uma UTE convencional a carvão, a ser instalada no distrito industrial de Barcarena, Pará.

São discutidas as práticas gerenciais que mais têm contribuído para o desenvolvimento do projeto, e abordados os aspectos mais relevantes do projeto chinês, especialmente no que diferem das normas e procedimentos usuais no Brasil.

PALAVRAS CHAVE

Termelétricas a carvão; fornecimentos chineses.

1.0 - INTRODUÇÃO

As regras introduzidas recentemente no Setor Elétrico, com o advento dos leilões de energia nova, bem como o acentuado crescimento da economia até 2008, criaram novas oportunidades para o ressurgimento das termelétricas a carvão no Brasil.

Para a Vale, o empreendimento está associado à consolidação do setor de carvão para desenvolvimento de negócios, concessão de minas e aquisição de empresas, como estratégia de redução dos riscos de suprimento e de minimização das oscilações no custo do insumo.

Neste contexto, as UTEs a carvão se mostram atrativas devido ao custo mais acessível do combustível, se comparado ao gás natural ou aos óleos combustíveis – mesmo em locais distantes das minas. No entanto estas UTEs se caracterizam, em geral, pelo custo de implantação mais elevado do que o associado às demais alternativas termelétricas. A necessidade de otimizar o custo de implantação de forma a se obter um custo competitivo para a energia motivou a busca de fornecedores oriundos de economias emergentes, em particular da China, onde a grande oferta de carvão mineral levou a indústria local a se capacitar tecnologicamente.

Neste artigo é relatada a experiência obtida no desenvolvimento de fornecedores chineses, desde o estudo de pré-viabilidade até o projeto executivo da UTE Barcarena, 600 MW. O empreendimento se encontra em fase de implantação e se baseia no fornecimento chinês de equipamentos e materiais que compõem os sistemas *on-site* de uma UTE a ciclo Rankine convencional subcrítico, a carvão pulverizado, a ser instalada no distrito industrial de Barcarena, no Estado do Pará. A construção civil e a montagem eletromecânica serão executadas com recursos e tecnologia nacionais, e com assistência técnica de campo chinesa para os principais equipamentos.

A Figura 1 mostra o aspecto geral da UTE, com duas unidades de 300MW brutos. Cada unidade conta com uma caldeira e um turbogerador a vapor. Os sistemas auxiliares (*BOP – Balance of Plant*) são comuns às duas unidades. A escolha da capacidade instalada e da configuração (com duas unidades) levou em conta a disponibilidade de modelos *standard* da linha de fabricação de turbinas e caldeiras dos principais fornecedores chineses.



Figura 1 – Vista Geral da UTE Barcarena, 600MW

A cultura técnica chinesa, embora bem estabelecida e dotada de recursos modernos, se baseia amplamente na aquisição de tecnologia e posterior reprodução de projetos com o benefício da economia de escala. Isto naturalmente implica importantes ajustes em relação aos seus padrões usuais, para adequá-los à realidade brasileira, tanto em aspectos técnicos (normas e padrões mandatórios brasileiros e práticas de construção locais) quanto gerenciais (requisitos específicos do Cliente e garantias contratuais). Requer acompanhamento e apoio constantes e liderança firme, com rígido controle da documentação, de pendências e de prazos, e estrita observância das condições contratuais.

2.0 - A ADEQUAÇÃO DO PROJETO PADRÃO CHINÊS À REALIDADE BRASILEIRA

A seguir são abordados os aspectos técnicos mais relevantes das principais disciplinas (especialidades de engenharia) do projeto chinês, especialmente no que diferem dos métodos e procedimentos usuais no Brasil.

2.1 - Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho

O atendimento às Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho é mandatório em qualquer obra ou atividade industrial no país. A seguir são abordadas as NRs que exigiram maior atenção quanto à adequação do projeto padrão chinês.

