

WALDEMIR FERREIRA DA SILVA

**PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE GESTÃO, ECO-EFICIÊNCIA E  
SUSTENTABILIDADE EM USINAS TERMOELÉTRICAS. ESTUDO DE CASO DA  
UTE MARIO LAGO, MACAÉ, RJ**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de concentração: Organizações e Estratégia. Linha de Pesquisa: Sistema de Gestão do Meio Ambiente.

Orientador:  
Prof. Sergio Pinto Amaral, D.Sc.

Niterói  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

WALDEMIR FERREIRA DA SILVA

**PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE GESTÃO, ECO-EFICIÊNCIA E  
SUSTENTABILIDADE EM USINAS TERMOELÉTRICAS. ESTUDO DE CASO DA  
UTE MARIO LAGO, MACAÉ, RJ**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de concentração: Organizações e Estratégia. Linha de Pesquisa: Sistema de Gestão do Meio Ambiente.

Aprovada em 18 de fevereiro de 2009.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Sergio Pinto Amaral - D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense - UFF

---

Prof. Fernando Benedicto Mainier - D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense - UFF

---

Prof. Julio Domingos Nunes Fortes - D.Sc.  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho a todos que de forma muito plausível contribuíram para que eu consolidasse este trabalho de pesquisa voltado para o desenvolvimento sustentável. Em especial ao meu orientador Prof. D.Sc. Sergio Pinto Amaral que soube com muita sabedoria e experiência acadêmica, conduzir-me para a conclusão da dissertação.

A minha querida família: minha mãe Argemira (in memoriam) e meu pai, a esposa Gloria e meus filhos: Franklin; Marlon; Breno e Bruno pelo apoio e compreensão recebidos durante esta jornada. Agradeço também aos meus prezados colegas de trabalho que muito me ajudaram na conclusão do trabalho.

Finalmente agradeço a Petrobras, pela oportunidade, bem como o corpo docente e funcionários do LATEC da Universidade Federal Fluminense.

A todos vocês, o meu muito obrigado por tudo.

“Que Deus o criador da Natureza nos capacite cada vez mais para sermos instrumentos de sua Paz”.

## RESUMO

Esta dissertação teve como objetivo avaliar os aspectos de produção, gestão, eco-eficiência e sustentabilidade de usina termoeétrica a gás natural. Em especial, foi realizado um estudo de caso da Usina Termoeétrica Mário Lago, localizada no Município de Macaé, RJ, onde foram discutidas a aplicação da legislação ambiental, das normas de Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) e a implementação dos Sistemas Corporativos da Petrobras na UTE Mário Lago, tais como o Programa de Segurança de Processo (PSP) e as 15 Diretrizes Corporativas de SMS. A pesquisa realizada neste trabalho constou de: revisão da literatura, de legislações diversas, de fontes existentes na internet e de material disponível na Usina Termoeétrica em questão, como relatórios, padrões disponíveis, softwares e outros. Neste trabalho foram propostas medidas de eco-eficiência voltadas para a operação sustentável da UTE Mário Lago, tais como: mudança dos produtos químicos de forma que o processo venha a reduzir as agressões ao meio ambiente, estudo de viabilidade técnica e econômica para o fechamento de quatro máquinas em ciclo combinado, entre outras. Finalmente, foram avaliados a importância de um sistema de gestão com foco em sustentabilidade para uma Termoeétrica e comentadas as ferramentas essenciais para se promover a eco-eficiência e a melhoria contínua.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Produção. Termoeétrica a Gás Natural e Eco-eficiência.

## **ABSTRACT**

This dissertation had an objective to evaluate the production, management, eco-efficiency and sustainability of a Natural Gas Thermo Power Plant, and special carrying out a case study of Mario Lago Power Plant, located in the City of Macaé, RJ. A case study at the Thermo Power Plant had been carried out considering the application of the environmental laws, the implementation of Environmental, Health and Safety Management Systems. The research carried out in this work considered literature research, review of the legislation, use of internet tools and the available material in the Thermo Power Plant, as several reports, available standards, software and others. In this study, were proposed eco-efficiency measures related to the sustainable operation of the Natural Gas Power Plant, such as: substitution of chemicals to avoid hazards to the environment, technical and economic viability study for closing of 4 turbines in combined cycle, among others. Finally, the importance of a management system with focus in sustainability and production for a Natural Gas Power Plant was evaluated and it was commented the essential tools to promote eco-efficiency and continuous improvement.

**Key-words:** Sustainability. Production. Natural Gas Power Plant, Eco-Efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Triângulo da sustentabilidade	24
Figura 02	Geração de Energia Elétrica a partir do Gás Natural, em Ciclo Simples	41
Figura 03	Estação de Tratamento de Água da UTE Mário Lago	41
Figura 04	Fluxograma Simplificado das Principais Correntes de Efluentes e da Drenagem Pluvial.	43
Figura 05	Tela do CMC disponível na intranet da Petrobrás - Localização mostrando as Usinas do Parque Gerador Termelétrico	53
Figura 06	Localização Regional e Vista Aérea da Usina em Construção	54
Figura 07	Vista do Sistema Elétrico da Usina Termoelétrica Mário Lago Macaé	57
Figura 08	Localização Geográfica da UTE Macaé	58
Figura 09	Localização da UTE Mário Lago no quadro regional	59
Figura 10	UTE Mário Lago	60
Figura 11	Organograma da Usina Termoelétrica Macaé – RJ	61
Figura 12	Princípio de funcionamento de uma Usina com Ciclo Aberto	68
Figura 13	Turbina à Gás LM 6000 PC-NG	72
Figura 14	Planta Baixa da Usina Termoelétrica de Macaé	103
Figura 15	Comparação entre o Flexgás e o Gás Natural	117
Figura 16	Desenho esquemático da planta de FLEXGAS para uma turbina LM 6000 PC.	117

## LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

Gráfico 01	Histórico de Geração de Energia Elétrica na UTE Mário Lago .....	19
Gráfico 02	Indicadores de Performance .....	26
Gráfico 03	Referenciais Internacionais para a sustentabilidade e responsabilidade social .....	29
Gráfico 04	Parâmetros de um ciclo no processo de cogeração .....	111



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BVCert	Bureau Veritas Certification
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEMS	Sistema de Monitoramento e Controle de Emissões Atmosféricas
CITY GATE	Cabine de Medição do Gás na Concessionária
CMC	Centro de Monitoramento e Controle da Usina Termoelétrica
CREA	Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Data Hidro	Sistema Corporativo de Dados sobre Recursos Hídricos e Efluentes
DJSI	Dow Jones Sustainability Index
EPE	Environmental Performance Evaluation
ETA	Estação de Tratamento de Água
EVTE	Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FURNAS	Furnas Centrais Elétricas S.A.
GE	General Electric Corporation
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
ISE - Bovespa	Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores de São Paulo
ISO	International Organization for Standardization
MME	Ministério das Minas e Energia
MW	Mega Watts
NBR	Norma Brasileira
NOx	Óxidos de Nitrogênio
O & M	Operação e Manutenção
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
ONG's	Organizações Não Governamentais
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PAM	Plano de Apoio Mútuo
PCMSO	Programa de Controle de Saúde Ocupacional
PEL	Plano de Emergência Local
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PROAUDI	Programação de Auditoria
PSP	Programa de Segurança do Processo
SAO	Separador de Água e Óleo
SCR	Sistema Corporativo de Resíduos
SEP	Sistemas Elétricos de Potência
SIGI	Sistema de Gestão Integrada
SIGI	Sistema de Gestão Integrada
SIGA	Sistema Integrado de Gestão de Anomalias

SIGEA	Sistema de Inventário e Gerenciamento de Emissões Atmosféricas
SIGER	Sistema de Gestão por Resultados
SIGLA	Sistema de Gestão de Licenças Ambientais
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINPEP	Sistema Integrado de Padronização Eletrônica da Petrobras
SMS	Segurança, Meio Ambiente e Saúde
SMSNET	Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde
U T E	Unidades Termo Elétrica
UTE-ACH	Unidade Termo Elétrica Aureliano Chaves
UTE-CF	Unidade Termo Elétrica Celso Furtado
UTE-MLG	Unidade Termo Elétrica Mario Lago
UTE-TCE	Unidade Termo Elétrica Ceará

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA .....	17
1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO .....	17
1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO .....	18
1.4 QUESTÕES BALIZADORAS .....	19
1.5 DELIMITAÇÃO .....	19
1.6 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO .....	20
1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO E GERÊNCIA.....	21
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>23</b>
2.1 ASPECTOS VOLTADOS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	23
<b>2.1.1 Diretrizes de Sustentabilidade para as atividades de exploração e produção da Petrobras</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1.2 Geração de Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável</b> .....	<b>31</b>
<b>2.1.3 Aspectos Ambientais e Impactos</b> .....	<b>32</b>
2.1. 3.1 Questões Ambientais relacionadas às termoelétricas .....	37
<b>2.1.4 Projetos Compensatórios</b> .....	<b>39</b>
<b>2.1.5 Captação de Água do Rio Macaé</b> .....	<b>40</b>
<b>2.1.6 Programas Sócio-Culturais</b> .....	<b>44</b>
2. 2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE .....	44
2. 3 RESPONSABILIDADE SOCIAL EMPRESARIAL.....	46
<b>3 A USINA TERMOELÉTRICA MÁRIO LAGO DA PETROBRAS</b> .....	<b>51</b>
3.1 A ESTRUTURA DO TRABALHO .....	57
<b>3.1.1 Sistemas de Gestão SGI / PSP / 15 Diretrizes</b> .....	<b>62</b>
3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA NA TERMOELÉTRICA.....	64
<b>3.2.1 Geração Termelétrica na Petrobrás</b> .....	<b>67</b>
3.2.1.1 Características Técnicas da Usina .....	70
3.2.1.2 O processo de geração de energia elétrica com turbina a gás .....	72
3.2.1.2.1 Sistema de Lubrificação da Turbina .....	75
3.2.1.2.2 Sistema Hidráulico de Partida da Turbina .....	76
3.2.1.3 Sistema de Combate a Incêndio do Turbo-gerador .....	77
3.2.1.4 Sistemas de Resfriamento das Turbinas .....	77
3.2.1.5 Torres de Refrigeração .....	79
3.2.1.6 Sistema de Água de Condensado .....	80

3.2.1.7	Sistemas de Combustível.....	80
3.2.1.7.1	<i>Sistema de Gás Natural</i> .....	80
3.2.1.7.2	<i>Dispositivos de Proteção e Controle</i> .....	82
3.2.1.8	Sistemas de Captação e Tratamento de Água Bruta.....	84
3.2.1.8.1	<i>Sistema de Água de Serviço</i> .....	85
3.2.1.8.2	<i>Sistema de Desmineralização</i> .....	87
3.2.1.8.3	<i>Sistema de Água para abatimento de NO<sub>x</sub></i> .....	90
3.2.1.8.4	<i>Sistema de Ar Comprimido</i> .....	90
3.2.1.8.5	<i>Sistema de Drenagem</i> .....	91
3.2.1.9	Proteção Contra Incêndio.....	94
3.2.1.9.1	<i>Suprimento de Água</i> .....	95
3.2.1.9.2	<i>Bombas de Incêndio</i> .....	95
3.2.1.9.3	<i>Proteção Contra Incêndio nas Turbinas e Geradores</i> .....	95
3.2.1.9.4	<i>Extintores Manuais e Carretas</i> .....	97
3.2.1.9.5	<i>Rede de Hidrantes</i> .....	97
3.3	DESEMPENHO AMBIENTAL NA UTE MÁRIO LAGO.....	97
3.3.1	<b>Indicadores Ambientais na UTE Mário Lago</b> .....	<b>98</b>
3.3.2	<b>Tratamento dos impactos ambientais na UTE Mário Lago</b> .....	<b>99</b>
3.3.3	<b>Medidas Mitigadoras adotadas na UTE Mário Lago</b> .....	<b>99</b>
3.4	FLEXGÁS.....	100
3.4.1	<b>Contextualização Histórica</b> .....	<b>100</b>
3.4.2	<b>Contextualização Técnica e Legal</b> .....	<b>101</b>
3.5	PLAN-GÁS.....	102
3.6	ÁLCOOL COMO COMBUSTÍVEL DAS TURBINAS.....	102
3.7	AMPLIAÇÃO DA SUBESTAÇÃO DE FURNAS.....	103
4	<b>METODOLOGIA UTILIZADA</b> .....	<b>104</b>
4.1	TIPO DA PESQUISA E MÉTODO DE PROCEDIMENTO.....	104
4.2	ALVO DA PESQUISA E COLETA DE DADOS.....	104
4.3	TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS.....	105
5	<b>PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE ECO-EFICIENCIA VOLTADAS PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DA UTE – MARIO LAGO</b> .....	<b>107</b>
5.1	SUGESTÕES E MELHORIAS.....	107
5.1.1	<b>Melhorias para redução de desperdícios na UTE</b> .....	<b>107</b>
5.1.2	<b>Inclusão de chaves de interligação elétrica na distribuição de alta tensão de 345 KV da subestação interna do parque industrial</b> .....	<b>109</b>
5.2	EVTE - Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica.....	110

<b>5.2.1 Considerações Econômicas .....</b>	<b>113</b>
<b>5.2.2 Considerações Ambientais .....</b>	<b>115</b>
5.3 INÍCIO DO PROCESSO DO FLEXGÁS E ANÁLISE JUNTO AOS ÓRGÃOS REGULADORES AMBIENTAIS: PREFEITURAS, CORPO DE BOMBEIRO, SEGURADORAS, CONSELHO DE CLASSE (CREA), ETC. ....	116
<b>5.3.1 Inserção na Política Nacional do Gás Natural .....</b>	<b>116</b>
5.3.1.1 Desenvolvimento e Testes a Partir de Campo .....	117
5.3.1.2 Sistema Elétrico da Planta de Flexgás .....	118
5.3.1.3 Interligação .....	118
5.3.1.4 Segurança .....	118
5.4 CONCLUSÃO DO PROCESSO .....	119
<b>6 CONCLUSÕES E INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....</b>	<b>120</b>
6.1 CONCLUSÕES .....	120
6.2 INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....	121
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>122</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>127</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro despertou, finalmente, para sua importância. Recentemente todos os projetos têm sido prioritários na classificação do Ministério das Minas e Energia (MME), pois o consumo de energia já atinge um crescimento médio de 5% ao ano (MME/EPE, 2007) tendo como complicador a tendência ao esgotamento das usinas hidrelétricas na capacidade de expansão (MME, 2008).

O governo pretende implantar em médio prazo 1,2 mil megawatts de energia termelétrica em diversos estados. Contudo, as usinas termelétricas são as saídas para o aumento do consumo interno, onde se tem uma maior produção por quilômetro quadrado. Este trabalho focaliza a Usina Termelétrica de Macaé, com uma produção de 928 Megawatts, utilizando o gás natural como combustível e vendendo a produção elétrica à concessionária brasileira FURNAS S.A.

Os constantes relatos na mídia vêm alertando sobre posições negativas sócio-ambientais, muitas vezes em decorrência da própria evolução tecnológica, o que traz preocupações constantes para a sociedade, governo e Organizações Não Governamentais (ONG) como, por exemplo, o Greenpeace. No entanto, o estado demonstra incapacidade em solucionar ou mesmo em ter o controle mínimo das situações sócio-ambientais (GRIPP, 2005).

A movimentação da economia está voltada para a produção por meios tecnológicos o que requer demanda de energia elétrica. Entretanto, em nosso País não se priorizou o setor elétrico quanto à geração e distribuição de energia elétrica. O que não foi percebido pelo governo é que o setor ficou durante muito tempo estagnado e sem investimento. Assim, tendo em vista a retomada do crescimento da indústria, seja ela de extração ou produção, surgiu a demanda de energia elétrica e não atendendo ao consumo de produção, notou-se que seriam necessários novos investimentos no setor de produção e distribuição de energia elétrica. No entanto, nada aconteceu à época. Constata-se finalmente o quanto o Brasil está deficitário no referido setor.

Diante das reais necessidades emergenciais, verificou-se que, apesar de o País possuir algumas das maiores bacias hidrográficas da superfície terrestre, isto não atenderia, em curto ou até mesmo em longo prazo, ao mercado interno. Com isso foram iniciadas pelo governo campanhas educacionais para conscientização do

uso de aparelhos elétricos e eletrônicos com baixo consumo e o controle racional de energia elétrica. Não sendo suficiente para tal, optou-se por Usinas Termo Elétricas que atenderia aos picos de demanda em determinados pontos previamente estudados por órgãos responsáveis pelo setor com o intuito de atender o consumo do sistema. Foram criadas, então, as UTE (Unidades Termo Elétricas) com combustível a gás natural e, também, como uma forma de atender as necessidades atuais e diminuir os impactos ao meio ambiente, visto que a produção pela hidroelétrica está quase sempre distante do seu centro de consumo onde as linhas de transmissões e os alagamentos provocam perdas e impactos a flora e a fauna.

Atualmente, faz-se grande necessidade de produção de energia elétrica para atender a demanda do consumo, sendo que, em curto espaço de tempo, uma única saída seria a instalação de Unidades Termo Elétricas, já que o processo requer medidas de produção rápidas e enérgicas.

A UTE a gás natural requer um menor prazo desde o seu projeto básico até a sua primeira produção, ou seja, mais rapidez e maior produção por metro quadrado ( $W/m^2$ ). Entretanto, não poderia deixar de revelar também o impacto que causará ao meio ambiente, seja por incidentes, acidentes ou mesmo em sua produção em condições normais.

Atualmente, o mundo inteiro está em uma busca incessante de auto-suficiência de energia elétrica, buscando um crescimento equilibrado entre produção e consumo. Isto tem se tornado uma utopia diante dos diversos desafios oriundos do crescimento global e da tecnologia, buscando o desenvolvimento com um melhor conforto. A corrida, em detrimento de novas tecnologias e expansão de mercado, tem sido muito intensa, não só em pesquisas como também em melhoria contínua dos investimentos e em buscas de capital interno em função de compradores externos. Para isso, há melhoria e inovações de produtos mais sofisticados com intuito de atender à demanda e à exigência de seus fornecedores, porém não sendo o foco principal e sim captar recursos financeiros diante de seus investimentos tecnológicos, bem como atender a indústria de base para mover a economia estrutural.

Diante deste quadro onde todos dentro de seus recursos financeiros e naturais ficam tolhidos de seus desenvolvimentos internos, alguns por não dispor de capital, outros por não dispor de conhecimentos, outros por não dispor de recursos naturais próprios, e sendo obrigados a importar matéria-prima para tal, uma coisa há

em comum: a demanda insuficiente de energia para atender os seus interesses próprios e de terceiros. Sendo assim, antes de qualquer iniciativa de investimento faz-se necessário que seja provisionada a sua demanda de energia interna sob pena de sofrer um colapso (*black out*) interno, o que seria muito mais grave do que um investimento moderado e tentando atender o seu crescimento interno de uma demanda notoriamente bem mais acelerada que seus recursos, sejam elas naturais, tecnológicas, financeiras, populacionais etc.

Buscando a corrida dos países mais desenvolvidos ou mesmo dos que estão em desenvolvimento, vê-se a real necessidade desses recursos energéticos sejam eles de formas naturais ou de investimentos e pesquisas, na busca do conhecimento e domínio técnico para atender a exigência do progresso mundial.

Diante da demanda nacional e mundial, inicia-se a corrida para suprir o potencial energético para que possa atender o consumo interno e até mesmo vender aos que são deficitários. Tem-se, então, um caso prioritário a ser revisto antes de quaisquer novos investimentos que demande em energia, isto é, o parque industrial poderá ficar estagnado ou até mesmo sofrer um retrocesso se não houver novos investimentos no setor energético, principalmente a *energia elétrica*. No Brasil, principalmente, onde o subdesenvolvimento em todos os aspectos tem contribuído para camuflar a real necessidade de novos investimentos no setor da energia elétrica. Com as mudanças e despertar para o progresso, visando não somente o mercado interno, como também os investimentos de origem externa, o Brasil tem se mobilizado no sentido de não ficar aquém dos investidores internacionais que vêm com boas perspectivas esse mercado interno. Para isso, a exploração energética em curto prazo particulariza a geração em usinas termoelétricas a gás natural.

O sistema elétrico brasileiro ainda tem a sua infra-estrutura na sua maioria em geração hidroelétrica, sendo responsável por 60% do consumo nacional e o restante distribuído em termoelétrica e sistema de co-geração, conforme relatórios do ONS. O aumento da demanda nacional exigiu que se buscassem novas fontes de geração de energia elétrica e, em curto prazo, pois não teria como atender a um crescimento econômico acentuado. Entretanto, desproporcional a geração de energia elétrica em face de demanda requerida pelo consumo. Acrescente-se a isso a diminuição dos níveis de águas das usinas hidroelétricas, como se não bastasse, o anexado sucateamento dos Sistemas Elétricos de Potências – SEP, fragilizando com isso toda a cadeia elétrica nacional. Para suprir as necessidades urgentes com provável



*blackout* nacional, o governo viu-se obrigado a priorizar a demanda de energia elétrica do País.