2.1.1 – NR-10

Os principais requisitos de segurança e de intertravamento foram traduzidos e apresentados ao fornecedor responsável pelos conjuntos de manobra de média tensão, o que motivou a discussão dos ensaios sobre resistência a arco previstos na norma chinesa e os requisitos atuais das normas IEC e ABNT.

2.1.2 – NR-13

Os seguintes itens exigiram adaptação do projeto chinês:

- Documentação para os prontuários dos equipamentos: foi preparado um extenso roteiro, aplicável às caldeiras e a cerca de outros 30 vasos de pressão, para que os fornecedores chineses apresentassem, no formato e com o conteúdo correto, todos os dados de fabricação e testes necessários.
- Dispositivos de alívio e medição de pressão: foram verificados todos os pontos em que eram requeridos válvulas de alívio e manômetros, sendo adicionados alguns faltantes;

- Pintura e identificação de vasos: indicação de categorias e *tags* nos costados dos vasos de pressão. A aplicação das normas ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), que abrangem os temas da NR-13, não foi exigida, tendo sido mantido o padrão chinês.

2.1.3 – NR-22

Esta Norma, aplicável à segurança e à saúde ocupacional, e específica para a atividade de mineração, é também aplicável ao projeto por força da ampla utilização de sistemas de manuseio de carvão, calcário e cinzas. Está, portanto, associada à atividade principal da Vale.

As Delegacias Regionais do Trabalho observam principalmente os seguintes itens cobertos por esta NR: transportadores contínuos; plataformas, passarelas, passadiços e escadas; equipamentos de guindar; cabos e polias; proteção contra poeira; sinalização; instalações elétricas; prevenção contra explosão de poeira de carvão.

Outras NRs tais como NR-8 (Edificações), NR-20 (Líquidos e Combustíveis Inflamáveis), NR-23 (Proteção contra Incêndio) e NR-25 (Resíduos Industriais) foram verificadas e o projeto adequado conforme a necessidade.

2.2 - Resoluções CONAMA

As Resoluções CONAMA foram objeto de requisitos contratuais específicos, que determinaram as garantias de performance associadas à qualidade dos efluentes gasosos e líquidos.

As emissões gasosas no ponto de lançamento (chaminé da UTE) são reguladas pela Resolução CONAMA nº. 08/90, bem como pelas diretrizes do IFC/Banco Mundial 2008 (*IFC Environmental Health and Safety Guidelines – Thermal Power Plants*), conforme Tabela 1 a seguir. Na tabela são apresentadas também as tecnologias utilizadas no abatimento de cada composto.

Tabela 1 – Efluentes Gasosos da UTE Barcarena e seus respectivos limites

| Item | Unidade | Carvão de projeto ⁽¹⁾ | IFC/Banco Mundial | Resolução Conama N° 08 |
|---|------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Teor de Cinzas no carvão | % | 6,5 | - | - |
| Teor de Enxofre no carvão | % | 0,85 | - | - |
| Consumo de carvão | t/h | 2 x 106 | - | - |
| Eficiência do <i>Precipitador Eletrostático</i> (PE) | % | 99,75 | - | - |
| Emissão de Material Particulado após PE | kg/h | 2 x 21,0 | - | - |
| Concentração de Material Particulado após PE | mg/Nm ³ | 28 | 50 ⁽²⁾ | - |
| Concentração de Material Particulado após PE | g/10 ⁶ kcal | 34,87 | - | 800 |
| Eficiência do Sistema de Dessulfurização (<i>FGD – Flue Gas Desulfurizer</i>) | % | 90 | - | - |
| Emissão de SO ₂ após FGD | t/h | 2 X 0,16 | - | - |
| Concentração de SO ₂ após FGD | mg/Nm ³ | 157 | 200 a 850 ⁽²⁾ | - |
| Concentração de SO ₂ após FGD | g/10 ⁶ kcal | 235 | - | 2000 |
| Concentração de NOx sem SCR (<i>Selective Catalytic Reduction</i>) | mg/Nm ³ | 450 | 510 ⁽²⁾ | - |

- Nota (1): Emissão nas condições de vazão máxima da caldeira;

- Nota (2): Padrão de emissão para áreas não degradadas.

Os limites de emissões estabelecidos pela legislação brasileira, em adição aos limites do IFC/Banco Mundial, determinaram a necessidade da utilização de precipitadores eletrostáticos para abatimento de material particulado, de queimadores de baixa emissão para redução de óxidos de nitrogênio (NOx) e dessulfurizadores úmidos (FGD – *flue gas desulfurizer*) para abatimento de emissões de óxidos de enxofre (SOx).

As emissões gasosas são monitoradas *on-line* a partir de sensores montados na chaminé e que compõem o sistema CEMS (*Continuous Emissions Monitoring System*), prática usual nas termelétricas instaladas recentemente no Brasil. Este sistema permite a vigilância dos padrões de emissão por parte da operação da UTE e do órgão ambiental. São previstos ainda monitores de campo para medir a dispersão atmosférica.

O lançamento de efluentes líquidos é regulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, e seu atendimento exigiu a utilização de sistemas de filtragem, neutralização e monitoração *on-line* da temperatura, ph e vazão finais do efluente.

Os sistemas chineses atenderam sem adaptações relevantes aos limites de emissões gasosas. Porém, no caso dos efluentes líquidos, foi necessário um maior rigor no sentido de garantir a coleta adequada de todas as correntes efluentes, algumas das quais, no projeto padrão chinês, poderiam ser dispostas na rede pluvial.

2.2 – Procedimentos de Rede do ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico)

Na fase inicial de negociação os requisitos foram traduzidos e apresentados, passando a ser item contratual mandatário para os fabricantes dos conjuntos turbina-gerador.

Pela divisão de responsabilidades adotada, que determinou o fornecimento da subestação de alta tensão por fabricantes nacionais (o limite de fornecimento chinês é definido como as buchas de alta tensão dos transformadores elevadores), o aspecto das interfaces com o ONS e o agente a ser conectado ficou facilitado.

A obtenção de dados do projeto dos equipamentos se tornou mais complexa pela necessidade de adaptação do projeto chinês para a frequência de 60 Hz e a consequente inexistência de dados de referência de outros projetos nesta frequência, bem como por diferentes orientações no projeto das máquinas principais.

Para itens com necessidade de certificação por entidades nacionais, como a medição da geração bruta, recomendou-se a compra dos respectivos equipamentos de fornecedores nacionais certificados, estratégia que foi usada para outros itens tais como equipamentos para uso em áreas classificadas.

2.3 – Normas brasileiras de projeto civil

O escopo de projeto civil foi dividido de forma que as fundações ficassem a cargo da Promon. Como a construção civil estará a cargo de empreiteiras nacionais, as normas brasileiras foram empregadas.

Quanto ao projeto de superestruturas em geral, foi prestada especial atenção às condições de carga de vento e sísmicas, bastante diferentes das usuais na China. Em vista da dificuldade em impor as normas brasileiras de dimensionamento, optou-se pelo emprego da AISC (*American Institute for Steel Construction*) para estruturas metálicas, e o Eurocode 2 para verificação das estruturas de concreto dimensionadas pela norma chinesa.

O conteúdo do projeto de edificações foi adequado de forma a poder compor a documentação para aprovação junto ao Corpo de Bombeiros e à Prefeitura.

2.4 – Equivalências e divergências entre as normas chinesas e as normas internacionais de referência

A indústria chinesa acumula uma grande experiência no projeto e construção de UTEs a carvão, já que cerca de 70% de sua geração elétrica provém do carvão mineral.

As tecnologias de fabricação de caldeiras, turbinas e demais componentes provém em geral de antigos projetos americanos e europeus. Muitos fabricantes ocidentais estão estabelecidos hoje em dia na China, mas existem inúmeros fabricantes locais que competem em porte e em produção – este artigo trata destes últimos.