Uma das estratégias encontradas para atender, em curto prazo, sem que com isso venha criar uma desaceleração no processo emergente em que se encontra o País, foi a busca de recursos financeiros com empréstimos de capitais estrangeiros assim como de recursos e apoio da iniciativa privada para implementação e possível reformulação do Parque Industrial Elétrico Nacional. Para tal foi realizada uma análise tipo EVTE – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica – que contemplasse todos estes itens em curto espaço de tempo, porém, em paralelo, outra questão que não poderia ser deixada às margens dos planos do desenvolvimento econômico nacional viria a ser a questão ambiental e, conseqüentemente, a sustentabilidade. Após análise, optou-se por incentivo no desenvolvimento das Usinas Termoelétricas e, preferencialmente, com um combustível que não fosse tão agressivo ao meio ambiente.

Depois de vários estudos para atender os parâmetros delimitados, o gás natural foi a melhor opção tanto no aspecto das reservas nacionais e internacionais como por suas características mais adequadas no processo de geração de energia elétrica e a um prazo inferior a dois anos até a sua primeira geração. A UTE Mário Lago em Macaé, no Estado do Rio de Janeiro, com certeza traz os vários requisitos de melhorias e benefícios e seu desenvolvimento voltado para o progresso nacional, atendendo a ONS com potências de 928,22 MW.

A UTE Mario Lago foi um recorde do seu tempo, ou seja desde o seu projeto executivo com início e montagem e sua primeira geração, que deu-se em um espaço de tempo de apenas oito meses, sendo considerado um marco histórico nacional.

Com a expansão de sua área de negócio hoje - Gás e Energia - a Petrobras vem intensificando suas pesquisas investindo na geração elétrica com a inclusão de Usinas Termoelétricas à Gás Natural. Entretanto, a empresa tem entre seus objetivos principais o social brasileiro. Com o crescimento da economia ela vem inovando a cada dia no âmbito de buscar melhorias, não só tecnológicas como também o desenvolvimento sustentável. Tem contribuído com as suas novas tecnologias para o desenvolvimento interno, atendendo o mercado nacional e até o internacional, como, por exemplo, a exploração de petróleo em águas profundas e a geração de termoelétrica também usando combustível gás GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) em fase de teste - FLEXGÁS.

Com a aquisição de diversas Usinas Termoelétricas a Gás Natural, a empresa passa a compor o terceiro produtor em energia elétrica nacional, visto que a construção mesma tem um prazo muito menor para a produção de energia elétrica do que as demais convencionais. Com isso atende, parcialmente, a demanda de energia em proporções acentuadas com o crescimento de mercado sem causar a frenagem do progresso.

Com a chegada das necessidades tecnológicas paralelamente cresceram também os problemas sociais e ambientais. Portanto, faz-se necessário que sejam tomadas medidas eficientes para geração com eco-eficiência.

### 1.1 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A Unidade Termo Elétrica Mário Lago, em Macaé, já em operação desde 2006, atende a demanda com produção em expansão, seguindo os parâmetros políticos da Petrobras que visam a equilibrar a produção de energia com desenvolvimento sustentável. Esse equilíbrio tende a reforçar o cuidado com a imagem da Empresa na prevenção de problemas sociais e ambientais. A situação-problema está na tomada de medidas de eco-eficiência para a operação sustentável UTE Mário Lago, tendo como desafio principal a produção dentro do conceito de eco-eficiência, sem diminuir a capacidade de geração da Usina Termo Elétrica e emitindo menos poluentes.

### 1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Esta pesquisa teve por finalidade ressaltar os progressos e desafios em novas melhorias tecnológicas e paralelamente o cuidado com o meio ambiente e a sociedade através de instrumentos como o *Tripple Bottom Line* que vem despertando nos últimos tempos para a destruição de florestas, a escassez de água em alguns pontos, enquanto que em outros os alagamentos provocados pelos

desequilíbrios ambientais e o aquecimento global, sendo o foco a preocupação mundial como um todo.

O objetivo principal da dissertação foi avaliar qualitativamente os aspectos de produção, gestão de SMS, eco-eficiência e sustentabilidade de uma usina termoelétrica a gás natural visando uma operação sustentável.

Como objetivos específicos, têm-se:

1. Realizar um estudo de caso da Usina Termoelétrica Mário Lago, localizada no Município de Macaé, RJ, onde foram discutidas a aplicação da legislação ambiental, das normas de Sistema de Gestão de Integrada de SMS e a implementação dos Sistemas Corporativos da Petrobras na UTE Mário Lago, tais como o Programa de Segurança de Processo (PSP) e as 15 Diretrizes Corporativas de SMS.
2. Propor medidas de eco-eficiência, de produção mais limpa e sócio-ambientais, voltadas para a operação sustentável da UTE Mário Lago.

### 1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A justificativa deste trabalho se dá pela importância da aplicação de aspectos Ambientais, Sociais e Econômicos na Operação da Usina Termoelétrica Mario Lago.

Como exemplo, pode-se citar os produtos químicos que são usados no tratamento da água que é devolvida ao rio Macaé. O estudo prova uma melhora considerável dos efluentes que são devolvidos à natureza, a jusante da captação de água, ou seja, a referida água é tratada e devolvida de qualidade superior a que foi tomada, apesar da vazão ser menor do que a captada, o restante é transformado em vapores de água limpa não poluindo o Meio Ambiente.

Outro exemplo é a proposição de estudo de engenharia em baixar a tomada de água captada, sem alterar a cota de captação pré-determinada pelo INEA - Instituto Estadual do Ambiente, ou seja, melhora no volume de captação e diminuindo os sólidos em suspensão na água.

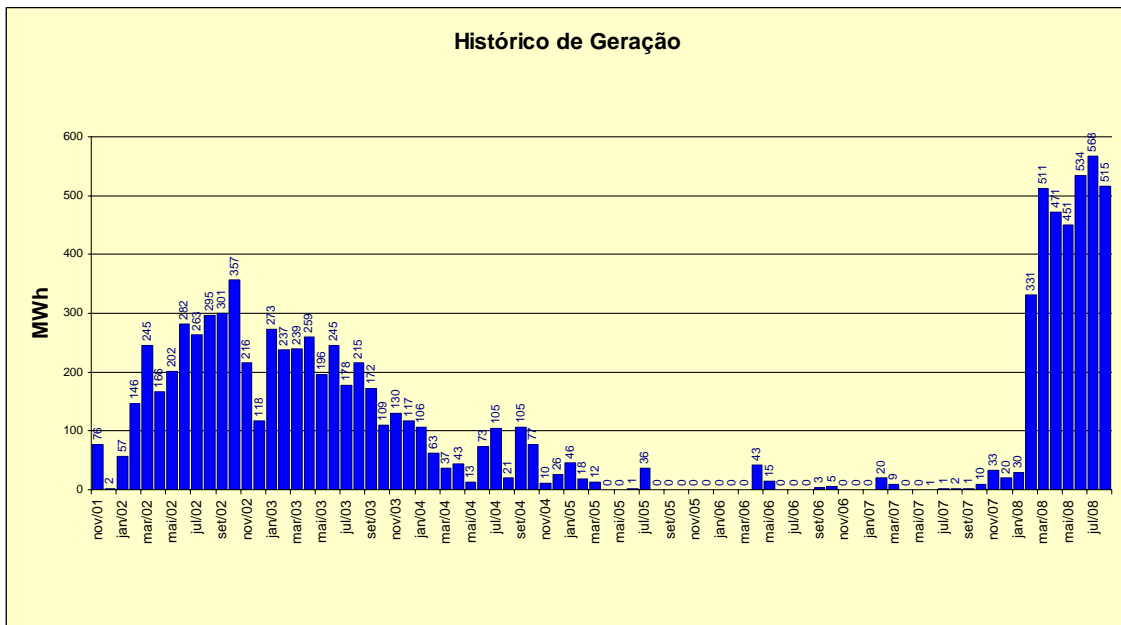
## 1.4 QUESTÕES BALIZADORAS

Com relação às questões balizadoras para o trabalho apresentam-se abaixo algumas questões baseadas na formulação do problema dos objetivos deste estudo:

- Como podemos melhorar o rendimento do sistema visando a eco-eficiência?
- Como podemos otimizar a operação sem perder produção, com objetivo de melhorar o resultado econômico da UTE?
- Como podemos otimizar a produção das turbinas da UTE utilizando dois combustíveis, gás natural e GLP?

## 1.5 DELIMITAÇÃO

O presente estudo compreendeu o período desde Abril de 2006, no qual Usina Termoelétrica pertencia a El Paso, até a época atual. Após a aquisição da usina pela Petrobras, foram observadas melhorias no processo de geração, tornando a usina mais eficiente, como pode ser observado pelo Gráfico 01, Histórico da Geração.



**Gráfico 01** - Histórico de Geração

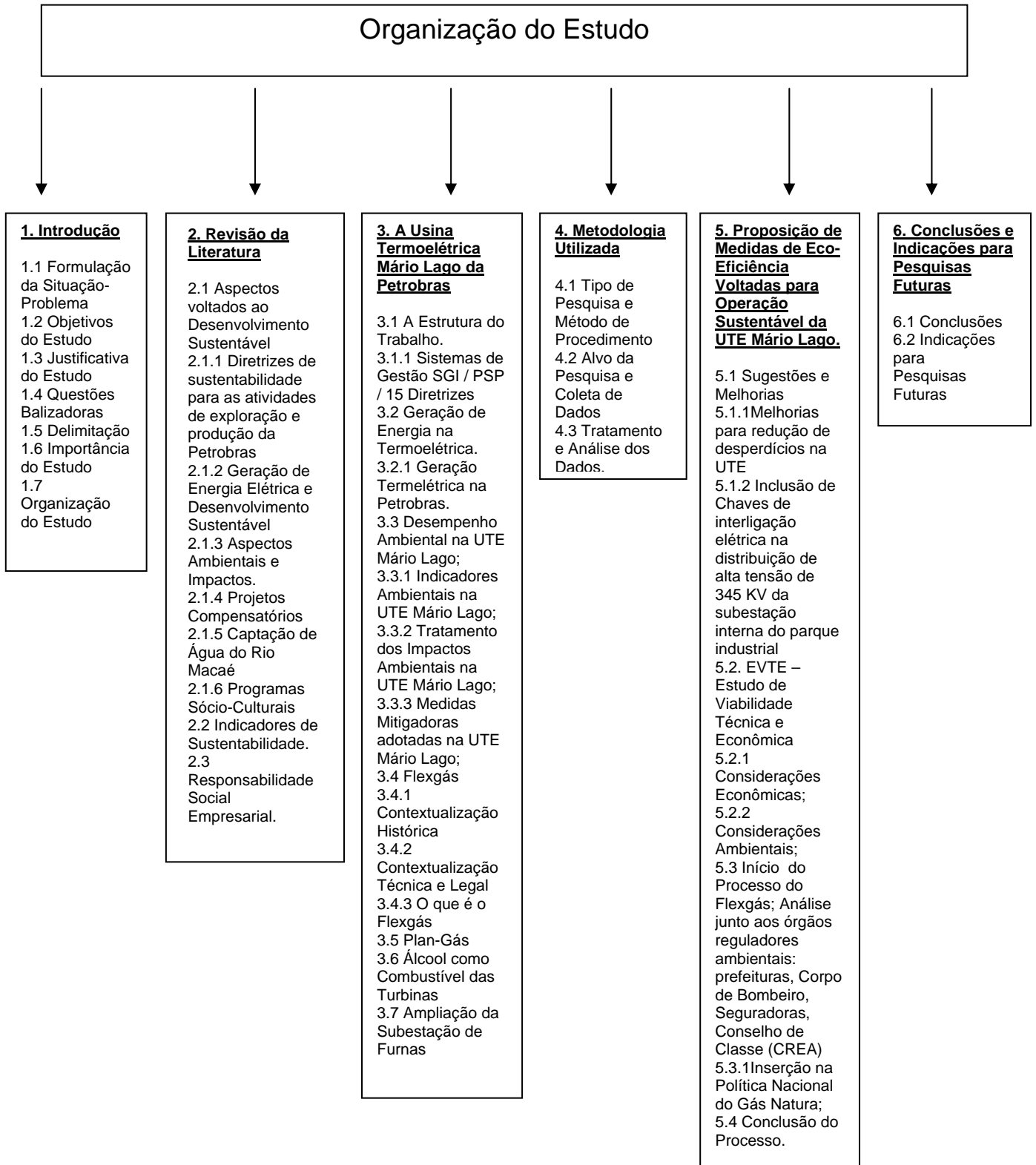
Fonte: Usina Termo Elétrica Mário Lago (2008)

## 1.6 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

Este trabalho apresenta a produção de uma Unidade Termo Elétrica a Gás Natural, situada em Macaé, no Estado do Rio de Janeiro, onde se destacam os cuidados referentes à gestão em Segurança, Meio Ambiente e Saúde - SMS, abrangendo regiões circunvizinhas às unidades, ressaltando-se a busca incessante de uma produção mais limpa.

A redução de resíduos, através do uso de novas tecnologias de geração de energia elétrica naquela Unidade, utilizando acessórios e periféricos no sistema, diminui os riscos com acidentes e os impactos ambientais, através da aplicação do conceito de eco-eficiência ao sistema de geração.

## 1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO E GERÊNCIA



A gerência dos estudos foi conduzida através de entrevistas com funcionários mais antigos que fazem parte do quadro técnico da atual Usina Termoeletrica.

Nas entrevistas profissionais foram ouvidas partes integrantes da força de trabalho que tiveram uma forte contribuição na elaboração desta dissertação, onde não só comentários sobre a melhoria, mas também sobre a eco-eficiência prática aplicada nas máquinas de geração de eletricidade, como um todo que compõe o processo da termoeletrica, tais como: desde a captação de água no rio Macaé para o processo de geração, o tratamento da água para adequação às máquinas, bem como a diminuição da emissão de efluentes na devolução ao rio, a injeção de novos produtos químicos que neutralizam ou mesmo atenuam as emissões, principalmente de NOx nas saídas dos gases.

A otimização do uso das UGs de forma tal que o rendimento da geração é acrescido à potência final da produção, ou seja, tendo como resultado uma geração máxima, usando mínimos recursos disponíveis do meio ambiente.

Também a conscientização dos operadores para evitar o desperdício dos recursos naturais e dos subprodutos necessários para a produção de energia elétrica, tais como otimização de ar comprimido, diversos hidrocarbonetos (óleo, gás natural, água etc.).

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS VOLTADOS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O conceito de desenvolvimento sustentável é apresentado como “desenvolvimento que preenche as necessidades do presente sem comprometer as necessidades a habilidade das gerações futuras de preencherem suas próprias necessidades” (CMMAD, 1988) e foi lançado oficialmente em 1987, pelo Relatório Brundtland das Nações Unidas.

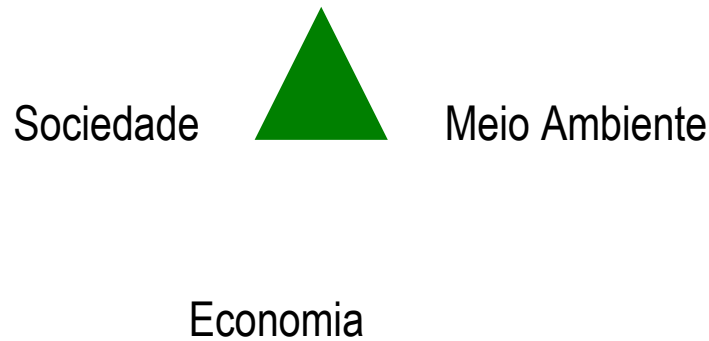
Conforme Dias (2008), o principal objetivo do desenvolvimento sustentável, segundo esse documento, é satisfazer as necessidades humanas e suas aspirações e sua essência seria um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizem e reforcem o potencial presente e futuro, a fim de atender essas necessidades e aspirações humanas.

O conceito de Brundtland gerou diversas interpretações a respeito do desenvolvimento sustentável e embora seja um conceito bastante utilizado, não existe uma única visão sobre esse assunto. Segundo a Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas, desenvolvimento sustentável é suprir as necessidades da população mundial atual sem comprometer as necessidades das populações futuras.

O Banco Mundial em seu relatório sobre Desenvolvimento Mundial, 2000-2001, admite que o crescimento econômico não põe fim à pobreza. O conceito de desenvolvimento sustentável trata também desta questão. Não haverá crescimento econômico em longo prazo sem progresso social e também sem cuidado ambiental. Todos os lados desta questão devem ser vistos e tratados, pois são aspectos inter relacionados. Os programas sociais ou ambientais corporativos apenas se sustentarão se houver equilíbrio econômico das empresas, tal qual a lógica do crescimento econômico que somente se sustenta com a respectiva equivalência social e ambiental.

O *Triple Bottom Line*, tripé da sustentabilidade, apresenta três eixos que precisam estar em equilíbrio para que haja a sustentabilidade do sistema.





### Triângulo da Sustentabilidade

**Figura 01** - Triângulo da Sustentabilidade  
Fonte: CEBDS (2008)

Neste sentido, muitas empresas estão trabalhando para alcançar o ideal do *Triple Bottom Line*, conceito inglês que dá ao *bottom line*, ou seja, a performance financeira e sua prestação de contas, um significado triplo. A performance empresarial deve englobar, além dos aspectos financeiros, os aspectos sociais e ambientais.

Um claro exemplo da aplicação deste conceito é o Índice de Sustentabilidade de Dow Jones (*Dow Jones Sustainability Index*), da Bolsa de Valores de Nova Iorque, que demonstra o valor de um grupo de empresas consideradas sustentáveis, segundo critérios financeiros, sociais e ambientais.

Em conformidade com esta discussão, Dias (2008) apresenta três dimensões para a sustentabilidade:

- Econômica – A empresa deve ser economicamente viável, ou seja, deve gerar lucro ou retorno ao capital investido;
- Social – Diz respeito à valorização humana, através de melhores condições de trabalho, respeito à diversidade cultural da sociedade local, oportunidade aos deficientes em geral e a participação dos dirigentes em atividades sócio-culturais da comunidade;
- Ambiental – Adoção de uma postura de responsabilidade ambiental, eliminando qualquer forma de contaminação do ambiente natural, desenvolvimento de uma cultura ambiental dentro da empresa e participação

em todas as atividades relacionadas ao meio ambiente natural patrocinadas pelas autoridades governamentais locais e regionais.

Para Sato (2008) sustentabilidade significa concluir diferentes objetivos de programas, levando em consideração preocupações ambientais, sociais e econômicas ao mesmo tempo. Mas como conseguir a sustentabilidade empresarial? As organizações empresariais atuam na dimensão econômica, os sindicatos atuam na dimensão social e por fim as entidades ambientalistas atuam na dimensão ambiental. O acordo entre as diversas partes é muito importante, pois a intransigência pode gerar desequilíbrio ao sistema e ameaçar a sua sustentabilidade.

A sustentabilidade de um empreendimento para Fugihara (2008) “É a perenidade do empreendimento (empresarial ou social) com adequada remuneração do capital e/ou continuidade do cumprimento de sua missão ao longo do tempo.” No entanto, para se conseguir a sustentabilidade do empreendimento atualmente, diante de problemas ambientais, sociais, econômicos e políticos vistos anteriormente, é necessária a adequação da empresa ao mundo moderno, ou seja, ela deve buscar conciliar seus interesses com os interesses da comunidade em geral, de forma que suas atividades tragam benefícios a todos. Para Savitz (2007) essa área comum é chamada de ponto doce da sustentabilidade, sendo o ponto onde a busca do lucro encontra a busca do bem comum.

A adequação das empresas ao novo ambiente global exige mudanças profundas em suas atitudes, criando novos valores, comprometimento, maior ética nos negócios. Embora essa tarefa possa ser árdua para as empresas, Dias (2008) explica que “[...] o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável é um bom negócio, pois consegue criar vantagens competitivas e novas oportunidades”, baseado no documento do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). Enquanto Savitz (2007) defende que a sustentabilidade traz benefícios financeiros para a empresa, afirmando que a forma como uma empresa administra as questões sociais, ambientais e econômicas está relacionada à própria qualidade gerencial necessária à sua competitividade no mercado. Uma empresa sustentável proporciona um maior valor para seus acionistas e contribui para o desenvolvimento sustentável da sociedade, além de garantir uma boa imagem no que concerne à sua reputação e marca.

À frente na preocupação com os cenários de crise e riscos está a GRI – *Global Reporting Initiative* – instituição global independente que desenvolve uma estrutura mundialmente aceita para relato de sustentabilidade. Tem como objetivo permitir às empresas e outras organizações a preparar relatórios *Triple Bottom Line* comparáveis entre si, sobre seu desempenho econômico, ambiental e social.

Segundo a GRI (2002), o desafio para as empresas na atualidade está na capacidade de conhecer o cenário de riscos que podem lhe afetar no longo prazo. Para isso, deve adotar uma abordagem holística que inclua componentes sobre a sustentabilidade e os riscos comerciais, políticos e sociais. Além disso, encontrar formas de avaliar, gerir e partilhar os riscos, com o apoio das partes interessadas, parceiros de negócio e outras entidades responsáveis. O Quadro 01 exemplifica com os indicadores de performance adotados.

	<b>Categoria</b>	<b>Aspecto</b>
<b>Integrado</b>	Sistêmicos ou <i>cross-cutting</i>	Não padronizados
<b>Econômico</b>	Impactos Econômicos diretos	Clientes Fornecedores Empregados Provedores de Capital Setor Público
<b>Ambiental</b>	Ambiental	Materiais Energia Água Biodiversidade Emissões, efluentes e gasto Fornecedores Produtos e Serviços Cumprimento Transporte Geral
<b>Social</b>	Práticas de Emprego e Trabalho Decente	Emprego Relações de Trabalho/gestão Saúde e Segurança Treinamento e Educação Diversidade e oportunidade
	Direitos Humanos	Estratégia e Gestão Não-Discriminação Liberdade de Associação e Negociação Coletiva Trabalho Infantil Trabalho forçado Práticas disciplinares Práticas de Seguridade Direitos indígenas
	Sociedade	Comunidade Suborno e corrupção Contribuições políticas Competição e precificação
	Responsabilidade de Produto	Saúde e Segurança do cliente Produtos e Serviços Propaganda Respeito à privacidade

**Quadro 02** - Indicadores de Performance  
Fonte: GRI (2008)

### **2.1.1 Diretrizes de Sustentabilidade para as atividades de exploração e produção da Petrobras**

As diretrizes de sustentabilidade para atividades de exploração e produção aplicadas na Petrobras se baseiam na crença universalizada de que não é possível haver crescimento econômico e populacional de forma infinita em um planeta de recursos naturais finitos.

A construção de um novo modelo de desenvolvimento na empresa se orientou pelas idéias sintetizadas no conceito do desenvolvimento sustentável e visa a atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades (CMMAD, 1988).

A Petrobras tem reforçado seu compromisso com a responsabilidade social e ambiental através de uma grande variedade de ações direcionadas à integração destes princípios a todas as suas atividades.

A revisão de seu Plano Estratégico, em 2004, foi uma dessas ações voltada para incorporação dos conceitos de responsabilidade social e ambiental à missão e à visão da empresa, estendendo-os a todos os países onde atua, bem como o aprimoramento do seu modelo de governança com a criação do Comitê de Gestão de Responsabilidade Social e Ambiental. A condução dos negócios da empresa prioriza valores fundamentais nas áreas de direitos humanos, meio ambiente, relações trabalhistas, transparência e combate à corrupção, entre outras.

A aplicação adequada do *Triple Bottom Line* da sustentabilidade (ELKINGTON, 1999) em todas as atividades da Petrobras foi imperativa nas operações de exploração e produção de óleo e gás desenvolvidos nas termelétricas.

O Plano Diretor da empresa tem como objetivo orientar a ocupação espacial, os processos, as atividades, as operações, as tecnologias, as pesquisas científicas e o próprio modelo de gestão da exploração e produção de óleo e gás, buscando o aprimoramento desta atividade.

O conjunto de Diretrizes de Sustentabilidade orienta todas as ações do Plano Diretor. Elas estão relacionadas à proteção da biodiversidade, a eco-eficiência das atividades e operações, ao controle de contingências e à interface social, econômica e cultural das atividades de exploração e produção.

Alinhada ao compromisso da Petrobras com a transparência, componente essencial da responsabilidade social e ambiental, a Diretoria de E&P propôs as Diretrizes de Sustentabilidade a entidades e personalidades com reconhecida atuação na construção de uma sociedade ecológica, econômica e socialmente sustentável, buscando garantir a participação de todos os interessados na definição dos princípios orientadores dessas atividades. As diretrizes de sustentabilidade visam a:

- Otimização do consumo de recursos naturais;
- Prevenção e a mitigação dos impactos à biodiversidade nas diferentes atividades e operações de exploração e produção de óleo e gás;
- Aperfeiçoamento da gestão dos poluentes e resíduos gerados pelas atividades e operações;
- Aperfeiçoamento da gestão do processo de recuperação de áreas impactadas;
- Orientação do planejamento e execução das atividades de instalações e sistemas de transporte;
- Orientação do planejamento e execução das atividades de gerenciamento de riscos e contingência, no intuito de permitir a prevenção e atuação eficaz no controle de emergências;
- Otimização dos impactos das atividades de exploração e produção sobre o público externo;
- Melhoria na qualidade de vida da força de trabalho;
- Promoção da preservação do patrimônio cultural dentro da área de influência da usina;
- Integração das atividades de responsabilidade social e ambiental da Petrobras na região com as ações de exploração e produção.

Conforme já visto, a abordagem *Triple Bottom Line*, proposta por John Elkington, em 1997, enfatiza duas questões, consideradas fundamentais para uma atuação orientada para a sustentabilidade: a integração dos três componentes do desenvolvimento sustentável - crescimento econômico, equidade social e proteção ao meio ambiente, e a integração entre os aspectos de curto e longo prazo (ELKINGTON apud ALMEIDA, 2006).

O Quadro 03, a seguir, mostra os subsídios relevantes de cada um dos referenciais internacionais para a construção do arcabouço conceitual adotado pela empresa.

Referencial	Data	Tipo	Escopo
<b>OECD Guidelines for Multinational Enterprises 1976.</b>	Revisão em 2000.	Recomendações governamentais.	Diretrizes endereçadas aos governos com foco na atuação das empresas multinacionais.
<b>Pacto Global</b>	1999.	Princípios gerais para a prática da responsabilidade social e ambiental nas empresas.	Dez princípios classificados em quatro temas: direitos humanos, trabalho, meio ambiente e corrupção.
<b>Questionário para candidatura ao Dow Jones Sustainability Index (DJSI), setor empresas produtoras de petróleo e gás</b>	Lançado em 1999, atualizado anualmente	Conjunto de critérios para seleção de empresas líderes em sustentabilidade	Critérios agrupados segundo as dimensões da sustentabilidade (econômica, ambiental e social) que refletem um consenso internacional de excelência para as atividades das empresas atuantes no setor petróleo e gás. Com base nesses critérios, as empresas candidatas à inclusão no DJSI são avaliadas e classificadas.
<b>API-IECA Compendium.</b>	2003.	Estudo setorial para a indústria do petróleo e gás mostrando conceitos aplicáveis a cada uma das dimensões da sustentabilidade.	Estado-da-prática na indústria de óleo e gás; definição de políticas e de indicadores de desempenho voltados para a sustentabilidade.

**Quadro 03** – Referenciais Internacionais para a sustentabilidade e responsabilidade social  
Fonte: Petrobrás (1989)

Os temas de interesse para a elaboração das diretrizes de sustentabilidade são: políticas gerais, divulgação de informações; meio ambiente; ciência e tecnologia, merecendo destaque os princípios referentes ao meio ambiente.

Os critérios, ao refletirem padrões de excelência internacionalmente aceitos para os processos de planejamento e gestão das empresas, fornecem importante subsídio para a busca de elevados níveis de desempenho em temas como emissões, resíduos, efluentes, biodiversidade, relacionamento com a força de trabalho e com as comunidades do entorno, saúde e segurança e outros diretamente relacionados às diretrizes de sustentabilidade. Os temas considerados nas diretrizes são os seguintes:

- Eficiência de recursos,
- Análise de ciclo de vida dos produtos,
- Redução de emissões,
- Minimização de descartes,

- Biodiversidade,
- Prevenção de vazamentos e acidentes ambientais,
- Criação de empregos,
- Capacitação,
- Impactos econômicos locais,
- Satisfação da força de trabalho e
- Diálogo com as comunidades.

Os temas críticos para a sustentabilidade relacionados às dimensões ambiental e social estão associados à redução global de impactos ambientais baseando-se nos princípios de eco-eficiência e prevenção de impactos à biodiversidade. As atividades de instalações e transportes também são temas críticos, pois o aprimoramento do desempenho ambiental destas atividades é fundamental para que os objetivos do Plano Diretor sejam atingidos, uma vez que tais atividades suportam todas as demais.

O tema gerenciamento de riscos e contingência trata da prevenção de acidentes e prontidão para enfrentar situações de emergência, envolvendo recursos humanos capacitados e organizados, recursos materiais e procedimentos específicos para minimizar os danos à saúde da força de trabalho, às comunidades, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Os temas patrimônio cultural, força de trabalho e público externo buscam orientar as ações relativas à interface sociocultural da atividade de exploração e produção de óleo e gás.

O tema referente à comunicação contempla o esforço institucional necessário para que as diretrizes sejam incorporadas como valor em todas as atividades e operações de exploração e produção de óleo e gás.

Considerando a dimensão correspondente da sustentabilidade, os temas críticos identificados pela empresa são:

- Dimensão ambiental: energia e atmosfera, recursos hídricos, resíduos e materiais, biodiversidade, recuperação de áreas impactadas, instalações, transportes e gerenciamento de riscos e contingência.
- Dimensão social: patrimônio cultural, força de trabalho, público externo e comunicação.

### 2.1.2 Geração de Energia Elétrica e Desenvolvimento Sustentável

A energia elétrica é de vital importância para a humanidade, porém faz-se necessária a harmonia no eco-sistema para a consolidação do desenvolvimento sustentável.

Para se ter uma base sólida é importante que a infra-estrutura esteja em consonância com o meio ambiente. De acordo com os dados do Banco Mundial, em 2006, a taxa de investimentos no Brasil ficou em 17% do PIB, bem abaixo das economias emergentes, onde ela está na casa dos 25%. Nos países em desenvolvimento rondam em torno de 30% os investimentos do governo em infra-estrutura. Em razão de investimento mal gerenciado, os governos desses países têm a sua capacidade em investimento bastante reduzida, por razões de cortes orçamentários nos investimentos de infra-estrutura e por razões de eficiência do próprio sistema.

Reis (2006) acentua para a busca por “uma integração sustentável da infra-estrutura com o meio ambiente”, ressaltando que: “(...) os benefícios podem ser suplantados pelas conseqüências adversas da degradação ambiental”, caso não haja essa necessária integração (REIS, 2006).

Das diversas infra-estruturas a energia elétrica é a que apresenta uma maior gama de impacto ao meio ambiente durante todo o seu processo de produção, atravessando diversos sistemas de transmissão e distribuição até a entrega do produto final.

A infra-estrutura com foco na preservação ambiental é que correlaciona o conceito de desenvolvimento sustentável com o bom uso dos recursos naturais, voltada para a eco-eficiência, obtendo melhor rendimento no uso bastante reduzido desses recursos sem perda de produção.

Como exemplo, o caso da Usina Termoelétrica Mario Lago que injeta água Nox na sua câmara de combustão para conseguir baixar as emissões de NOx – Oxido de Nitrogênio, o que é perfeitamente possível e ganha um aumento de aproximadamente 2 MW de potência elétrica gerada em cada máquina, passando de 45 MW para 47 MW, perfazendo um ganho de eficiência no sistema considerável no total de 20 unidades geradoras.



Com isso, além de potência aumentada há uma redução na emissão dos gases ao meio ambiente, o que no total e em números de horas trabalhadas passa a ser bastante representativo para o eco-sistema.

Com o crescimento nacional e para atender a demanda interna, e na busca do equilíbrio, o governo decidiu optar pela transformação dos seus recursos naturais em energia elétrica. Dentre diversos processos de transformação, a geração de energia elétrica no Brasil visa a atender a demanda nacional, em função de suas reservas. A usina termoelétrica a gás natural é a que mais se adéqua a realidade atual do País.

### **2.1.3 Aspectos Ambientais e Impactos**

Um dos aspectos característicos das usinas termelétricas a gás que causa forte impacto ambiental é a emissão de gases para a atmosfera, gerando poluição. Outros impactos são em consequência da grande quantidade de água utilizada e, ainda, os problemas decorrentes dos riscos técnicos coletivos.

A respeito da discussão que a poluição gera e a consequente mudança do clima, vale citar o ponto de vista crítico de Almeida (2008) sobre o recente Plano Nacional de Mudanças Climáticas discutido no Brasil. Tal assunto vem se transformando no principal vetor de esclarecimento e conscientização da sociedade para a questão geral da sustentabilidade.

O coordenador de pesquisas do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Paulo Moutinho, durante audiência pública promovida pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (2005), comentou que "70% das emissões de gases vêm do desmatamento e queimadas", Esta questão vem mobilizando ONGs ambientalistas, instituições de ensino e pesquisa, empresas e outros setores da sociedade, no avanço desta discussão e na busca de se adotar medidas práticas.

No âmbito nacional, em 2007, foi lançado o Pacto de Ação em Defesa do Clima pelo CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Esse documento representa o compromisso das grandes empresas e das ONGs ambientalistas como o Greenpeace, WWF e TNC de mobilizar a

sociedade brasileira para a redução dos níveis de emissões no país. Já em 2008, o CEBDS e a Fundação Getúlio Vargas lançaram o Protocolo de Gases de Efeito Estufa (*GHG Protocol*), como ferramenta confiável para a medição de emissões de gases indutores do aquecimento global (CEBDS, 2008).

Quanto à implantação de políticas necessárias, Almeida (2008) alerta para que “a política energética para o país venha a combater nossas vulnerabilidades e valorizar nossos princípios ativos – matriz limpa, biodiversidade e biocombustíveis” (ALMEIDA, 2008).

Em uma ação governamental, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) realizou, no primeiro trimestre de 2008, em conjunto com a PRICEWATERHOUSECOOPERS uma pesquisa em torno de 136 organizações, entre empresas e instituições representativas como associações e cooperativas para avaliar as percepções sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o mercado de carbono no Brasil.

Alguns resultados relevantes para a discussão do tema da sustentabilidade no que se refere aos aspectos e impactos ambientais serão agora discutidos. Na pesquisa realizada pelo MDIC, cinquenta e nove por cento do universo da amostra englobou empresas com faturamento anual superior a R\$ 200 milhões, ou seja, empresas de grande porte, majoritariamente dos setores de energia, agronegócio e papel e celulose. E, as principais tendências identificadas foram:

- 96% das empresas consultadas consideram os impactos das mudanças climáticas globais estratégicos ou relevantes para o futuro de seus negócios.
- Os principais fatores limitantes da realização de projetos de MDL continuam sendo seus elevados custos, seguido da falta de conhecimento técnico e da falta de divulgação de informações sobre oportunidades de projeto de MDL.
- 83% nunca realizaram inventário de suas emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Das empresas que realizaram inventário de emissões de GEE, consultou-se sobre as metodologias, processos utilizados, transparência, prestação de contas de seus inventários e os compromissos assumidos.

Das empresas consultadas, 43% nunca realizou nenhuma forma de divulgação sobre o mercado de crédito de carbono e/ou sobre o Mecanismo de

Desenvolvimento Limpo (MDL). Entre as que já realizaram, a maior parte 27% da divulgação foi realizada através de eventos como seminários e workshops.

Desde a publicação do estudo “Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil: Um Levantamento de Perspectivas com o Setor Produtivo” em 2006, o tema mudanças climáticas tem adquirido uma importância na agenda global cada vez maior. Iniciou-se uma maior mobilização internacional, associada aos recursos financeiros, políticos e de engenharia, buscando impedir o agravamento do problema. Exemplo recente foi o lançamento do Stern Review, as premiações do IPCC e de Al Gore com o Nobel da Paz e o *Carbon Disclosure Project* (DCP).

O estudo do Ministério vem elucidar como o setor privado brasileiro percebe o desafio das mudanças climáticas e como se posiciona diante de um novo paradigma que emerge diante dessa questão ambiental global.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), instituído pelo artigo 12 do Protocolo de Quioto, tem por objetivo auxiliar os países desenvolvidos a alcançarem suas metas programadas de reduções de gases de efeito estufa e também possibilitar que os países em desenvolvimento cresçam de maneira limpa, conciliando benefícios ambientais, econômicos e sociais.

O Brasil, apesar de possuir uma matriz energética limpa e ser referência em biocombustíveis, ocupa posição de destaque em projetos de MDL. Atualmente é o país que possui o terceiro maior número de projetos registrados, ficando atrás apenas de China e Índia. Durante os próximos cinco anos, de 2008 a 2012, espera-se que o Brasil, por meio de seus projetos, contribua voluntariamente com, aproximadamente, a redução 322 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Desta maneira, o país demonstra seu papel ativo no regime climático atual e sua importante atuação na mitigação do efeito estufa. As negociações em curso para o segundo período de compromisso, o chamado “pós-2012”, indicam que o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo continuará a desempenhar importante papel nos esforços internacionais de combate ao aquecimento global.

Em relação ao impacto das mudanças climáticas no futuro dos negócios, a maior parte das empresas considerou o tema como fator estratégico (54%) (MDIC, 2008).

Quanto ao perfil ambiental das empresas consultadas, grande parte das empresas (79%) realiza reaproveitamento de resíduos ou de subproduto do seu

processo produtivo. Os projetos de MDL podem ser importante ferramenta para essas atividades de melhoria da gestão ambiental.

As emissões de gases de efeito estufa, provenientes ao desmatamento e as mudanças no uso de terras contribuem com a maior parcela, aproximadamente 2/3, das emissões nacionais. Das empresas consultadas 46% realizam atividade de florestamento ou reflorestamento além da obrigação legal ou judicial. Atividade potencialmente elegível para a geração de créditos de carbono.

A demanda energética de 68% das empresas é suprida por meio de rede elétrica enquanto 14% possuem geração própria. As demais utilizam a rede compartilhada, com rede convencional e produção própria.

Entre as empresas que possuem energia compartilhada ou de produção própria, a maior parte das empresas (58%) utiliza produção por biomassa. O restante, 29% usam energia térmica a gás natural e 13% térmica a óleo. Nenhuma das entrevistadas utilizava a energia solar.

Em relação às emissões de gases de efeito estufa pelas empresas consultadas, a principal fonte da maioria das consultadas (45%) é a queima de combustíveis. Em seguida vem o transporte como fonte principal de 23% das empresas e disposição de resíduos (18%). Os demais têm como fontes o uso de solventes e aterro sanitário. Apenas 4% não possuem fontes emissoras de carbono em seu processo produtivo.

Das empresas entrevistadas, 63% aceitam a possibilidade de fazer compensação voluntária, seja total ou parcial, de suas emissões de gases de efeito estufa. Essas atividades são conhecidas com “neutralização de gases de efeito estufa”. Esse resultado destaca o grande potencial dos mercados voluntários de compensação de emissões no País, que podem ser explorados pelos promotores de projetos de MDL.

Segundo o relatório final da pesquisa em questão, esses são os princípios que baseiam a decisão para realização de inventário de emissão de GEE:

- Estabelecer uma linha de base para medir o desempenho ao longo do tempo;
- Identificar oportunidades para redução de GEE;
- Identificar oportunidades para melhoria de eficiência energética;
- Facilitar participação em mercados de carbono;
- Publicar relatório a respeito das emissões de GEE;

- o Responder a questionamentos de investidores;
- o Permitir que a empresa receba crédito por ação voluntária precoce;
- o Aumentar competitividade e diferenciação em mercados estrangeiros ou nacionais;
- o Melhorar a imagem corporativa;
- o Adquirir experiência técnica em contabilização e gestão de GEE.

No item sobre transparência e prestação de contas, 62% das empresas consultadas que realizam inventários adotam a verificação de seus inventários por terceiros com forma de garantir a transparência e credibilidade ao seu esforço.

No item sobre compromisso, 59% das empresas consultadas que realizam inventários de emissão utilizaram essa ferramenta para o estabelecimento de metas voluntárias de redução de emissões de GEE.

Quanto ao papel do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no futuro do setor, 34% acreditam que este deve ser responsável pela melhoria da performance sócio-ambiental. Dos demais, 28% afirmam que este mecanismo viabiliza projetos de investimentos, enquanto 14% apontam que este deve ou mitigar riscos ou aumentar a lucratividade. As demais instituições (10%) responderam que ele deve oferecer transferência de tecnologia.

Para as instituições consultadas, os principais fatores limitantes ao desenvolvimento dos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo são a falta de conhecimento técnico (41%), seguido por falta de divulgação (28%) e custos elevados (24%).

Para as instituições, o principal fator motivador para realização de inventários de emissões são os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (38%). A segunda maior motivação é a neutralização de emissões de carbono (21%), seguida da possibilidade de marketing sócio-ambiental (24%) e de exigência interna (10%).

De acordo com a pesquisa, as empresas estão gradativamente adquirindo maior conhecimento sobre o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões - MBRE. Em 2006, 37% responderam conhecê-lo, enquanto em 2008 esta porcentagem aumentou para 54%. Esse resultado provavelmente é devido a grande repercussão na mídia dos leilões de créditos de carbono realizados no MBRE.