A experiência mostrou que a aderência a normas internacionalmente reconhecidas é irregular, de acordo com a política de cada fabricante: enquanto alguns as utilizam com desenvoltura, outros relutam em desviar dos padrões usuais chineses. O Governo chinês, através do seu *Standardization Administration of the People's Republic of China* (SAPRC ou SAC) tem despendido esforços no sentido de aumentar o grau de normatização e de adequá-lo a padrões mais familiares à cultura ocidental (Ref.1).

Entre as normas e padrões aceitos internacionalmente, e que em geral são referidos em contratos, destacam-se as seguintes:

2.4.1 NFPA (*National Fire Protection Association*)

A adequação à NFPA foi o requisito contratual que garantiu o atendimento à norma brasileira visando à aprovação junto ao Corpo de Bombeiros local e aceitação pela seguradora. Foi realizada uma auditoria completa do projeto chinês, em que se constataram as seguintes necessidades:

- Re-dimensionamento do tanque e das bombas de água de incêndio, originalmente com capacidades insuficientes;
- Seleção das áreas adicionais a ser protegidas, tais como linhas de óleo lubrificante;
- Sistema de proteção dos transformadores;

2.4.2 IEC (*International Electrotechnical Commission*)

As normas chinesas seguem o IEC de forma bastante próxima, não tendo sido necessários ajustes relevantes.

2.4.3 KKS (*Kraftwerk Kennzeich System* – Sistema de identificação de Usinas)

Atualmente o KKS é o sistema que melhor identifica usinas termelétricas, e tem sido utilizado de maneira cada vez mais ampla. Embora os fornecedores chineses estivessem preparados para utilizá-lo, foi empregado o sistema de identificação próprio da Vale, com as devidas adaptações para uma UTE, de forma a manter a consistência com o sistema usado no controle dos ativos da empresa.

2.4.4 AWS (*American Welding Society*) e ASTM (*American Society for Testing and Materials*)

A imposição da AWS se fez necessária devido à divisão de escopo definida para o projeto, em que todo o trabalho de soldagem de campo será executado por empreiteiras nacionais. A utilização de normas de soldagem muito diversas resultaria em dificuldades na qualificação de procedimentos e de soldadores e inspetores, bem como em possíveis problemas de qualidade.

Foi solicitado o estabelecimento da equivalência de especificação de materiais entre as normas chinesas e o ASTM, visando também facilitar os procedimentos de construção e montagem.

2.5 – A conversão do projeto *standard* chinês em 50Hz para 60Hz

Entre os subfornecedores de turbogeradores constantes do *Vendor List* original, apenas um deles possuía experiência anterior na fabricação de equipamentos em 60Hz; mesmo assim, tratava-se de um único turbogerador a vapor ainda em fase de construção. Os acordos de transferência de tecnologia apresentados não contemplavam a frequência de 60Hz, e estes acordos aparentemente foram substituídos com o desenvolvimento de uma tecnologia própria.

Nestas condições, iniciou-se uma extensa auditoria sobre o projeto e a fabricação dos turbogeradores. Todas as demais máquinas rotativas tiveram que atender às mesmas exigências em relação à conversão. Os seguintes aspectos do projeto foram diligentemente acompanhados:

- Redimensionamento do eixo e reavaliação das velocidades críticas;
- Redimensionamento dos mancais e do sistema de lubrificação;
- Redimensionamento do enrolamento do gerador;
- Sistemas de excitação e de controle.

Foram realizadas reuniões de avaliação do projeto eletromecânico, com a presença de consultores externos, tendo sido discutidos os detalhes de dimensionamento do conjunto e ficando acordado o acompanhamento de testes a serem realizados da máquina de 60 Hz em fabricação.

2.6 – Adaptação do conteúdo técnico da documentação de engenharia para construção

É certo que o projeto executivo proveniente de outros países, mesmo daqueles de que herdamos a nossa cultura técnica, em geral apresenta diferenças na apresentação e na profundidade do detalhamento, em relação ao que usualmente se produz no Brasil. O mesmo se dá em relação ao conteúdo da documentação técnica chinesa, o que requer uma forte *tropicalização* da documentação para que ela possa suportar o andamento da obra sem atrasos e refazimentos.