### 2.1. 3.1 Questões Ambientais relacionadas às termelétricas

O gás natural é, em princípio, isento de enxofre e de cinzas. A questão da geração e chuva ácida é mínima em uma térmica a gás natural, e a contribuição para o aquecimento global, por KW gerado, é muito menor que nas correspondentes a carvão e óleo por força da melhor eficiência térmica (MENDES; DE-LEMOS, 2002). Como o gás natural é rico em hidrogênio quando comparado aos demais combustíveis fósseis a proporção de gás carbônico gerado por sua queima é significativamente mais baixa. A questão ambiental que se acentua nas instalações a gás natural é a emissão de óxidos de nitrogênio, conhecidos por "NO<sub>x</sub>". Uma turbina a gás tem níveis maiores de NO<sub>x</sub> do que caldeiras a óleo ou carvão porque a relação entre o ar e o combustível é muito maior na queima do gás (MENDES; DE-LEMOS, 2002).

Os impactos causados ao meio ambiente por uma usina termelétrica a gás são aqueles causados na qualidade e disponibilidade de água, a poluição atmosférica decorrente das emissões gasosas e os problemas decorrentes dos riscos técnicos coletivos.

Vive-se hoje uma crise de recursos hídricos e também um agravamento da contaminação atmosférica. Embora haja uma grande variedade de tecnologias de geração elétrica, nenhuma energia é produzida pelo homem sem degradar, em menor ou maior grau, o meio ambiente. Todas as tecnologias podem ser adequadas ou não, mais ou menos poluentes, mais ou menos arriscadas, isso vai depender das condições hidrológicas, geográficas, ambientais e sociais, onde estiverem instaladas as usinas.

Quando em funcionamento, as usinas causam impactos na qualidade e disponibilidade da água: qualquer máquina térmica, como um gerador de uma usina termelétrica, em seu processo de geração de energia, apresenta eficiência um pouco superior a 50%, ou seja, apenas 50% do material combustível é transformado em energia enquanto a outra metade da energia produzida na queima do combustível é descartada para o meio ambiente na forma de calor. Uma grande parte da rejeição de calor ocorre nos condensadores com a ajuda de sistemas de resfriamento, que utilizam água como fluido refrigerante. Tal sistema em uma usina termelétrica poderá acarretar:

- Alto consumo de água, pois a maior parte do que é captado (+ de 70%) é evaporado nas torres, e assim necessita de uma reposição contínua que, por sua vez, irá competir com outros usos sociais.
- Dependendo da temperatura e umidade do ar, podem formar, através das torres, neblinas com plumas de vapor d'água de alguns quilômetros de comprimento. Isto é potencializado pela utilização de anticorrosivos, que terá seu efeito sobre a vegetação nos arredores da usina, quando esta for atingida pela neblina.
- Devido às perdas pela evaporação, os sais de  $\text{Ca}_2+$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ , e  $\text{SO}_4$ , presentes naturalmente na água, aumentam suas concentrações no líquido recirculante (que resfria a turbina). Para evitar incrustações, torna-se necessário retirar constantemente uma quantidade de água, conhecida como descarga de fundo de torre, cujo conteúdo de sólidos dissolvidos é três vezes maior que o conteúdo da água captada, podendo chegar a dezenas de toneladas por dia.

Em resumo, uma usina termelétrica contribui consideravelmente para o consumo de água de uma região. Apenas para efeito de comparação, uma usina de 1200MW precisa de 1288 m<sup>3</sup>/h de água, isto equivale ao consumo de uma cidade de aproximadamente 101 mil habitantes (considerando o consumo médio em 250 litros/pessoa/dia (SNIS, 2007) e que 17% da água captada é devolvida ao meio ambiente).

Outra questão correlacionada às termelétricas é a captação de água e o tratamento de efluentes. Os efluentes líquidos produzidos possuem alta concentração de sais e contaminantes decorrentes do uso de desmineralizadores, lubrificantes, cloro, biocidas e outros produtos químicos usados para gerenciar a qualidade de água nas torres de resfriamento.

Uma importante questão a ser considerada é a poluição atmosférica devido à emissão de gases. Os poluentes liberados nos processos de combustão (monóxido de carbono, dióxido de enxofre, material particulado, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos) podem provocar vários danos à saúde pública e ao meio ambiente. Os óxidos de nitrogênio, quando lançados em grandes quantidades, podem ter reações secundárias e terciárias com outros compostos presentes na atmosfera, levando a formação de ozônio "ruim" e chuva ácida. Porém, o padrão de referência de ozônio para a nossa saúde está estabelecido na legislação ambiental brasileira

(Resolução Conama 03 de 28 de Junho de 1990) como sendo de 160 microgramas por m<sup>3</sup> de ar.

Em síntese, os riscos decorrentes da descarga de poluentes na atmosfera são:

- Contribuição adicional para gases que aumentam o efeito estufa
- Acidificação adicional da atmosfera e de vários terrenos e águas, incluindo o subsolo.
- Formação adicional de smog foto-químico.

Todas as fontes de energia provocam danos ao meio ambiente. A única exceção é a energia eólica (produzida pelos ventos), que causa apenas poluição visual nos locais onde as turbinas são instaladas. Seu maior inconveniente ainda é o seu custo excessivo, tornando-se ainda inviável.

#### **2.1.4 Projetos Compensatórios**

É bem verdade que, apesar de emitir menos CO<sub>2</sub> que as alternativas, ainda assim usinas termelétricas a gás aumentam essas emissões. Porém, existe uma solução interessante para atenuar a agressão ao meio ambiente que é promover o reflorestamento de áreas degradadas, onde as novas árvores ou a vegetação em geral absorverão o CO<sub>2</sub> da atmosfera. Pode-se demonstrar que reflorestando 50 mil hectares é possível absorver todas as emissões de uma usina de 500 MW, embora haja que se considerar o custo adicional deste reflorestamento que nesta projeção fica em aproximadamente US\$ 50 milhões, encarecendo a energia elétrica produzida.

Na UTE Mário Lago desenvolvem-se projetos de maneira a compensar os efeitos da depreciação na natureza, tais como, reflorestamento e recuperação de margens e canais. Um dos projetos inclui a aquisição de uma fazenda vizinha à Usina já iniciado o seu reflorestamento.



### 2.1.5 Captação de Água do Rio Macaé

Para as tomadas de água para sua utilização nas máquinas e também para a produção de água desmineralizada, o consumo total é de 309.600 litros /hora. A UTE Mário Lago utiliza em seu processo água com diversas finalidades, entre elas o suprimento de água de resfriamento, reservas para combate a incêndio, água potável e água desmineralizada para o controle de emissões de NO<sub>x</sub>. O abastecimento utilizado com fim industrial é feito a partir da captação no rio Macaé. A água para o processo é captada no rio Macaé a uma vazão média de 172.800 litros / hora e processada no sistema de tratamento de água da usina. A outorga limita a captação em 86 litros de água por segundo (309.600 litros / hora) e o lançamento em 12 litros de efluente por segundo (43.200 litros / hora). A captação da água no rio Macaé para abastecimento da usina é feita à jusante do ponto de lançamento dos seus efluentes líquidos conforme preconizado na Constituição Estadual do Rio de Janeiro (art. 261, parágrafo 4º).

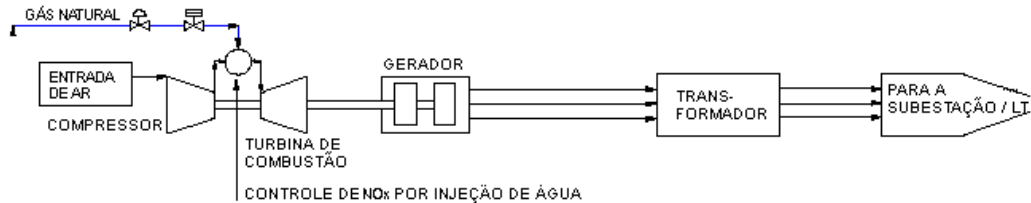
Posteriormente, a água captada passa pela Estação de Tratamento de Água (ETA), onde é submetida ao processo de clarificação e filtração por gravidade, posteriormente é bombeada para o armazenamento para suprir a Usina na sua operação, no sistema de incêndio, *make up* da torre de refrigeração de ar de entrada das turbinas e no processo de desmineralização.

O tratamento de água consiste em clarificação, filtração, produção de água potável e desmineralização. A água tratada é estocada em dois tanques de água de serviço com capacidade para aproximadamente 4.500.000 litros cada e dois tanques de estocagem de água desmineralizada de 1.440.000 litros cada.

A água de serviço é utilizada para o *make-up* das torres de resfriamento compensando as perdas obtidas durante a evaporação no próprio sistema e para a reposição da água perdida durante o descarte necessário para o T-212 por ocasião da concentração elevada de sais na água de circulação do sistema da torre. Esta água também exerce a função de suprimento do sistema de incêndio da planta.

A água potável é utilizada no suprimento do prédio administrativo, lavadores de olhos e chuveiros de emergência e é de suma importância a sua injeção direta na câmara de combustão. Com isso reduz a emissão de NO<sub>x</sub> (Óxido de Nitrogênio) nas turbinas da Usina e como efeito secundário aumenta a potência mecânica no eixo,

com aumento na geração elétrica de 45 MW para 47 MW por máquina. Isto faz com que melhore a eco-eficiência do sistema, conforme a figura a seguir:



**Figura 02-** Geração de Energia Elétrica a partir do Gás Natural, em Ciclo Simples  
 Fonte: UTE Mário Lago/ Plano de Gerenciamento e Monitoramento Ambiental, 2003.

A UTE Mário Lago possui como afluente a água captada no rio Macaé e como efluente o fluxo proveniente do T-212 e em separado os sistemas de drenagem pluvial.

A Figura 03 apresenta um registro fotográfico de campo da usina com uma vista geral da ETA bem como a canaleta de drenagem pluvial.



**Figura 03 -** Estação de Tratamento de Água da UTE Mário Lago  
 Fonte: MATOS (2008)

O tanque T-212 tem como função ser o receptor das correntes de efluentes de processo de dentro da usina e possibilitar o controle de vazão e de parâmetros de lançamento no rio Macaé.

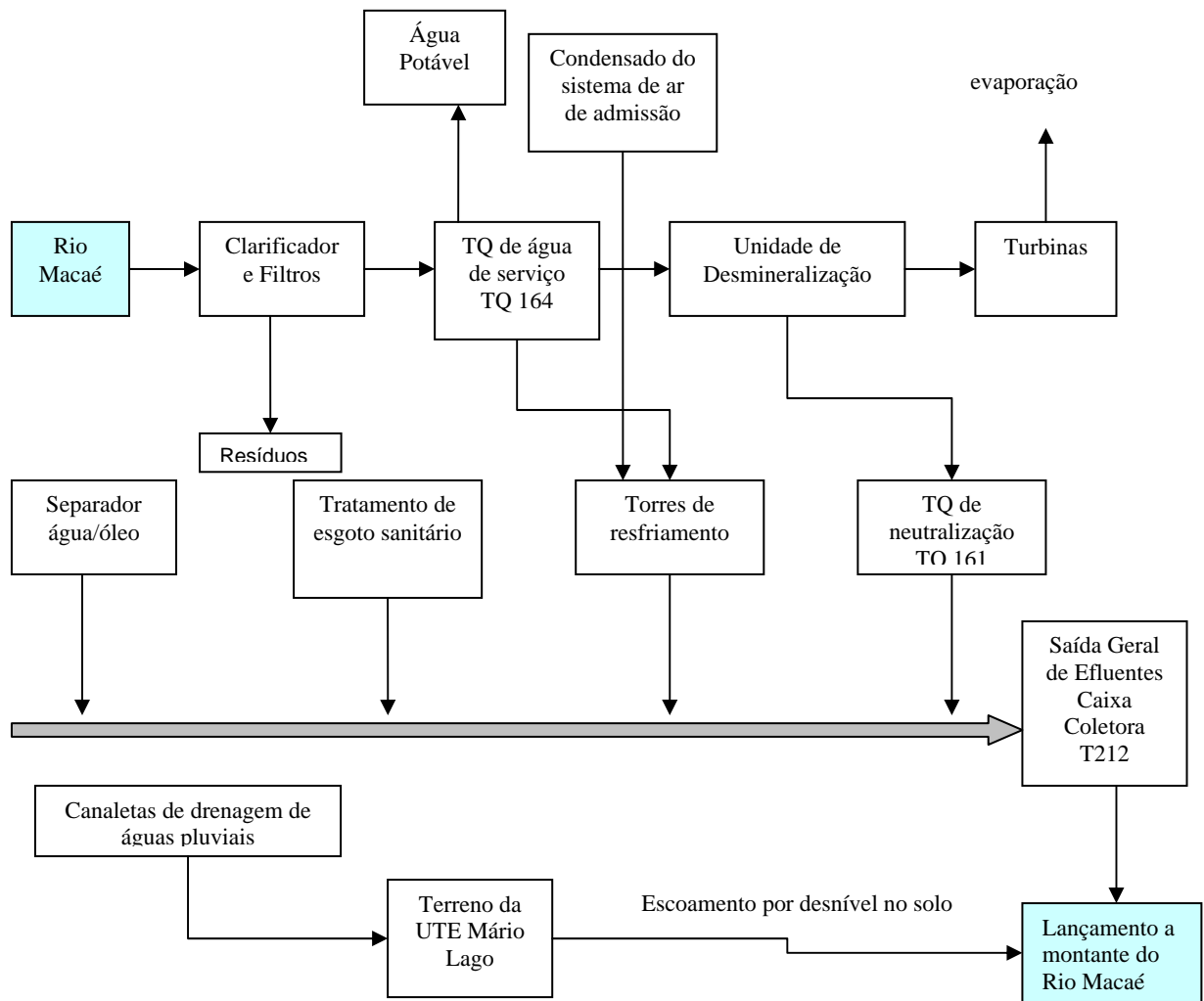
Os efluentes líquidos podem ser caracterizados em seis grandes grupos:

- a) Proveniente do sistema de tratamento de esgoto sanitário;
- b) Proveniente dos quatro sistemas separadores de água e óleo;
- c) Proveniente do sistema de neutralização da ETA;
- d) Proveniente do sistema de *blow down* das torres de refrigeração
- e) Proveniente do sistema de descarte final (saída geral de efluentes), T212;
- f) Proveniente do sistema de drenagem pluvial.

O tanque de descarte final T-212, que recebe a descarga de água neutralizada proveniente dos tanques de neutralização (T-161 A/B, com capacidade de 97.200 litros, cada) do sistema de tratamento de água e o descarte (*by pass*) da unidade de clarificação, sendo esse descarte gerado quando a turbidez da água não atende o limite estabelecido (máximo de 5 UNT).

O T-212 possui capacidade de 7.200 litros e descarta o efluente final da planta para o rio Macaé, em conformidade com os limites definidos para a UTE de Macaé, tendo por base os padrões definidos pela FEEMA e pela Resolução CONAMA 357/05.

Na Figura 04, a seguir, é apresentado o fluxograma simplificado de água onde são apresentadas as principais correntes de efluentes e da drenagem pluvial.



**Figura 04** - Fluxograma Simplificado das Principais Correntes de Efluentes e da Drenagem Pluvial.  
Fonte: MATOS (2008)

### 2.1.6 Programas Sócio-Culturais

Dentre os diversos programas sócio-culturais, a elaboração de projeto pescar, composto de jovens carentes das comunidades circunvizinhas, onde esses jovens têm a oportunidade de aprendizado escolar e profissional com o apoio e incentivo da Usina Termoelétrica Mário Lago e a direção do Gás e Energia, não só na UTE Mario Lago, como também nos diversos Centros de Produção ligados ao órgão do Gás e Energia da Petrobras.

Outras medidas sociais e culturais foram tomadas com o objetivo de adaptação ao Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), tais como:

- visitas técnicas e aulas de cidadania sobre os cuidados com o meio ambiente através de educação, monitoramento e controle ambiental.

A Incorporação das térmicas também contribui para aumentar a Segurança do Sistema Interligado Nacional.

Atualmente a flexibilidade dos combustíveis nas Usinas tem sido um dos requisitos para atender os despachos solicitados pela ONS - Operador Nacional do Sistema.

## 2. 2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores de sustentabilidade são usados para medir o desempenho na questão de desenvolvimento sustentável. Sua conceituação pode ser assim considerada:

[...] os indicadores são parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo especialmente úteis para refletir sobre determinadas condições dos sistemas em análise (normalmente são efetuados tratamentos aos dados originais, tais como médias aritméticas simples, percentis, medianas, etc.) (MAIADIGITAL, 2008).

Em geral são consideradas quatro categorias de indicadores de sustentabilidade:

- Indicadores ambientais;

- Indicadores econômicos;
- Indicadores sociais;
- Indicadores de eficiência energética.

É necessário haver mudança de paradigma para se obter um desenvolvimento sustentável global. Não basta haver mudança de mentalidade no âmbito empresarial. Toda a sociedade, em todos os níveis, precisa adotar atitudes em defesa do planeta.

O consumismo desenfreado da população mundial é incomparável frente à capacidade de regeneração do meio ambiente. Atualmente a corrida na busca da produção, em todos os níveis da cadeia social, tem-se prendido apenas no que tange ao interesse do capitalismo e de uma visão máxima de lucro, apoiada pela mídia, principalmente a comunicação mais direta, a do áudio-visual (TV), cujos intervalos comerciais estimula, na base do processo, o consumo desordenado e, conseqüentemente, gera o aumento da produção para atender ao mercado, não sendo gênero de primeira necessidade e, em alguns casos, considerados supérfluos para a subsistência.

Com a busca do lucro capitalista as medidas de redução e até mitigadoras são vistas como planos de bloqueio e impacto ao progresso, não tendo a mínima visão de futuro e preservação do meio ambiente, vendo apenas o momento.

Para garantir que haja recursos naturais, necessário à sobrevivência das gerações futuras, são fundamentais atitudes comprometedoras com o meio ambiente, responsáveis e éticas das diversas organizações.

No que diz respeito às organizações empresariais em particular, o uso dos indicadores garantem a sua sustentabilidade através da maior competitividade no mercado global, possibilitando o aproveitamento das oportunidades e geração de maiores lucros.

Uma condição-chave para fazer e medir o progresso quanto à sustentabilidade é que as pessoas que tomam as decisões tenham melhor acesso a dados relevantes. Para esse fim, têm-se os indicadores: instrumentos para simplificar, quantificar e facilitar análise de informações técnicas e para comunicá-las para os vários grupos de usuários.

Para Amaral (2004), o uso de indicadores de sustentabilidade ambiental, social e econômica nas organizações é um assunto novo tanto no Brasil como no

mundo. O autor comenta que normalmente as companhias não utilizam indicadores ou não dão muita importância aos conceitos de desenvolvimento sustentável.

Um bom indicador alerta sobre um problema antes que ele se torne muito grave e indica o que precisa ser feito para resolver tal problema. Em comunidades em crises (sejam sociais, econômicos ou ambientais), os indicadores ajudam a apontar um caminho para a solução dessas crises e, assim, para um futuro melhor.

Para a tomada de decisões políticas normalmente são adotados indicadores sociais e econômicos. Porém, para monitorar e avaliar as mudanças e seus impactos no ambiente é necessário utilizar indicadores comparativos. Os indicadores comparativos permitem um melhor acompanhamento e a tomada de medidas preventivas e pró-ativas evitando os impactos prejudiciais ao meio ambiente. Um indicador econômico não leva em conta efeitos sociais ou ambientais, assim como indicadores ambientais não refletem impactos sociais ou econômicos ou os indicadores sociais não consideram efeitos ambientais ou econômicos.

Indicadores de sustentabilidade não são indicadores tradicionais de sucesso econômico e qualidade ambiental. Como a sustentabilidade requer uma visão mais integrada de mundo, os indicadores devem relacionar a economia, o meio ambiente e a sociedade de uma comunidade.

A Norma ISO 14031 (ISO, 1999) foi formulada com o objetivo de estabelecer Avaliações de Desempenho Ambiental (EPE – *Environmental Performance Evaluation*) para empresas que tem o seu processo na indústria de transformação que impacte com o meio ambiente.

## 2. 3 RESPONSABILIDADE SOCIAL EMPRESARIAL

De forma bastante simplificada se pode conceituar o termo Responsabilidade Social Empresarial como o modo de pensar e agir eticamente em uma empresa no seu relacionamento interno e externo.

A responsabilidade social tem sido um tema recorrente no mundo dos negócios. Tem sido traduzido como um princípio ético aplicado à realidade dos negócios por uma gestão que considera as necessidades e opiniões dos diferentes *stakeholders*, isto é, do público envolvido, interessado ou diretamente impactado

pelo negócio das empresas, compreendendo o público interno (funcionários), clientes, acionistas, comunidade, meio ambiente, fornecedores, governo, sociedade e outros.

A adoção da responsabilidade social no mundo dos negócios representa um bom caminho para a administração de riscos, pois tem como princípios a transparência e o diálogo. A comunicação com os *stakeholders* ajuda a identificar problemas comuns e a buscar em conjunto por suas soluções.