Entre as principais diferenças em relação ao grau de detalhamento podem-se citar as seguintes:

- Projeto de tubulação não contava com um *pipe spec* específico, sendo relativamente pouco padronizado e regulado quanto à utilização de materiais e componentes;
- Não era previsto o detalhamento de tubulações de 2" e menores;
- Não era previsto o detalhamento de circuitos elétricos em eletrodutos aéreos;
- Nível de profundidade das especificações técnicas de equipamentos relativamente baixo;
- Documentação técnica de subfornecedores diferente do padrão do fornecedor principal;
- Falta de codificação de partes e componentes de sistemas (pacotes);
- Falta de referências cruzadas entre documentos relacionados.

2.7 – Critérios de pré-fabricação e pré-montagem

Desde a fase inicial de desenvolvimento do negócio, foi possível constatar que o benefício de custo obtido na aquisição de produtos chineses advém principalmente do baixo custo de sua mão-de-obra, e não necessariamente do custo de sua matéria prima.

Por exemplo, ao se compararem custos de estruturas metálicas fornecidas no Brasil e na China, concluiu-se que o custo final da estrutura instalada na China variava bastante em relação ao brasileiro, devido aos custos de montagem. Esta parece ser a principal razão pela qual o projeto chinês tende a conter um grau de pré-fabricação menor do que o esperado no nosso mercado, já que na China é possível – e talvez desejável – mobilizar-se

grandes contingentes para trabalhos de pré-montagem no campo, deixando a fábrica livre para produzir e entregar mais rapidamente.



Figura 2 – Aspecto de obra de termelétrica na China

Como exemplos, destacam-se as práticas de construção descritas a seguir, que divergem das atualmente aplicadas no Brasil. Tais divergências se tornariam ainda mais críticas no caso da obra em questão, localizada na Amazônia, com todas as dificuldades inerentes de acesso, custo e alocação de mão-de-obra.

- Tubulações inteiramente pré-fabricadas no campo, muitas vezes utilizando-se curvas gomadas de pequenos diâmetros em que são comuns conexões padronizadas;
- Dutos de ar, de gás e tubulações de água de resfriamento, de grande diâmetro, pré-fabricados a partir de chapas retas ou em formato de meia-cana, exigindo corte e soldagem no campo em larga escala;
- Mandrilhamento no campo de tubos de condensadores e pré-aquecedores nos respectivos espelhos;
- Sistemas auxiliares de grandes máquinas, tais como sistema de óleo de lubrificação, fornecidos com seus componentes separados, ao invés de pré-montados sobre base metálica (*skid*) e pré-fiados em fábrica;
- Pré-montagem no campo de válvulas de controle fornecidas com seus corpos e atuadores em separado;
- Costados de tanques e vasos de pressão enviados como chapas retas, exigindo calandragem e soldagem de campo;

A maior parte destes itens foi tratada de forma a adequá-los às práticas brasileiras. Os critérios de pré-fabricação e pré-montagem adotados neste projeto visam à maximização do uso da mão-de-obra doméstica chinesa, com conseqüente alocação ótima dos recursos de campo.

3.0 - PRÁTICAS GERENCIAIS

3.1 - A diversidade cultural e seus efeitos

A diversidade cultural é um aspecto fascinante do negócio. Compreender e aceitar as diferenças é fundamental para o sucesso do empreendimento; porém, a negociação e a incorporação de modificações no conceito do projeto, bem como nas suas práticas gerenciais, é um processo contínuo.

Os hábitos de convivência profissional e social locais devem ser compreendidos e, na medida do possível, assimilados – sem, no entanto permitir o desvio das condições mandatórias de qualidade, custo e prazo. Os chineses são em geral alegres e amigáveis, e esperam receber um tratamento semelhante, o que envolve eventos sociais freqüentes na fase de desenvolvimento do negócio. Consideram esta convivência importante e necessária para que os contrapartes se conheçam e possam trabalhar juntos. Sua postura se caracteriza ainda pela forte hierarquia e por uma certa resistência à objetividade conforme a entendemos e praticamos.