Enfatizando, a empresa socialmente responsável deve investir na relação ética, transparente e de qualidade com todo o seu público de relacionamento. Por exemplo, praticar o diálogo na relação com os conselhos comunitários em encontros periódicos, através de pesquisas quantitativas ou qualitativas e através de reuniões com representantes de cada grupo de interesse.

As iniciativas voltadas para uma gestão socialmente responsável devem se concretizar em ações pontuais, conectadas com a missão, visão, planejamento estratégico e posicionamento da empresa de tal forma que representem um compromisso efetivo para o desenvolvimento sustentável.

Ursini (2008) lembra que a responsabilidade social não é simplesmente envidar uma ação social, através do investimento social privado, ou pela via do estímulo ao voluntariado. Há de ter o alcance suficiente para que possa influenciar a comunidade empresarial a praticar um outro tipo de contribuição, bastante importante para a sociedade que é a gestão dos impactos ambientais, econômicos e sociais. Responsabilidade social e sustentabilidade são conceitos e práticas que devem andar juntas. O conceito de sustentabilidade empresarial, segundo a mesma autora, pressupõe o crescimento da empresa de forma rentável que gere resultados econômicos, contribuindo para o desenvolvimento da sociedade e para a preservação do planeta. Deve levar em conta o *Tripple Bottom Line*, onde a empresa gera seus resultados, focando o resultado econômico, mas igualmente atenta aos resultados ambiental e social que se adiciona.

Enfim, a Responsabilidade Social Empresarial (RSE) é antes uma atitude que vai refletir a ética da empresa com a busca da melhoria contínua. Hoje já existem normas que norteiam as atividades da empresa dentro de um gerenciamento ético e social. A importância de normas e padrões está principalmente na definição e concordância de termos e procedimentos, o que permite comparar uma empresa com as demais no mercado.



Hoje com relação ao meio ambiente, a certificação internacional mais aceita é a ISO14000, que atesta a performance ambiental da empresa. Quanto à Responsabilidade Social, existem dois principais padrões:

- SA8000 (*Social Accountability 8000*) e
- AA1000 (*Accountability 1000*).

A SA8000 é uma certificação internacional que tem como objetivo a garantia dos direitos básicos dos trabalhadores, sendo mais adaptável a empresas que possuam processos produtivos industriais. Enquanto a AA1000 é um modelo de gestão auditável sugerido pela organização inglesa ISEA, que estabelece passos para a adoção de um processo ético e socialmente responsável, melhorado continuamente e que tem como base o diálogo com os *stakeholders*.

No Brasil, a organização que agrupa empresas comprometidas com a responsabilidade social empresarial é o Instituto Ethos. Na definição do Instituto Ethos:

Responsabilidade social empresarial é a forma de gestão que se define pela relação ética e transparente da empresa com todos os públicos com os quais ela se relaciona e pelo estabelecimento de metas empresariais compatíveis com o desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais para as gerações futuras, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais. (INSTITUTO ETHOS, 2008)

Em outras palavras, é necessário que cada vez mais as organizações se capacitem para reconhecer seus impactos ambientais, econômicos e sociais e, a partir daí construir relacionamentos de valor com seus *stakeholders*.

O Instituto Ethos institui um instrumento de avaliação para as empresas onde os indicadores propostos englobam temas relacionados a valores e transparência, ao público interno, ao meio ambiente, aos fornecedores, aos consumidores, as comunidades, ao governo e a sociedade. Através desse instrumento torna-se possível comparar os resultados de uma empresa com o cenário global de outras empresas correspondente.

Assim, desenvolvimento sustentável e responsabilidade social são conceitos que se aplicam em conjunto. Exemplos disto estão na prestação de contas da performance social e ambiental, além da performance financeira em um balanço aberto da empresa. Outra aplicabilidade está na elaboração e aplicação de um código de conduta interna na empresa. Assim como no marketing social onde a

empresa deixa sua marca ou produto associado a uma causa social, gerando benefício mútuo. No investimento social, através do apoio financeiro ao projeto social, mas acompanhando sua execução e cobrando os resultados.

Ursini (2008) enfatiza que implementar um processo de educação para a sustentabilidade é fundamental para que se compreenda o contexto e a necessidade de mudanças - mudança na cultura organizacional, nos processos, produtos e, em última instância, nos modelos de negócio. Segundo a autora, a educação corporativa e os sistemas de gestão têm um papel essencial nisto. A responsabilidade social empresarial não pode ser atribuída apenas em nível institucional, mas precisa ser ratificada pelo público interno.

A prática da sustentabilidade e da responsabilidade social na gestão dos negócios representa um desafio constante e deve expressar um compromisso efetivo em todos os escalões da empresa. “É o compromisso do público interno traduzindo a qualidade da inserção do tema na cultura organizacional” (URSINI, 2008). Trata-se, então, de contar efetivamente com o comprometimento dos diferentes níveis hierárquicos da empresa em minimizar causas e impactos nas graves questões que afetam a sociedade como a geração de empregos, melhoria na distribuição de renda, educação, etc.

O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (*World Business Council for Sustainable Development - WBCSD*) voltado para os desafios e as oportunidades de desenvolvimento sustentável se baseia em três pilares:

- 1) a geração de riqueza econômica;
- 2) a melhoria ambiental;
- 3) a responsabilidade social.

O terceiro desses pilares, a responsabilidade social, é parte integrante da agenda de uma política internacional, embora não se tenha formulada uma definição de responsabilidade social empresarial universalmente aceita.

Para a WBCSD uma estratégia de RSE coerente deve se apoiar na integridade, em sólidos valores empresariais e em uma abordagem de processo em longo prazo. Isto traz benefícios visíveis às empresas e uma contribuição positiva ao bem-estar da sociedade. A estratégia de RSE oferece às empresas a oportunidade de demonstrarem sua face humana. Também requer o engajamento no diálogo aberto e em parcerias construtivas com o governo em vários níveis: OIGs

(organizações intergovernamentais), ONGs (organizações não governamentais), outros constituintes da sociedade civil e especialmente, comunidades locais.

Para implantar suas estratégias de RSE, as empresas devem reconhecer e respeitar as diferenças locais e culturais, e ao mesmo tempo manter padrões e políticas globais consistentes; e finalmente, respeitar diferenças locais significa tomar iniciativas específicas.

Muitas empresas têm mudado sua visão sobre o gerenciamento da responsabilidade social empresarial. A RSE não é mais vista como um custo ou um problema adicional para uma gerência já sobrecarregada de pressões. Ao contrário, a RSE tem sido enfocada cada vez mais como sendo não somente uma maneira de aliar bom senso a bons negócios, mas também como uma contribuição ao sucesso no longo prazo das empresas e até mesmo como contribuição à sobrevivência das mesmas.

É importante que se reconheça que RSE significa mais do que promulgar os valores e princípios de uma empresa, pois responsabilidade social empresarial também depende da compreensão dos valores e princípios daqueles que se beneficiam ou que são de alguma forma afetada pela sua operacionalização.

O *World Business Council for Sustainable Development - WBCSD* apresentou os seguintes pontos conclusivos no relatório “Respondendo a Novas Expectativas” (*Meeting Changing Expectations*) abordando a importância de:

- Reconhecer que as prioridades de RSE hoje são os direitos humanos, os direitos trabalhistas, proteção ambiental, o envolvimento da comunidade e relações com fornecedores;
- Apoiar a visão de que uma estratégia de RSE coerente, baseada na integridade, em valores empresariais sólidos e em uma abordagem em longo prazo, claramente oferece benefícios às empresas;
- Estimular as empresas a articularem seus próprios valores básicos e códigos de conduta; não sendo isso possível por qualquer razão, estimular as empresas a endossarem e implantarem códigos elaborados por outras entidades / empresas; e
- Enfatizar a importância do respeito às diferenças locais e culturais quando da implantação de políticas globais.

### 3 A USINA TERMOELÉTRICA MÁRIO LAGO DA PETROBRAS

A Petrobras, criada em 1953, é considerada a sexta maior companhia de petróleo do mundo com base no valor de mercado. A empresa é uma sociedade anônima de capital aberto que atua de forma integrada nos seguintes segmentos da indústria de óleo, gás e energia: exploração e produção, refino, comercialização, transporte e petroquímica, distribuição de derivados, gás natural, biocombustíveis e energia elétrica. Líder no setor petrolífero brasileiro e distribuição de combustível automotivo, ela vem expandindo suas operações para estar entre as cinco maiores empresas integradas de energia do mundo até 2020.

Em 2007, a Petrobras passou por importantes avanços no campo da responsabilidade social que se refletiram na gestão e no relacionamento com suas partes interessadas. Sempre buscando alinhar suas atividades aos dez princípios do Pacto Global da ONU, a empresa participou de iniciativas nacionais e internacionais e desenvolveu projetos que demonstram seu comprometimento com a redução das desigualdades sociais e a minimização dos impactos ambientais de suas atividades. Como reconhecimento, teve sua participação renovada no *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI) e no Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores de São Paulo (ISE - Bovespa).

A Petrobras divulga institucionalmente em seu site o conceito de Responsabilidade Social como: “(...) a forma de gestão integrada, ética e transparente dos negócios e atividades e das suas relações com todos os públicos de interesse”. Dentro desta filosofia e compromisso social, a empresa está: “promovendo os direitos humanos e a cidadania, respeitando a diversidade humana e cultural, não permitindo a discriminação, o trabalho degradante, o trabalho infantil e escravo” (PETROBRAS, 2008). Dessa forma procura contribuir para o desenvolvimento sustentável e para a redução da desigualdade social concomitantemente.

A importância crescente do *desenvolvimento sustentável* na atividade das empresas leva um número crescente de investidores a integrar os critérios econômicos, ambientais e sociais nas suas análises de mercado e a utilizar a sustentabilidade como um novo indicador para a gestão do futuro. O *Dow Jones Sustainability Index World* (DJSI) foi lançado em 1999 como o primeiro indicador da

*performance* financeira das empresas líderes em sustentabilidade em nível global. A inclusão de uma empresa no DJSI dá-lhe diversos benefícios, tangíveis e intangíveis:

- Reconhecimento público da liderança industrial em áreas estratégicas de dimensão econômica, ambiental e social.
- Reconhecimento de importantes grupos de interesse tais como legisladores, clientes e empregados.
- Resultados visíveis imediatos e de grande impacto, tanto internamente como externamente, visto os resultados serem publicamente anunciados e as empresas ficarem associadas ao símbolo oficial '*Member of DJSI*'.
- Benefícios financeiros como resultado dos investimentos baseados no Índice.

A Petrobras é membro fundador do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e vem implementando indicadores em suas unidades de negócio, bem como ações e práticas voltadas para o desenvolvimento sustentável (AMARAL, 2004).

Implantada pela multinacional americana *El Paso* em 2001 e adquirida pela Petrobras em 2006, a UTE Mário Lago é uma usina termoelétrica à gás natural que se encontra sob responsabilidade da Termomacaé Ltda, e que por sua vez pertence 99% a Petrobras e 1% a Gaspetro, fazendo parte da Gerência Executiva de Operações e Participações em Energia, da área de negócios de Gás e Energia (GE) da Petrobras. A área de Gás e Energia da Petrobrás disponibiliza, via intranet, o chamado Centro de Monitoramento e Controle das Usinas Termelétricas onde é possível a verificação *on-line* da operação das unidades turbo-geradoras da UTE Mário Lago e das demais térmicas pertencentes à Petrobras.

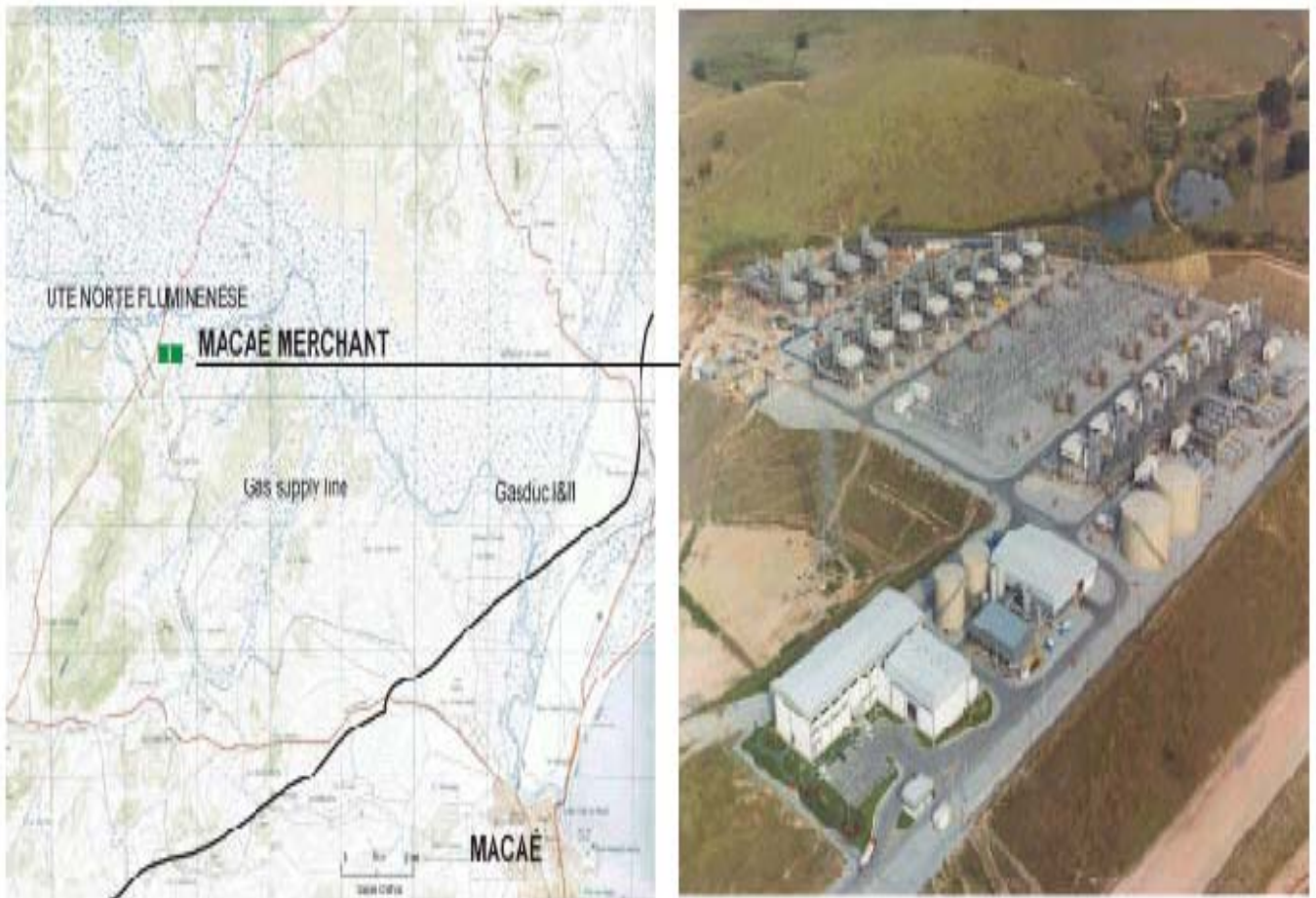
The screenshot shows the Petrobras CMC intranet interface. The main content area is titled "Usinas do Parque Gerador Termelétrico" and features a map of Brazil with callouts to various thermal power plants (UTEs). The interface includes a navigation menu on the left with options like "Painel Geral", "Comparativo Potências Brutas", and "Usinas Termelétricas". The main content area lists 17 UTEs with their names, abbreviations, and locations. The browser window shows the URL "http://s6010ws27.corp.petrobras.biz/cmc/default.aspx" and the system tray at the bottom indicates the time as 14:16.

Nome da Usina	Abreviação	Estado
UTE Termopetrobrina	UTE-TP	PE
UTE Termoceará	UTE-TC	CE
UTE Jesus Soares Pereira	UTE-JSP	BA
UTE Termocabo	UTE-TM	BA
UTE Rômulo Almeida	UTE-RA	BA
UTE Bahia I	UTE-BI	BA
UTE Celso Furtado	UTE-CF	BA
UTE Auréliano Chaves	UTE-AC	MS
UTE Juiz de Fora	UTE-JF	MS
UTE Mário Lago	UTE-ML	MS
UTE Gov. Leonel Brizola	UTE-GB	MS
UTE Barbosa Lima Sobrinho	UTE-BLS	MS
UTE Luís Carlos Prestes	UTE-LCP	MS
UTE Fernando Gasparian	UTE-FG	MS
UTE Sepé Tiaraju	UTE-ST	MS
UTE Euzébio Rocha	UTE-ER	MS
UTE Araucária	UTE-AR	PR
UTE Fernando Gasparian	UTE-FG	SP
UTE Sepé Tiaraju	UTE-ST	SP
UTE Euzébio Rocha	UTE-ER	SP

**Figura 05** - Tela do CMC disponível na intranet da Petrobras - Localização mostrando as Usinas do Parque Gerador Termelétrico  
Fonte: Intranet da PETROBRAS (2008).

A usina conta com 137 funcionários, sendo 5 funcionários da Petrobras, 52 funcionários da Termomacaé absorvidos na aquisição da usina e cerca de 80 funcionários de empresas contratadas. Sua capacidade de geração de energia é de 928 MW através de 20 turbo geradores de energia elétrica a gás natural em ciclo aberto. O fator de disponibilidade garantida da usina é de 90% da sua capacidade devido às condições de demanda previstas no Sistema Interligado Nacional - SIN. A partir de meados de 2006 a usina foi adquirida pela Petrobrás, já que, anteriormente, ela pertencia à multinacional americana El Paso, no contexto de empresa privada.

A usina está localizada próxima ao km 164 da BR 101, no município de Macaé, na localidade de Severina, em um terreno próprio, sendo a área construída 200.000 m<sup>2</sup> e a área total do terreno 3.000.000 m<sup>2</sup>.



**Figura 06** - Localização Regional e Vista Aérea da Usina em Construção  
 Fonte: UTE Mario Lago/Plano de Gerenciamento e Monitoramento Ambiental (2003)

A termoelétrica encontra-se em uma área rural (de acordo com o zoneamento da região), sendo vizinha a Usina Termoelétrica Norte Fluminense e a Subestação de Furnas, de onde é distribuída a energia gerada nessas duas unidades e entregue ao SIN - Sistema Interligado Nacional.

A usina foi construída no ano de 2001, em tempo considerado recorde (nove meses), sobre uma área recoberta predominantemente por pastagens, tratando-se de uma área morreada, 40m acima da cota de inundação do rio Macaé. Está a 700 m da Rodovia BR 101 e a 1.000 m do rio Macaé, curso d'água utilizado para abastecimento do empreendimento. Dista mais de 10 km da área urbanizada e de qualquer área natural protegida por lei como as Unidades de Conservação. Possui topografia acidentada e está localizada sobre uma elevação natural, encontrando-se a aproximadamente 165 metros acima do nível do mar. A planta é cercada por áreas livres nos três lados e somente em um dos lados, a aproximadamente 800 metros há outra usina termoelétrica, a UTE Norte Fluminense.

O rio Macaé está localizado a 1,5 km a uma cota inferior. Nos fundos da planta passa um córrego canalizado com diferença de cota de 20 metros. O clima é do tipo quente e úmido na maior parte do ano com temperaturas que variam entre 18°C e 30°C, amplitude térmica considerável ocasionada pela troca de ventos entre o litoral e a serra, relativamente próximos. A umidade relativa é de 60% a 100%. Média máxima de velocidade do vento é de aproximadamente 5 m/s (18 km/h) e média anual é de 4.6 m/s.