Neste contexto, a comunicação tem um papel preponderante, e que não se limita à língua em si. As equipes de projeto chinesas são agrupadas por sistemas, e não por disciplina de origem, isto é, o time de projeto se organiza em torno das equipes de especialistas de Caldeira, de Turbina, de Tratamento de Gases, de Sistemas de Vapor, de Sistema Elétrico, etc. Como as equipes de projeto brasileiras tradicionalmente se organizam conforme as disciplinas acadêmicas, i.e. Civil, Mecânica, Elétrica, etc. cada líder de disciplina passou a ter diversos interlocutores. Além disso, os padrões da documentação de engenharia variam entre as disciplinas chinesas, o que se procurou corrigir ou minimizar ao longo do processo.

3.2 - Gerenciamento do Projeto: procedimentos, instrumentos e acompanhamento *in-loco*

As práticas usuais de acompanhamento de projeto foram aplicadas: procedimento de coordenação, planejamento físico, controle de documentos, listas de pendências e reuniões de coordenação, entre outras.

Foi criada uma equipe de gerenciamento residente na China, junto aos principais projetistas. Dentre as atribuições desta equipe, cabe diligenciar a emissão dos documentos de engenharia, fazer incorporar os comentários e solicitações da equipe de projeto da Promon baseada no Rio de Janeiro, conduzir as reuniões de coordenação regulares via sistema *WEBEX*, e reportar-se à direção do Projeto. A equipe é formada de profissionais sêniores e médios que se revezam constantemente.

A divisão do escopo foi determinada com base na Estrutura Analítica do Projeto, acrescida da divisão de responsabilidades, e por isso chamada *DOR – Division of Responsibilities*. Neste documento tratam-se em detalhe todas as disciplinas técnicas. A Tabela 2 mostra um pequeno extrato do DOR, da parte de Gerenciamento.

Além dos comentários à documentação de projeto básico e detalhado, foram organizadas diversas reuniões técnicas presenciais na China e no Brasil, com o objetivo de avaliar o projeto e dirimir pessoalmente as dúvidas de interface – entre elas as chamadas *DDRM (Detail Design Review Meeting)*, com o envolvimento das equipes de engenharia dos fornecedores, da Promon e da Vale. Ainda na fase de projeto básico foi realizado o primeiro *HAZOP (hazardous operation study)*, envolvendo equipes de engenharia, de construção e de operação com os responsáveis pela engenharia do fornecedor.

Destaca-se ainda a utilização do GED (*Gerenciador Eletrônico de Documentos*), sistema que controla o registro, a emissão, a transferência e a armazenagem da documentação de projeto e gerencial. As empresas chinesas envolvidas foram solicitadas e treinadas para participar do GED, com bons resultados e significativo benefício para o gerenciamento do projeto.

3.3 - Gerenciamento do Fornecimento: diligenciamento, inspeção e logística

No que tange ao diligenciamento, inspeção e logística, são empregadas as práticas usuais do mercado: acompanhamento da contratação, em modalidade DEQ (Incoterms 2000), dos equipamentos e materiais supridos pelos fornecedores chineses; verificação dos Planos de Inspeção e Testes (PITs) dos principais equipamentos; verificação de toda a documentação da qualidade com base nos documentos de engenharia; inspeção da fabricação com presença nos testes de fábrica, de forma a garantir a qualidade e reportar o *status* do fornecimento; acompanhamento do transporte e o gerenciamento dos processos de importação e almoxarifado. O fornecimento chinês envolve cerca de 200 contratos com fornecedores, incluindo em torno de 1500 equipamentos e materiais diversos, e totalizando 71 mil toneladas de transporte.