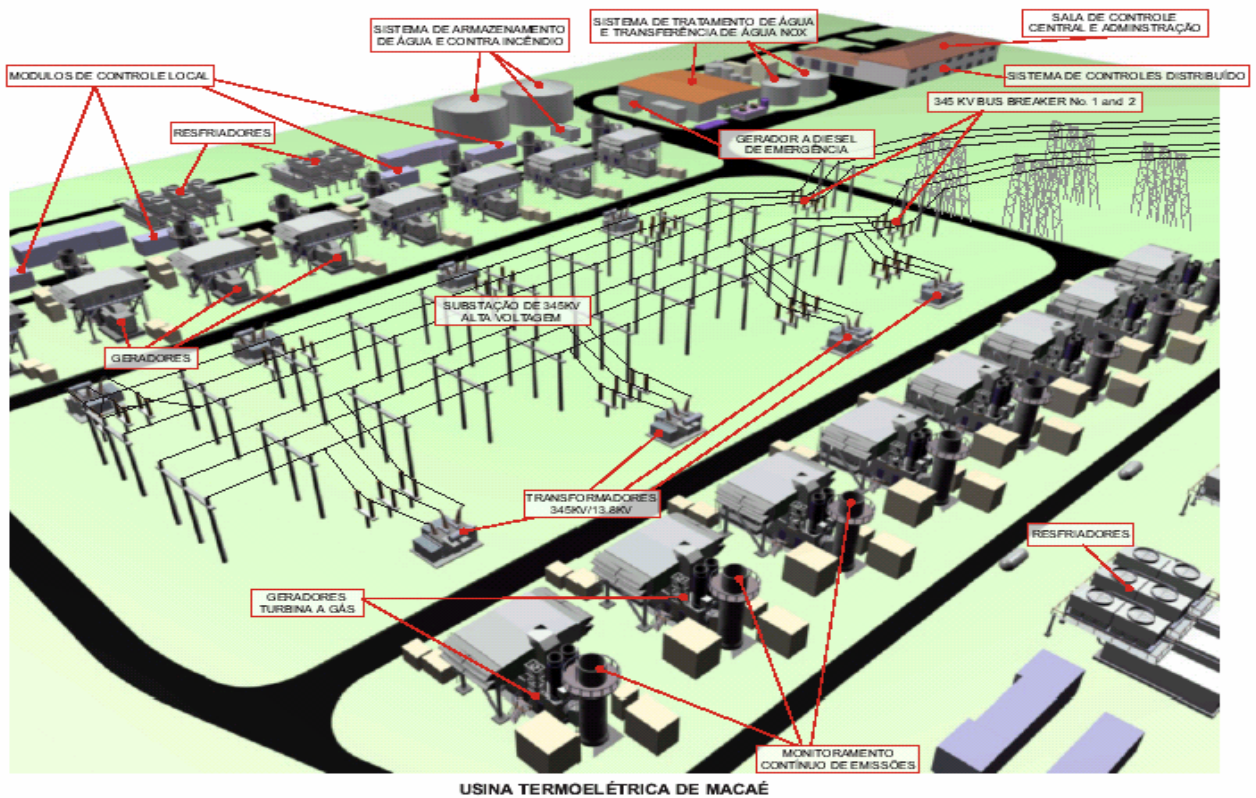
- A UTE Mario Lago opera em ciclo simples, também comumente chamado de ciclo aberto, sendo equipada com vinte turbinas de combustão interna LM 6000 da GE, movidas a gás natural. A usina está localizada em uma área de 300 hectares na região rural do Município de Macaé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.
- A altitude do local varia de 5 a 50 metros acima do nível do mar e, originalmente, era um terreno com ligeiro declive recoberto de espécies gramíneas, arbustos e árvores de médio porte, utilizado no passado como área de pastagem.
- O empreendimento é constituído pelos seguintes componentes:
  - Geradora de energia;
  - Gasoduto exclusivo.
- A linha de transmissão de 345 kV, pertencente a FURNAS e que atravessa o terreno do projeto, é usada para a conexão com a rede de transmissão de energia, eliminando assim a necessidade de linhas de transmissão adicionais.
- A planta possui os seguintes equipamentos e sistemas principais:
  - 20 turbinas de combustão movidas a gás natural;
  - 20 geradores refrigerados a ar;
  - 15 resfriadores de ar chamados *chillers*;
  - 10 transformadores elevadores de tensão 13,8 KV para 345 KV;
  - Sistema de tratamento de água;
  - Sistema de coleta e tratamento de efluentes composto de um tanque coletor de efluente final, 4 separadores de água e óleo e sistema de tratamento de esgoto;



- Sistema de monitoramento contínuo de emissões atmosféricas (CEMS);
- Sistema de redução de ruídos;
- Sistema de coleta e disposição de resíduos sólidos;
- Sistemas elétricos auxiliares;
- Sistemas de monitoramento central por câmeras, de controle operacional geral da planta, de proteção contra incêndio e de comunicação.

Após a elevação para 345 KV, pelos transformadores, da tensão gerada em 13,8 KV, o disjuntor da usina conecta a planta à rede regional de transmissão através da subestação (Subestação de Conexão), que alimenta a linha de transmissão de FURNAS e, conseqüentemente, ao SIN – Sistema de Interligação.

A Figura, a seguir, dá uma visão do sistema elétrico da Usina Termoelétrica Mário Lago Macaé.



**Figura 07** - Vista do Sistema Elétrico da Usina Termoelétrica Mario Lago, Macaé.  
Fonte: UTE Mário Lago

A primeira turbina entrou em operação em novembro de 2001, sendo que a usina foi ampliada de 16 para 20 unidades turbo geradoras e estas quatro últimas unidades construídas (unidades 17, 18, 19 e 20) começaram a gerar energia em junho de 2002. O fator de disponibilidade garantida da usina é de 90% da sua capacidade, devido às condições de demanda previstas no sistema integrado. É prevista a ocorrência de breves interrupções para a realização de atividades programadas de manutenção, ao longo do período de funcionamento da UTE Mario Lago.

### 3.1 A ESTRUTURA DO TRABALHO

A UTE Mário Lago está situada ao norte do Estado do Rio de Janeiro, a cerca de 180 km da cidade do Rio de Janeiro, capital do estado do Rio de Janeiro e a aproximadamente 28 km da cidade de Macaé e 100 km da cidade de Campos.

Localizada entre duas importantes capitais de Estado, Rio de Janeiro e Vitória, Macaé conta com malha rodoviária e ferroviária, um aeroporto e um porto – hoje operado pela Petrobras. Macaé tem como acessos principais a BR-101 e a Rodovia Amaral Peixoto (RJ 106). A malha rodoviária da BR 101, Rio de Janeiro – Campos, que passa próximo à Usina está sendo privatizada em fase de melhorias. O aeroporto de Macaé foi reformado e ampliado recentemente.

A área construída do empreendimento é de, aproximadamente, 200 km<sup>2</sup>, cerca de 1,6% da área total do terreno, de aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup>.



**Figura 08** - Localização Geográfica da UTE Macaé  
Fonte: UTE Mário Lago (2007)

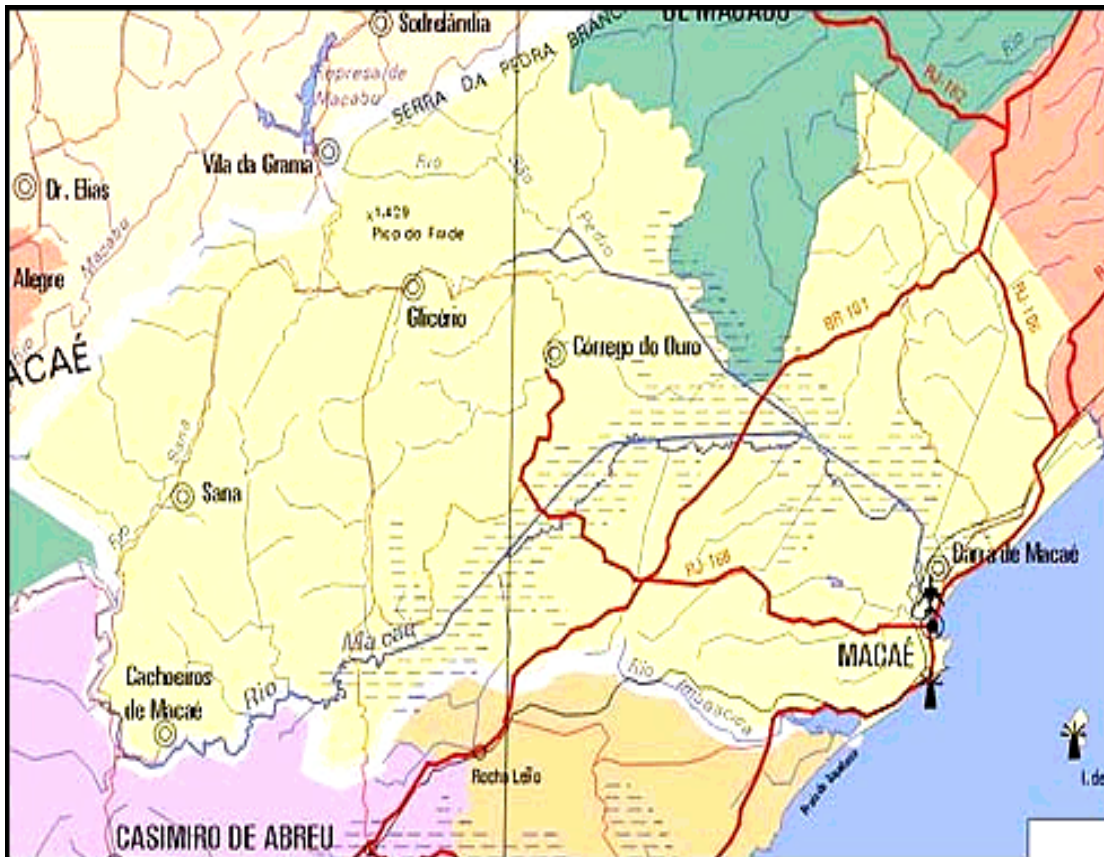


Figura 09 - Localização da UTE Mário Lago no quadro regional  
 Fonte: UTE Mário Lago (2007)

Esta Usina está situada no município de Macaé, no Estado do Rio de Janeiro, com seu parque industrial em uma área instalada de 3 000 m<sup>2</sup>, conforme Figura 10, a seguir.

## USINA UTE - MÁRIO LAGO



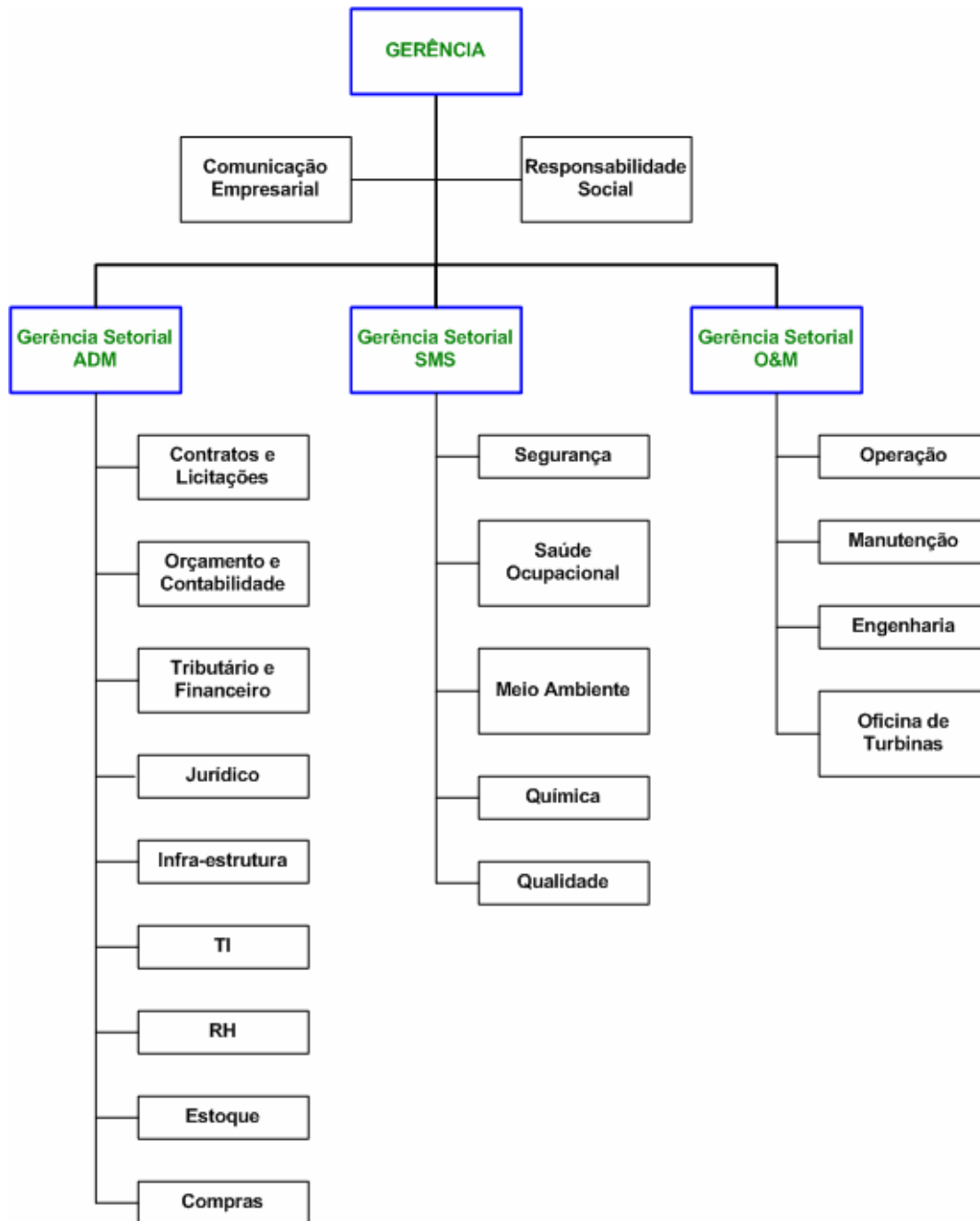
**Figura 10** – UTE Mário Lago  
 Fonte: UTE Mario Lago/SINPEP (2008)

ETA	Estação de Tratamento de Água
ADM	Prédio de Administração de escritórios, refeitório, auditório e sala de controle da planta.
T	Tanque

A sua produção elétrica está distribuída em 20 Turbos geradores de 45 mW de potência elétrica e tensão (voltagem) de 13.800 volts, perfazendo um total de 928 MW.

O organograma da usina está assim distribuído:

- Gerencia Geral da Usina composta dos setores:
- Setor de Administração
- Setor de SMS (Segurança Meio Ambiente e Saúde)
- Setor de O & M (Operação e Manutenção)



**Figura 11** - Organograma da Usina Termoeletrica Macaé – RJ  
 Fonte: UTE Mario Lago (2008)

- **Setor de Administração:**

Setor de apoio no que tange não só a parte administrativa em si, mas também, almoxarifado e elaboração e fiscalização de contratos, bem como apoio a todos os outros setores. O efetivo da usina conta com 137 funcionários sendo 80 funcionários contratados, 52 funcionários próprios da antiga *El Paso* e 5 funcionários da Petrobras, sendo 4 gerentes e 1 coordenador de novos contratos. Estes 5 funcionários têm por objetivo principal a implantação da Política das 15 Diretrizes

Corporativas de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da Petrobras, através do PSP – Programa de Segurança do Processo.

- Setor de SMS:

Setor de apoio que compõe Segurança, Meio Ambiente e Saúde, responsável por todos os desvios, incidentes e acidentes de pessoas ou de meio ambiente na Usina e investigações. Também pelo controle médico – PCMSO (Programa de Controle de Saúde Ocupacional) e PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), Elaboração de índices de controle, programas comportamentais, pró-ativos de acidentes e monitora a agressão ao meio ambiente, informando a FEEMA em tempo real.

- Setor de O & M (Operação e Manutenção):

Este é o setor responsável por toda a produção da Usina (geração elétrica, distribuição e entrega à concessionária FURNAS, que interligará ao SIN (Sistema Interligado Nacional). Também inclui toda a área de manutenção da Usina, a saber, as oficinas de manutenção e oficinas de turbinas, simultâneas à produção dentro da Usina. Funcionam diversas atividades: algumas de investimentos e ampliação e outras de pesquisas laboratoriais.

### **3.1.1 Sistemas de Gestão SGI / PSP / 15 Diretrizes**

A UTE Mário Lago estabeleceu seu sistema de gestão de acordo com a Gestão Integrada da Gerência Executiva de Operações e Participações em Energia da área de negócios de Gás e Energia da Petrobrás, estando fundamentado nos referenciais normativos NBR ISO 9001(2000), NBR ISO 14001(2004) e OHSAS 18001(1999). A migração para a OHSAS 18001 (2007) terá início na primeira Auditoria de Manutenção, seis meses após a Certificação (setembro de 2008). A Usina Termoelétrica de Mário Lago foi auditada de 1 a 5 de setembro e dia 19 de setembro. Foi indicado para certificação juntamente com as outras três Usinas: Termo Ceará, Aureliano Chaves (MG) Celso Furtado (BA).

Na implantação de um Sistema de Gestão Multisite, a auditoria de Certificação é feita por amostragem, tendo sido escolhidas, pelo BVCert, as

seguintes Usinas Termelétricas e Gerências da Sede, nas datas abaixo relacionadas:

UTE-CF	25 a 29 de Agosto de 2008
UTE-MLG	01 a 05 de Setembro de 2008
UTE-TCE	08 a 12 de Setembro de 2008
UTE-ACH	15 a 19 de Setembro de 2008
Escritório Central e Todas as Gerências da Sede	15 a 19 de Setembro de 2008

Apesar de definida a amostragem, é premissa do Organismo de Certificação solicitar evidências de cumprimento dos requisitos das normas de certificação a qualquer UTE não inserida no escopo amostral.

No caso da manutenção da certificação, o SGI será re-auditado pelo BVCert de forma cíclica, semestral e permanente, ou seja, a térmica que não for auditada neste primeiro momento poderá ser auditada em intervalos de seis meses.

No sistema PROAUDI são registrados os resultados das Pré-auditorias, e no sistema SIGA é realizado o tratamento das não conformidades, observações e oportunidades de melhorias, evidenciadas na pré-auditoria.

De acordo com a Gerência Executiva de Operações e Participações em Energia da Divisão de Gás e Energia da Petrobrás S.A. o SGI é um grande passo para a GE-OPE, mas apenas o primeiro na busca da excelência em gestão, visando ampliar o valor, a competitividade e a sustentabilidade do negócio.

A UTE Mario Lago, a partir de 2006, buscou atender aos objetivos e metas de padronização estabelecidas corporativamente pela Petrobrás, principalmente a implantação de sistemas corporativos, por exemplo:

- SINPEP: Sistema Integrado de Padronização Eletrônica da Petrobras
- SIGA: Sistema Integrado de Gestão de Anomalias
- SMSNET: Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde
- SIGLA: Sistema de Gestão de Licenças Ambientais
- SIGEA: Sistema de Inventário e Gerenciamento de Emissões Atmosféricas
- PROAUDI: Programação de Auditoria
- SCR: Sistema Corporativo de Resíduos



- Data Hidro: Sistema Corporativo de Dados sobre Recursos Hídricos e Efluentes

O sistema utilizado para gerenciamento dos indicadores da UTE Mário Lago bem como das demais térmicas do Gás e Energia da Petrobras é o SIGER.

- SIGER: Sistema de Gestão por Resultados

Paralelamente a UTE Mário Lago possui o PSP – Programa de Segurança do Processo onde estão sendo implantadas as 15 Diretrizes da Petrobras.

### 3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA NA TERMOELÉTRICA

A usina termoelétrica a gás natural tem como produto final a geração de energia elétrica após os diversos processos para a conversão a partir da matéria-prima do gás natural. O gás natural chega até o parque industrial através de quilômetros de gasodutos subterrâneos e protegidos da erosão e dos efeitos da oxidação através de proteção catódica e corrente imposta que evitam a oxidação dos metais além de demarcação segura das áreas circunvizinhas e proteção mecânica.

O gás antes de ser transportado é filtrado e desumidificado além de ter a sua pressão aumentada para 49 bar de pressão para compensar as perdas de trajeto.

Especificamente a Termomacaé, o gás é oriundo de Cacimbas no Espírito Santo, passa por uma unidade de bombeio de Cabiúnas, em Macaé, onde é feita a medição do gás e transportado até a usina. O transporte é de responsabilidade do Órgão da Petrobrás - Transpetro.

A comercialização do gás é feita através da CEG – Companhia Estadual do Gás que dispõe de uma unidade de medição e controle antes da entrada do parque industrial – o *city gate*. Após a unidade da CEG, o gás passa por um cromatógrafo para confirmar a sua qualidade antes da distribuição para as máquinas.

O gás natural é aquecido para uma temperatura aproximada de 70 ° centígrados e protegido por isolantes térmicos envoltos na tubulação com intuito de garantir a referida temperatura.

O gás natural antes da entrada na máquina passa por um processo de purificação e em seguida pelas válvulas de segurança, controle e dosadora de onde

se faz a aceleração da máquina de acordo com a potência solicitada pelo gerador elétrico.

O turbo gerador como é comumente chamado é um conjunto compreendido por uma máquina motriz (turbina a gás natural) que movimenta o gerador elétrico ao qual está interligado.

O conjunto turbo-gerador fica dentro de um casulo também chamado de HOOD, onde tem seus diversos periféricos que assessora a partida e a manutenção funcional da máquina motriz.

A voltagem (tensão) de saída do gerador é de 13.800 volts onde passa por um transformador elevando essa tensão de 13.800 volts para 345.000 volts para ser entregue ao SIN – Sistema Integrado Nacional através da estação de Furnas e controlado pelo ONS - Operador Nacional do Sistema.

A geração de uma usina termoeletrica a gás natural depende de uma serie de recursos naturais, tais como:

- Água:

A água é captada para ser usada nos diversos estágios do processo. Especificamente a termoeletrica Macaé faz uma captação de 309.600 litros de água do rio Macaé e após o seu tratamento devolve apenas 86.000 litros ao rio Macaé. Também a produção de água desmineralizada para ser usada na área industrial bem como a água NO<sub>x</sub> que é injetada na câmara de combustão da máquina onde melhora a eco-eficiência das máquinas, aumentando em 2MW, isto é, aumenta a potência de 45 MW para aproximadamente 47 MW além de baixar o NO<sub>x</sub> - Oxido de Nitrogênio - para menos de 35 ppm, sendo o limite da FEEMA de 65 ppm.