O diligenciamento *in-loco* exigiu a contratação de duas empresas, sendo uma delas local, a serviço dos principais fornecedores, e outra internacional, com escopo mais amplo, a serviço da Vale. Para o gerenciamento destes contratos de inspeção é mantida uma equipe residente na China.

O transporte internacional está a cargo de uma grande empresa de logística chinesa.

4.0 - CONCLUSÕES

A adaptação do projeto *standard* chinês às necessidades de implantação no Brasil foi bastante abrangente, incluindo desde a modificação de critérios de projeto para atender a normas mandatórias, passando pela revisão do conteúdo técnico da documentação, até as práticas gerenciais aplicadas, de forma a dar transparência ao processo e conforto ao Cliente final.

Na atual fase de desenvolvimento do empreendimento, pode-se concluir que, com as medidas adotadas – e aplicando-as continuamente – o projeto se mostra tecnicamente viável e confiável, com a clara perspectiva de implantação dentro do orçamento, do cronograma e dos padrões de qualidade. Todo o intenso esforço de adequação e padronização da documentação e das práticas gerenciais, despendido desde as fases iniciais do empreendimento, visa a minimizar os riscos associados à qualidade do fornecimento, à construção, à montagem e, em última análise, à operação da UTE ao longo da sua vida útil.

A experiência adquirida é valiosa tanto do ponto de vista técnico quanto pela convivência e familiarização com a cultura chinesa.

Tabela 2 – Extrato da Estrutura Analítica do Projeto (DOR)

| SCOPE DESCRIPTION | | | | | Basic design / Criteria | Detailed design | Supply | Erection | Note | |
|-------------------|---|----|----|---|---|--------------------|----------|----------|------|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Project Management | VALE/P | VALE/P | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | Engineering Management | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | General | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | Heat Balances | S | S | | | |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | Electrical Grid Studies | P | P | | | |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | Environmental Studies | VALE | VALE | | | |
| 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | Design Optimization Studies | | NA | | | |
| 1 | 1 | 1 | 5 | 0 | Project Cost Estimation | S/P | S/P | | | Each party |
| 1 | 1 | 1 | 6 | 0 | Project Cost Follow-up | S/P | S/P | | | Each party |
| 1 | 1 | 1 | 7 | 0 | Plot Plan & Overall Plant Layouts | S | S | | | |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 0 | As-Built Drawings | S/P | S/P | | | |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 1 | Field marked-up drawings | S/P | S/P | | | S to provide field engineering support |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 2 | Field modification sheets | S/P | S/P | | | S to provide field engineering support; P: civil, S: all other disciplines |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 3 | Final drawings - Supplier | S | S | | | Includes Subcontractors and Vendors |
| 1 | 1 | 1 | 8 | 5 | Final drawings - Promon | P | P | | | Off-sites |
| 1 | 1 | 1 | 9 | 0 | System Descriptions | S | S | | | |
| 1 | 1 | 1 | 10 | 0 | System Design Criteria | S/P | S/P | | | |
| 1 | 1 | 1 | 11 | 0 | 3D Modeling | S/P | S/P | | | Each party |
| 1 | 1 | 1 | 12 | 0 | Document Control system | P/VALE | | P | | For management of design and construction documentation |
| 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | Civil (Architecture, Structural and Infrastructure) | S | S/P | | | |
| 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | Mechanical Engineering | S | S/P | | | |
| 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | Instrumentation & Control Engineering | | | | | |
| 1 | 1 | 5 | 0 | 0 | Piping Engineering | S | S | | | |
| 1 | 1 | 6 | 0 | 0 | Electrical Engineering | S | S | | | |
| 1 | 1 | 7 | 0 | 0 | Telecommunications | S | S | | | |
| 1 | 1 | 8 | 0 | 0 | Process Engineering | S | S | | | |
| 1 | 1 | 9 | 0 | 0 | Engineering Planning | S | S | | | |
| 1 | 1 | 10 | 0 | 0 | Site Engineering | S/P | S/P | | | S to provide field engineering support |
| 1 | 1 | 11 | 0 | 0 | Owner's Engineering & Management | VALE/P | | P | | As defined in specific RT |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | Quality Management | | | | | |
| 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | Engineering Design Quality Mgt. | S/P/VALE | S/P | | | |
| 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | Fabrication Quality Mgt. | S/P/VALE | S | | | Shop Inspection granted to VALE |
| 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | Construction & Erection Quality Mgt. | S/P/VALE | P/VALE | | | |
| 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | Planning & Scheduling | | | | | |
| 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | Progress reports | S/P/VALE | S/P/VALE | | | Each party |
| 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | Project Schedule | P/VALE | P/VALE | | | |
| 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | Procurement & Transportation | S/P | | VALE | | |
| 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | Equipment Transportation | | | | | |
| 1 | 4 | 2 | 0 | 0 | Customs Clearance | | | | | |
| 1 | 4 | 3 | 0 | 0 | Export/ Import Duties and Fees | | | | | As defined in the EP Contract |
| 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | Site warehouse administration | | | VALE | | S to inspect upon site delivery (open boxes) |
| 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | Land and Licensing | | | VALE | | |
| 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | Financial, Legal & Insurance | | | VALE | | |
| 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | Construction Management | | | VALE/P | | S: supply Technical Field Assistance |
| 1 | 7 | 1 | 0 | 0 | Construction testing | | | VALE/P | | Hydrotesting, pipe flushing, continuity, calibrations, motor bumping and other individual, cold tests |
| 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | Start-up & Commissioning Management | | | | | |
| 1 | 8 | 1 | 0 | 0 | Commissioning of individual Systems | S/P | | S/VALE | | |
| 1 | 8 | 2 | 0 | 0 | Final power plant commissioning | S/P | | S/VALE | | |
| 1 | 8 | 3 | 0 | 0 | Support manpower for commissioning | S/P | | VALE/P | | Electricians, pipe fitters, foremen, etc. |
| 1 | 8 | 4 | 0 | 0 | Consumables for commissioning | S/P | | VALE/P | | |
| 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | Training and O & M Procedures (For Owner Personnel) | S | | S | | Per Supplier Proposal |
| 1 | 9 | 1 | 0 | 0 | Power Island systems operation training | S | | S | | Per Supplier Proposal |
| 1 | 9 | 2 | 0 | 0 | BOP systems operation training | S | | S | | Per Supplier Proposal |
| 1 | 9 | 3 | 0 | 0 | Power Island systems maintenance training | S | | S | | Per Supplier Proposal |
| 1 | 9 | 4 | 0 | 0 | BOP systems maintenance training | S | | S | | Per Supplier Proposal |
| 1 | 9 | 5 | 0 | 0 | DCS Software Maintenance training | S | | S | | Per Supplier Proposal |
| 1 | 9 | 6 | 0 | 0 | DCS Hardware Maintenance training | S | | S | | Per Supplier Proposal |
| 1 | 9 | 7 | 0 | 0 | Vendor equipment & system training | S | | S | | Per Supplier Proposal |

Contribuíram para a redação deste artigo os profissionais:

Engo. Luiz Granato, Promon Engenharia Ltda. (Eng^a Elétrica)

Engo. Helcio Mosciaro, Promon Engenharia Ltda. (Construção e Montagem)

Engo. Carlos Filizola, Promon Engenharia Ltda. (Eng^a Mecânica)

Engo. Carlos Thomaz, Promon Engenharia Ltda. (Eng^a Mecânica)

Enga. Carla Soldan, Promon Engenharia Ltda. (Eng^a Civil)

Enga. Mônica Amorim, Promon Engenharia Ltda. (Meio Ambiente)

Engo. Luiz Sharp, Promon Engenharia Ltda. (Suprimentos)

BIBLIOGRAFIA

(1) Governo da República Popular da China, *Standardization Administration of the People's Republic of China* (SAPRC ou SAC).