Com a água tratada produz-se a água potável que serve para ser usada nos lava-olhos de emergência, para lavagens e serviços gerais.

Por ser uma usina de ciclo aberto a descarga dos gases de exaustão da máquina é expelida na atmosfera e monitorada através de equipamentos e enviados em tempo real à FEEMA.

Uma usina termoeletrica a gás natural pode ser de ciclo aberto ou ciclo combinado. No ciclo aberto a descarga dos gases é diretamente expelida para a atmosfera e detém um rendimento de 42 %. Nas usinas que dispõem de máquinas com ciclo combinado a descarga dos gases das máquinas é reaproveitada em seu poder calorífico para aquecimento de uma caldeira que produz vapor e movimenta

uma segunda turbina a vapor acoplada a um outro gerador e com isso o seu rendimento aumenta para 66%, aproximadamente.

Todos os cuidados devem ser tomados com o meio ambiente de modo a reduzir os impactos e melhorar a eco-eficiência. Também os profissionais envolvidos no processo são devidamente treinados e capacitados para monitorar e controlar ou até mesmo eliminar os resíduos gerados de modo a reduzir os impactos com o meio ambiente e melhorar a eco-eficiência, isto é, melhor aproveitamento dos recursos naturais tendo um melhor rendimento e otimizando melhor o seu processo.

As UGs – Unidades Geradoras como assim são denominadas, são compostas de máquina motriz (turbina) e gerador. Os geradores de uma usina termoelétrica a gás natural são monitorados e controlados pelos operadores através de computadores na sala de controle, que recebem ordem para gerar energia em uma potencia pré-determinada para ser entregue ao sistema SIN - Sistema Integrado Nacional, através do ONS – Operador Nacional.

Para que as máquinas possam funcionar faz-se necessário, além do combustível, diversos periféricos auxiliares e insumos que são de vital importância, tais como: captação de água dos recursos naturais em grandes volumes, (conforme figura n.º 3 Fluxograma Simplificado das Principais Correntes de Efluentes e da Drenagem Pluvial) onde são bombeadas para tanques, em seguida são tratadas na ETA – Estação e Tratamento de Água através de filtros e clarificador. Nessa etapa são usados produtos químicos que vão para o tanque de serviço e separam água potável, água industrial para a torre de resfriamento e a água desmineralizada que vai para o tanque de neutralização e também é injetada na câmara de combustão da turbina, diminuindo os efluentes aéreos de NO<sub>x</sub> – Oxido de Nitrogênio.

Os compressores industriais de ar de serviço, um dos periféricos auxiliares, são para acionar todo o comando pneumático da máquina e tem forte influência na segurança do processo.

Outro periférico auxiliar são os transformadores de saídas que elevam a tensão gerada para a transmissão e transformadores que baixam a tensão para 4.160 volts para os motores industriais e 440 volts, 220 volts e 110 volts para uso das oficinas e iluminação.

A rede de incêndio que faz parte da segurança industrial é normalmente composta de casa de bombas elétrica, diesel e uma pequena bomba elétrica para manter a rede de incêndio pressurizada.

Também em pontos estratégicos para monitorar o meio ambiente são colocados sistemas eletrônicos que fazem a medição da qualidade do ar, enviando o resultado ao órgão fiscalizador em tempo real. Nas descargas das máquinas também são monitoradas as emissões dos gases para a atmosfera e enviado ao órgão em tempo real.

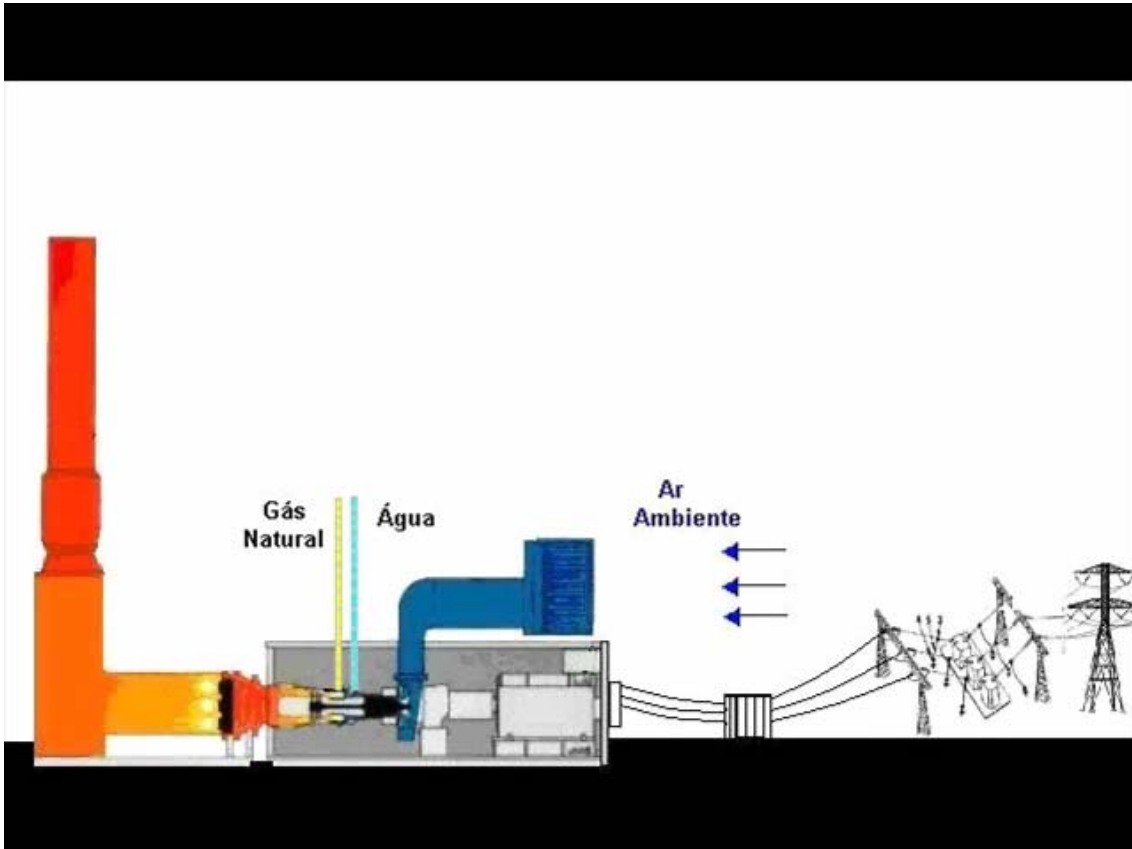
O subsolo é monitorado a cada seis meses por empresa especializada, que faz a análise. É comparada com a anterior e enviada copia ao órgão fiscalizador.

A água após o tratamento é devolvida a montante ao recurso natural, analisada a amostra três vezes ao dia, todos os dias, e enviado também ao órgão fiscalizador. E as medições elétricas são enviadas a ONS e registradas para fins de segurança do sistema e comercialização.

Também a segurança industrial é imprescindível para todo o processo que se constitui de profissionais treinados e equipamentos adequados.

### **3.2.1 Geração Termelétrica na Petrobrás**

Nas configurações típicas de plantas termelétricas a gás existem aquelas que operam apenas com gás natural, embora seja quase sempre dada a possibilidade de operar com um segundo combustível, como o diesel, para evitar interrupções no caso de problemas no suprimento do gás. São consideradas plantas termelétricas em ciclo aberto e em ciclo combinado.



**Figura 12** - Princípio de funcionamento de uma Usina com Ciclo Aberto  
 Fonte: Petrobras (2006)

As plantas de ciclo aberto consistem em turbinas a gás operando isoladamente. No entanto, sua eficiência térmica é baixa, pois os gases de exaustão possuem altas temperaturas e são desperdiçados para a atmosfera.

Uma forma de elevar a eficiência térmica desse tipo de planta pode ser através do aumento das temperaturas e pressões na entrada do expensor da turbina a gás, mas isso esbarra em limitações técnicas e econômicas, pois requer materiais especiais para suportar altas temperaturas.

Nas plantas de ciclo combinado as termelétricas a gás natural são usinas térmicas que vêm sendo adotadas em todo o mundo, desde a década de oitenta, e que deverá ser a solução escolhida para a quase totalidade das termelétricas brasileiras a gás natural a serem construídas nos próximos anos.

Uma usina de ciclo combinado usa turbinas a gás e a vapor associadas em uma única planta, ambas gerando energia elétrica a partir da queima do mesmo combustível. Para isto, o calor existente nos gases de exaustão das turbinas a gás é recuperado, produzindo o vapor necessário ao acionamento da turbina a vapor.

Esses sistemas têm estruturas flexíveis para fornecer uma grande faixa de potência e energia térmica de modo a se ajustarem às mais variadas aplicações.

O acoplamento entre o ciclo Brayton (turbinas a gás), que é caracterizado pela alta temperatura dos gases de exaustão, e o ciclo Rankine (turbina a vapor e caldeira de recuperação), caracterizado por baixas temperaturas do vapor se comparado a dos gases de exaustão, propiciam uma alta eficiência de Carnot.

A eficiência térmica das plantas de ciclo combinado é melhor que as maiores e mais modernas usinas a carvão ou a óleo. Enquanto termelétricas a carvão atingem em torno de 40% de eficiência e centrais de geração com os melhores motores diesel atingem até 44% de eficiência, instalações de ciclos combinados são capazes de atingir 56% de eficiência térmica.

Em instalações de uma única turbina a gás dois arranjos são possíveis: o mais tradicional prevê geradores elétricos separados, acoplados à turbina a gás e à turbina a vapor.

A opção por uma única turbina a gás limita a capacidade total da usina e obriga a ocorrência de parada total caso uma das máquinas apresente problemas. Desta forma, a preferência por estas instalações é bastante rara.

A maioria das térmicas a gás natural em funcionamento ou em construção adota a configuração de mais de uma turbina a gás, pois, desta forma, não há limite à capacidade da usina e os riscos de paralisação são reduzidos. O modelo comumente utilizado é o chamado 2 + 1, com duas turbinas a gás iguais, cada uma com sua caldeira de recuperação, e uma turbina a vapor de mesma capacidade. Desta forma, é possível usar três geradores elétricos de mesmo porte para as três turbinas, com transformadores e demais equipamentos elétricos também padronizados.

No esquema típico de uma planta termoelétrica em ciclo combinado tipo 2 + 1, com três geradores permite parar uma turbina a gás e sua caldeira de recuperação, reduzindo a capacidade total à metade. Caso a turbina a vapor pare, pode-se operar em ciclo aberto, mas com grande redução na eficiência térmica.

Uma atenção especial em instalações deste tipo deve ser dada à divisão de carga entre as turbinas a gás, de forma a equalizar as temperaturas e pressões no vapor produzido por suas caldeiras de recuperação.

A combinação de turbinas a gás e a vapor não está limitada ao arranjo 2 + 1. Há exemplos de até 5 turbinas a gás associadas a uma a vapor, e arranjos de 3 + 1

e 4 + 1, estão em uso comercial em diferentes localizações. O emprego de grandes turbinas a vapor, entretanto, traz dificuldades técnicas à medida que aumenta o número das caldeiras de recuperação de calor que, em paralelo, a alimentam.

### 3.2.1.1 Características Técnicas da Usina

Trata-se de uma Usina Termoelétrica Economia Mista, com capacidade máxima de geração de eletricidade de 922 MW a partir de 20 (vinte) unidades geradoras compostas por turbinas individuais a gás em ciclo aberto, potência unitária média de 46 MW a uma temperatura ambiente de 28°C e a umidade relativa de 86%, cada uma delas acoplada a um gerador refrigerado a ar. A Usina está capacitada para operar 24 horas por dia e 365 dias por ano.

Esta planta não possui todos os equipamentos idênticos, porém com as mesmas características funcionais, em razão de que 12 conjuntos foram fornecidos pela GE Norway Packages e 08 são da GE Houston Packages, existindo a diferença nos fabricantes dos geradores, ou seja, 12 são da Alstom e 08 são da Brush.

A energia elétrica a ser produzida pela UTE MLG, resultante da conversão de energia térmica em vinte turbinas a gás aeroderivativas tipo LM 6000 PC-NG, fabricadas pela General Electric, é enviada para a subestação da UTE Mario Lago, na qual dez transformadores de 120 MVA, fabricados pela Crompton Greaves, elevam a tensão para 345 kV. Através de dois barramentos, a energia é conduzida até a subestação Macaé, sob a responsabilidade de FURNAS, e despachada em dois fluxos de carga, a saber: Macaé/Campos e Macaé/Adrianópolis.

As 20 unidades turbo-geradoras estão arranjadas em 05 blocos com 04 unidades cada. Cada bloco conta com duas salas de controle, 03 unidades chillers para resfriamento do ar de entrada das turbinas e uma torre de resfriamento para cada *chiller*.

Os principais itens existentes na planta são:

- 20 GE LM6000 PC – aeroderivativas – potência mínima de 30 MW e máxima de 47 MW (ISO conditions);
- 10 transformadores de 120 MVA, dos pares de geradores da turbina – 13,8-kV/ 345-KV;

- 10 transformadores 13.8-kV/4.16-kV para os Power Blocks;
- 10 Transformadores 4.16-kV/480-V para os Power Blocks;
- 02 Transformadores 4.16-kV/480-V para captação d'água;
- 02 Transformadores 4.16-kV/480-V para o sistema de tratamento de água;
- Sistemas de resfriamento do ar de entrada nas turbinas;
- Sistemas de Injeção de água nas turbinas para controle de Nox;
- Sistemas de ventilação;
- Sistema de controle (DCS) geral e sistema de controle individual para os turbo-geradores;
- 02 tanques para armazenagem de água de serviço e para combate a incêndio;
- 02 tanques para armazenagem de água desmineralizada;
- 03 bombas da rede de combate a incêndio (elétrica e a combustão);
- 02 Geradores de Emergência;
- Sistemas Auxiliares.

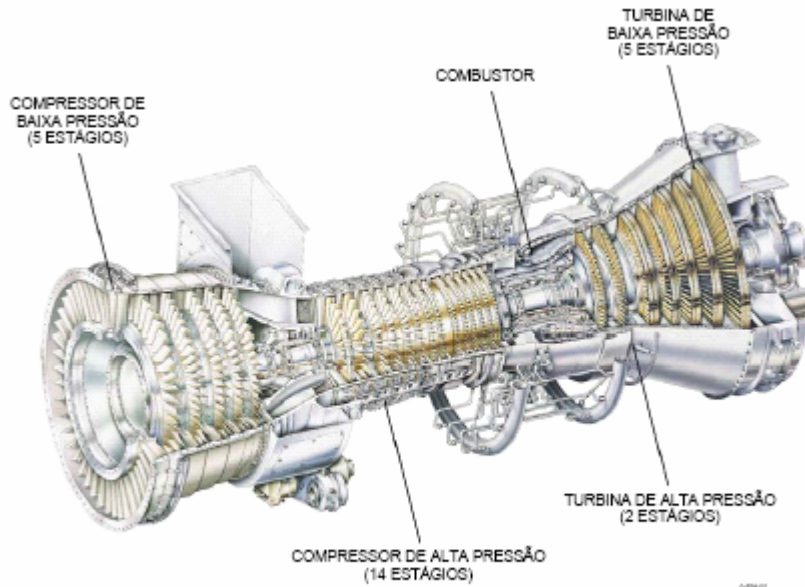
A Sala de Controle Central encontra-se localizada no primeiro piso do Prédio da Administração e possui piso falso sob os quais se encontram os cabos de sinais. Nesta sala, existe sistema de detecção de fumaça.

As salas de controle de campo, para cada bloco, também possuem somente sistemas de detecção de fumaça.

A Usina utiliza o gás natural como combustível, considerado limpo e não poluente, e por isso causando menores impactos ao meio ambiente. O gás natural que abastece a Usina é produzido na Bacia de Campos, RJ, pela Petrobras, e, alternativamente, o gás pode ser importado do gasoduto Brasil-Bolívia, ambos distribuídos pela CEG – Companhia Distribuidora de Gás do RJ S.A.



### 3.2.1.2 O processo de geração de energia elétrica com turbina a gás



**MOTOR DE TURBINA A GÁS LM6000 TÍPICO**

**Figura 13** - Turbina à Gás LM 6000 PC-NG

Fonte: Petrobras (1989)

As turbinas LM6000, juntamente com os turbo-geradores, encontram-se localizadas sobre pisos pavimentados sem parede de contenção e cercados por áreas cobertas com brita. Cada turbina possui dois eixos acoplados termodinamicamente, que operam com velocidades distintas. O eixo de baixa pressão é composto por uma turbina de baixa com cinco estágios e um compressor de baixa com cinco estágios, enquanto o eixo de alta pressão é composto por uma turbina de alta com dois estágios e um compressor de alta com 14 estágios.

O Sistema de Instrumentação e Controle da turbina possui os seguintes tipos de instrumentos:

- Indicadores e transmissores de: nível, pressão, temperatura, tensão, corrente, potência e fluxo;
- Detectores óticos, térmicos e de gás;
- Sensores de vibração do tipo acelerômetro e sondas de proximidade.

Os dados fornecidos pelos instrumentos são enviados e processados em diversos sistemas, a saber: controle da turbina (controlador Micronet/Netcom/MarkVI), controle do gerador, painel de proteção, detecção de incêndio e computadores e softwares de controle do sistema hidráulico de partida.

O Sistema de Entrada de Ar de Combustão na turbina direciona ar atmosférico para a sucção do compressor de baixa, após passar por pré-filtros do tipo bolsa, filtros de alta eficiência, bobina *chiller* de refrigeração e eliminador de névoa (retira a umidade do ar).

O sistema succiona 230.000 CFM (pés cúbicos por minuto) e possui proteção contra alta pressão diferencial nos filtros e também controle de temperatura do ar resfriado. Após a casa de filtros, o ar é direcionado para os dutos de entrada (pleno) na turbina, que contêm telas de proteção (para retenção de corpos estranhos) e silenciador.

As emissões atmosféricas liberadas através das chaminés de algumas turbinas são monitoradas, de modo contínuo, através do sistema denominado CEMS (*Continuous Emissions Monitoring System*), que coleta, através de sondas, amostras dos gases liberados pela chaminé e os envia, através de tubulação aquecida, para o sistema de análises, onde são mensurados os teores de O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> e CO. Os sinais gerados pelos analisadores são direcionados ao sistema de coleta de dados, no qual são efetuados correções e ajustes compensatórios. Os resultados das análises são ajustados de acordo com as condições padrão de referência (15% O<sub>2</sub>, volume seco).

Os dados básicos medidos pelo CEMS são enviados ao Sistema Supervisório Central da Planta, localizado na sala de controle, para a indicação de valores, alarmes e emissão de relatórios. Todos os dados coletados no monitoramento são transmitidos para um diretório e mantidos pela UTE de Macaé através do banco de dados de um *software* chamado Atmos.

A refrigeração do compartimento de clausura da turbina e do gerador é feita através de ar atmosférico, que é induzido pelo ventilador da exaustão da carcaça da turbina e percorre a casa dos filtros, fluindo através dos pré-filtros coalescentes e pelos filtros de alta densidade. Em seguida, é direcionado para o enclausuramento da turbina, onde resfria as carcaças da turbina e do compressor, bem como os acessórios, sendo retirado para a atmosfera através do ventilador, que mantém uma pressão negativa no interior do compartimento de clausura.

A temperatura neste compartimento é controlada através de sistema de controle, que aciona o ventilador de reserva quando ocorre aumento da temperatura. O sistema também permite controlar a pressão no interior do compartimento, assegurando que seja mantida negativa em relação à atmosfera.

No enclausuramento do gás combustível existe um sistema de ventilação que também mantém negativa a pressão, ao exaurir ar para a atmosfera.

Caso ocorra detecção de incêndio, os dispositivos corta-fogo (*dampers*) selam a entrada e saída dos compartimentos de clausura e os ventiladores são desenergizados.

A lavagem *on-line* da turbina é realizada com a turbina em operação, através da injeção de água nos bocais de atomização do duto de entrada de ar do compressor de baixa. A lavagem é realizada pelo sistema de lavagem, que possui um *skid* móvel dotado de dois tanques, sendo um destinado à água de enxágüe (capacidade de 200 litros) e o outro à água de lavagem (capacidade de 100 litros). Cada tanque possui aquecedor e indicador de nível.

A lavagem *off-line*, que utiliza o mesmo equipamento da lavagem *on-line*, é feita com a turbina fora de operação e tem por objetivo remover as partículas finas que aderem às palhetas do compressor, possibilitando melhorar a eficiência da turbina. A lavagem *off-line* requer a utilização de uma solução de limpeza, que, após o acoplamento hidráulico e elétrico do sistema e seleção do ciclo de lavagem (*off-line*), é inicialmente bombeada para o filtro com tela de 400 *mícrons* e, em seguida, injetada nos bocais de atomização do duto de entrada de ar (pleno) do compressor de baixa.

Em seguida, o sistema permanece em repouso por um período de 30 minutos, para permitir que a solução de limpeza reaja com a sujeira presente no pleno. Ao final desse período, água de enxágüe (água desmineralizada) é bombeada no pleno para a remoção da solução química suja.

Cada turbina dispõe de um Sistema de Monitoramento de Vibrações, que possui dois sensores de vibração tipo acelerômetro, estando um localizado na armação traseira do compressor (CRF) e outro na estrutura traseira da turbina (TRF).

O sistema também possui quatro sensores de proximidade localizados no gerador e que são monitorados pelo operador através do sistema operacional. Cada um dos dois mancais do gerador abriga um par de sensores, que atuam nas posições de duas e de dez horas. O quinto sensor de proximidade monitora a velocidade do gerador elétrico no lado acoplado à turbina.

### 3.2.1.2.1 Sistema de Lubrificação da Turbina

A turbina utiliza óleo de lubrificação para as seguintes funções:

- Lubrificar e resfriar os mancais dos rotores de alta e baixa pressão, *sump* de óleo e as caixas de engrenagem de admissão, transferência e acessórias;
- Operar os atuadores para os sistemas VIGV (*Variable Inlet Guide Vanes*), VBV (*Variable By-pass Valve*) e VSV (*Variable Stator Vane*); o oitavo estágio e as válvulas CDP (*compressor discharge pressure*); e a válvula de controle de *thrust balance* do rotor de baixa pressão;
- Disponibilizar um suprimento de óleo para o sistema de partida pneumático opcional.

O sistema de lubrificação de cada turbina possui um tanque de armazenamento com capacidade para 606 litros e provido de controle de temperatura, que se destina a manter a viscosidade ideal do óleo, mesmo com a turbina fora de operação. Quando em operação, o óleo é succionado na vazão de 1,7 l/s – operação da turbina em carga nominal - a partir do tanque através da bomba de alimentação mecânica, que se encontra diretamente acoplada ao eixo da turbina.

Após a bomba, encontra-se localizado o filtro de óleo com tela de três *mícrons* e que se destina a purificar o óleo, que é então direcionado para o reservatório de óleo (*sump*) da turbina, onde é feito o monitoramento da pressão e da temperatura do óleo. Seis elementos da bomba succionam o óleo dos *sumps* e o injetam na caixa de engrenagens acessórias e na caixa de engrenagem de transferência.

O retorno de óleo também é provido de filtros de tela na sucção de cada bomba, além de medidores de temperatura e detectores de metais, que se constituem em proteção adicional ao sistema de detecção (*scan*) de metais instalado pela UTE e que se destina a separar as partículas magnéticas eventualmente presentes no óleo lubrificante. Após refrigerar os *sumps*, o óleo é filtrado e resfriado em um trocador de calor do tipo placas, sendo sua temperatura controlada por válvula termostática e sua pressão limitada em 100 Psi através da atuação de uma válvula de alívio.

Durante a operação, os vapores de óleo contidos nos *sumps* são direcionados para o separador ar/óleo, sendo o óleo condensado retornado para o tanque por gravidade e a fase gasosa eliminada pelo suspiro corta-chama. Durante a parada da turbina, o *sump* de óleo é resfriado durante 90 minutos com ar de instrumento, sendo o tempo de resfriamento controlado através da atuação de um temporizador.

O sistema de filtragem do óleo lubrificante de admissão dispõe de válvula de alívio, que permite o *by-pass* do filtro e alarma, alertando o operador de que a pressão diferencial no filtro se encontra próxima ao limite máximo de 40 Psi. Um sistema similar é usado também no filtro de óleo de retorno.

As pressões do óleo lubrificante são medidas no sistema de admissão de óleo e também no sistema de retorno de óleo e variam em função da velocidade do rotor de alta pressão e da temperatura do óleo. Durante o *shutdown* da turbina, uma válvula de vedação impede que o óleo escoe do tanque de para o interior da turbina.

Os *sumps* de drenagem de óleo operam pressurizados pelo ar de descarga do compressor de baixa pressão e possuem capacidade para conter todo o volume de óleo lubrificante caso ocorra vazamento no sistema e, em condições normais de operação, devem conter pouco ou nenhum volume de óleo. Os *sumps* ventam para o sistema de separação ar/óleo, onde são removidas as gotas de óleo, numa vazão que pode chegar a 32 ml/s, por *sump*. O óleo recolhido nos separadores retorna para o tanque de óleo lubrificante.

Após o *shutdown* das turbinas, as linhas de suprimento e de retorno de óleo são refrigeradas com ar frio, de modo a evitar que ocorra o cozimento do óleo contido no interior das tubulações. O ar de resfriamento deve possuir a mesma qualidade do ar de combustão e deve se encontrar a uma temperatura inferior a 48,9 °C, devendo o fluxo de ar ser mantido por uma hora e meia, no mínimo.

#### 3.2.1.2.2 Sistema Hidráulico de Partida da Turbina

O sistema hidráulico de partida das turbinas possui um tanque de óleo hidráulico com capacidade para 400 litros e dotado de controle de nível e temperatura, além de uma bomba de filtragem e resfriamento, que circula o óleo contido no tanque, mantendo não só a adequada viscosidade do óleo quando o

sistema de partida se encontrar parado, mas também resfriando o óleo, quando o sistema estiver em operação, o que é feito através do acionamento do ventilador do trocador de calor do tipo radiador.

Em condições de operação, a bomba de enchimento limpa a linha hidráulica, enquanto outra bomba lubrifica e resfria o sistema de embreagem.

Na partida da turbina, a pressão de descarga da bomba hidráulica principal é controlada por uma servo-válvula através da variação do ângulo do prato, o que eleva a pressão do óleo hidráulico que é suprido ao motor hidráulico, aumentando, conseqüentemente, a velocidade de rotação do eixo da turbina.

O sistema hidráulico possui válvulas de alívio de pressão pré-ajustadas para garantir a segurança do sistema hidráulico.

#### 3.2.1.3 Sistema de Combate a Incêndio do Turbo-gerador

Cada compartimento da turbina e do gerador dispõe de um sistema de combate de incêndio que utiliza CO<sub>2</sub> como agente de extinção e que se encontra contido dentro de cilindros pressurizados localizados no lado externo de cada Conjunto Turbo-gerador (CTG).

#### 3.2.1.4 Sistemas de Resfriamento das Turbinas

A função do sistema de *chillers* é prover a água gelada necessária para manter a temperatura do ar de entrada das turbinas em aproximadamente 48°F (8,9 ° C). O uso de ar resfriado torna possível aumentar a massa de ar na combustão e conseqüentemente leva a um sensível ganho de potência e eficiência. Cada sistema de *chillers* é composto por três *skids* CDHF 2500 (TRANE), sendo cada *skid* formado por um *chiller* com dois compressores, duas bombas de condensado, duas bombas de água gelada e duas torres de resfriamento. Cada sistema de *chillers* encontra-se posicionado sobre área pavimentada sem parede de contenção e cercada por piso de brita.

O número total de *skids* na UTE de Macaé é de 15 distribuídos nos 5 blocos, totalizando 3 *skids* por bloco. Cada *skid* tem capacidade térmica de 5000 TR com duas unidades centrífugas de refrigeração de duplo estágio. O gás refrigerante utilizado é o Suva 123 e cada unidade centrífuga comporta uma carga de 910 kg.

O sistema opera no ciclo de refrigeração por compressão, sendo os compressores centrífugos responsáveis pela circulação do fluido refrigerante (Suva 123). A condensação ocorre através de um permutador de calor do tipo casco e tubo, com a parte referente aos tubos compartilhada e a do casco separada para cada compressor. A água circulante pelos tubos sai das torres de refrigeração para a sucção das bombas de alimentação do condensador, sendo uma a principal e a outra de reserva (*stand by*), retornando para as torres (sistema semi-aberto).

Por diferença de pressão, o gás liquefeito sai do condensador sofrendo expansão parcial por uma placa de orifício na entrada do economizador. A parcela expandida é direcionada para refrigerar o segundo estágio do compressor e a parcela líquida é direcionada para o evaporador.

A evaporação ocorre através de um permutador de calor do tipo casco e tubo, também com tubos compartilhados e casco separado. A água circulante pelos tubos é movimentada por bombas (principal e reserva) num circuito fechado de água gelada, alimentando as bobinas *chiller* da casa de filtros das turbinas para resfriar o ar de combustão.

O gás refrigerante liquefeito que alimenta o evaporador também é parcialmente expandido através de uma placa de orifício na entrada do evaporador. O gás, após ser totalmente expandido como resultado do processo de troca térmica, é succionado pelo compressor, reiniciando o ciclo por compressão.

Quando ocorre a infiltração de ar pelo lado de baixa pressão, ocasionando pressão de condensação alta, existe uma unidade de purga que é responsável em eliminar os não condensáveis do sistema. O tratamento químico da água gelada é feito através da adição de um anticorrosivo.

### 3.2.1.5 Torres de Refrigeração

Este sistema destina-se a prover água resfriada (água de circulação) para alimentar os condensadores dos *chillers* e os trocadores de calor dos sistemas de refrigeração do óleo lubrificante das turbinas e dos geradores.

Consistem de 15 *skids* de duas células cada, distribuídos nos cinco blocos, totalizando três *skids* por bloco. As torres são de tiragem induzida, possuindo cada célula um ventilador em seu topo, de modo a favorecer a entrada do ar pelas laterais, em contra-fluxo com a água. Colméias são utilizadas para minimizar o arraste de gotículas reduzindo assim as perdas. O controle de nível na bacia de água é feito através de uma válvula tipo bóia, sendo admitida água de *make up* sempre que o nível de água na bacia estiver abaixo do desejado.

Cada *skid* possui duas bombas para alimentação do correspondente condensador do sistema de *chillers* e também três bombas de água de resfriamento dos trocadores de calor dos sistemas de óleo de lubrificação da turbina e do gerador.

Todos os *skids* encontram-se posicionados em áreas pavimentadas sem paredes de contenção e cercados por piso de brita.

A qualidade da água é controlada através do uso de alguns produtos químicos. Os principais parâmetros de controle são: pH, condutividade, cloro livre, turbidez, cloretos, alcalinidade total, dureza cálcio, dureza total, sílica, ferro, sólidos em suspensão, sulfato, cobre e o ciclo de concentração. As dosagens de químicos são ajustadas em função dos resultados analíticos de amostras da purga da torre.

A dosagem por ser feita em dose única (sistema de choque) ou por intermédio de bombas dosadoras, cujas vazões são ajustadas em função dos resultados analíticos e que injetam os produtos na sucção das bombas LOCW (P-218), sendo o hipoclorito de cálcio adicionado em dose única, na forma de pastilhas. Os produtos químicos são armazenados em tanques de polipropileno e os principais produtos utilizados são: hipoclorito de cálcio, dispersante e floculante.



### 3.2.1.6 Sistema de Água de Condensado

O sistema é constituído por três tanques (T-215 A/B/C) com capacidade de 10.000 litros e duas bombas por tanque (P-219 A/B/C/D/E/F). A condensação ocorre durante a troca térmica entre o ar que vai para a combustão na turbina e a água gelada oriunda dos *chillers*. O condensado formado é conduzido por calhas até o tanque, sendo posteriormente enviado para as torres de refrigeração, por meio de bombas.

### 3.2.1.7 Sistemas de Combustível

#### 3.2.1.7.1 Sistema de Gás Natural

A função do sistema de gás combustível é fornecer e controlar o fluxo de gás natural para os queimadores da turbina a gás, sendo composto pelos seguintes itens principais: *City Fence* (cromatógrafo e Centro de Regulagem e Medição), aquecedores, filtros coalescentes, instrumentos (termômetros, medidores de pressão e de vazão, transmissores e outros) e válvulas (solenóides, controle, bloqueio e outras).

É subdividido em quatro partes, a saber: *City Gate* (Estação da CEG), *City Fence* (Entrada de gás para a planta), Blocos aquecedores (cinco blocos sendo um para quatro máquinas) e três *skids* de gás (um para cada ramal de alimentação de gás, conforme descrito adiante).

O gás natural utilizado como combustível pela UTE de Macaé é fornecido pela CEG através de um gasoduto com 16" de diâmetro e que se situa no lado oeste da planta. Esse gasoduto tem início nos gasodutos GASDUC 1 e GASDUC 2 (gasodutos de 20" de diâmetro, que ligam a Unidade de Cabiúnas à Refinaria Duque de Caxias - REDUC, ambas da PETROBRÁS) e abastece o *City Gate* da UTE de Macaé também situado a oeste da UTE.

O trecho que vai do Terminal de Cabiúnas até o início do ramal (gasoduto lateral) para a UTE de Macaé possui uma extensão aproximada de 13 quilômetros, enquanto a extensão do ramal é de cerca de 12 km, até o City Gate.

O *City Gate* situa-se no lado oeste da usina e fornece gás para a UTE através de uma tubulação de 12" e a uma pressão de 780 psi (a pressão mínima deve ser superior a 500 psi). Ao chegar na UTE, o gás é direcionado para o *City Fence* onde se localiza a válvula *shut-off* principal, cuja atuação é pneumática, ou seja, depende do fornecimento de ar comprimido oriundo da Planta para operar, bloqueando ou permitindo a alimentação de gás a UTE.

O *City Fence* dispõe de um cromatógrafo para monitoramento da composição do gás, que também identifica a presença de radicais de enxofre e mede o PCS (Poder Calorífico Superior) e o PCI (Poder Calorífico Inferior) do gás. O *City Fence* também dispõe de um Centro de Regulagem e Medição (CMR) onde é medido o volume de gás fornecido a UTE.

Após o *City Fence*, a tubulação de gás natural divide-se em dois ramais com diâmetro de 10" e que alimentam cinco blocos geradores (cada bloco contém quatro conjuntos turbo-gerador).

Em cada bloco e já em tubulação de 8", a vazão, a temperatura e a pressão do gás são medidas antes do gás fluir para o respectivo aquecedor (H-217 A/B/C/D/E) onde ocorre a gaseificação de qualquer condensado eventualmente presente no gás natural. Os cinco aquecedores da UTE de Macaé possuem, cada um, duas resistências de 175 KW (total de 350 KW por aquecedor) imersas em líquido de aquecimento. As resistências e o líquido de aquecimento encontram-se contidos no interior de tubo metálico, sendo o aquecimento do gás realizado através do seu contato com a parede externa quente do tubo metálico.

Cada aquecedor dispõe de um controlador de temperatura, cujo ponto de atuação (*set-point*) é ajustado para 51,7 ° C (125 °F). Quando o gás atinge essa temperatura, as resistências são automaticamente desenergizadas e, caso isso não ocorra e o gás continue a aquecer e atinja o valor de 68,4 ° C (16,7 ° C acima do ponto de atuação do controlador de temperatura), ocorre a abertura da válvula PSV 50002, sendo então o gás liberado para a atmosfera.

Após fluir pelo aquecedor, o gás natural é direcionado, em tubulação de 6", para o sistema de filtros de elementos coalescentes (S-149 A/B/C/D/E/F/G/H/J/K) e que se destinam a remover condensados ainda presentes no gás. O nível de

condensado no interior de cada filtro é regulado por uma válvula de controle de nível (LCV's), que, ao atuar, permite que o condensado escoe para os Tanques de Drenagem (T-163 A/B/C/D/E), de onde são posteriormente enviados para o sistema de drenagem industrial da UTE. Cada filtro dispõe também de *vents* dotados de abafadores de chama e destinados a permitir a liberação de gás para a atmosfera, caso ocorra aumento de pressão no interior do filtro.

Após o aquecimento e filtragem, o gás flui, em tubulação de 6", para o respectivo bloco de geração (blocos 1 a 5), sendo a pressão do gás nessa tubulação mantida em 650 Psig através da atuação de uma válvula controladora de pressão (PCV). Em cada turbo-gerador, o diâmetro da tubulação de alimentação de gás é reduzido para 3".

O Sistema de Alimentação de Gás dispõe de seis painéis de comando (ESD), ficando um localizado na sala de controle principal (DCS – *Distributed Control System*) e os outros cinco nos próprios blocos, especificamente nos EATONS (prédios dos barramentos de 4,16 kV e de 480 V).

A configuração do sistema permite que o aquecedor elétrico de gás combustível sofra *by-pass*, para permitir sua manutenção sem a retirada de operação do ramal onde o mesmo está instalado. A disposição dos filtros permite a limpeza do mesmo com as turbinas do bloco em funcionamento.

Caso ocorra elevação da pressão de gás, como resultado de algum evento indesejável, ocorre a depressurização da linha, através da abertura da válvula *vent* existente em cada um dos cinco blocos de geração, sendo o gás liberado na atmosfera.

#### 3.2.1.7.2 Dispositivos de Proteção e Controle

O Sistema de Alimentação de Gás Natural da UTE de Macaé dispõe dos seguintes dispositivos de proteção:

No trecho gasodutos GASDUC 1/GASDUC 2 até o *City Gate*:

a. Válvula de Bloqueio Intermediária - válvula de acionamento manual, que se encontra localizada no início do gasoduto lateral que atende a UTE de Macaé (a aproximadamente 12 km de distância).

b. Sinalização - a faixa do gasoduto é sinalizada, com o objetivo de proteger e advertir sobre a presença dessas instalações, impedindo a escavação ou o tráfego de veículos ao longo das faixas de domínio.

c. Proteção Mecânica - onde necessário, o gasoduto é dotado de placa de concreto, jaqueta de concreto ou tubo camisa.

d. Revestimento Externo - o gasoduto é dotado de revestimento externo anticorrosivo.

e. Sistema de Proteção Catódica - o gasoduto é dotado de sistema de proteção catódica por corrente impressa para todos os seus trechos enterrados, cujo objetivo é complementar a proteção contra a corrosão, causada pelo solo, bem como o de controlar as interferências das possíveis correntes de fuga existentes ao longo do percurso. O sistema de proteção catódica é constituído, basicamente, pelos seguintes componentes: conjuntos de retificadores do tipo manual ou automático, acoplados a leitos de anodos de ferro - silício cromo ou equivalente.

f. Juntas de isolamento elétrico - do tipo monobloco, instaladas nos afloramentos nos lançadores e recebedores de *pigs*.

No trecho após o *City Gate*:

a. Tubulação de 12" (une o *City Gate* ao *City Fence*):

- Purga de 2" controlada por válvula de esfera com acionamento remoto;
- Válvula globo de controle de fluxo com acionamento remoto e com fechamento automático em caso de falha;
- Indicador de pressão de campo;
- Termômetros de campo;
- Válvula de segurança (*PSV*) de 6", com *set-point* de abertura definido para 850 Psig e com liberação do gás para a atmosfera;
- Medidores e indicadores de pressão, temperatura e fluxo de gás, com leitura em painel.

b. Tubulação de 10" (une o *City Fence* à tubulação de 8"):

- Este trecho não dispõe de nenhum sistema de proteção.

c. Nas tubulações de 8" (unem a tubulação de 10" aos aquecedores H-217):

- Válvula globo de controle de fluxo com acionamento remoto e com fechamento automático em caso de falha;
- Medidores e indicadores de pressão, temperatura e fluxo de gás, posicionados na tubulação de 8" e com leitura em painel.

- d. Em cada aquecedor (H-217) (um por bloco gerador):
- Sistema de medição, indicação e controle de temperatura;
  - Válvula de segurança com liberação do gás para a atmosfera;
  - Duas válvulas globo para purga do aquecedor.
- e. No sistema de filtragem *de gás de cada bloco* (par de filtros coalescentes S-149 e tanque de drenagem T-163):
- Uma válvula de segurança com liberação do gás para a atmosfera, em cada filtro;
  - Um abafador de chama com liberação do gás para a atmosfera em cada filtro e no tanque de drenagem;
  - Um indicador diferencial de pressão, em cada filtro;
  - Dois medidores de nível (alto e baixo) acoplados a alarmes, em cada filtro;
  - Dois indicadores de nível (baixo e alto), em cada filtro;
  - Um indicador de nível acoplado a alarme, no tanque de drenagem;
  - Duas válvulas controladoras de nível acionadas por controlador de nível (baixo e alto).
- f. Na tubulação de 6" (após o sistema de filtragem de gás de cada bloco):
- Uma válvula controladora de pressão (PCV) com "set-point" de atuação fixada em 650 Psig;
  - Um indicador de pressão de campo.

### 3.2.1.8 Sistemas de Captação e Tratamento de Água Bruta

A função destes sistemas é captar água no rio Macaé e tratá-la (processo de clarificação) através da injeção de produtos químicos (hidróxido de cálcio, hipoclorito de sódio, cloreto férrico e polímero) nas doses necessárias para efetuar a floculação das impurezas e sua deposição no fundo do clarificador (T-154). A água limpa é encaminhada para o tanque de água clarificada (T-156), onde é estocada.

O Sistema de Captação de Água Bruta é composto por duas bombas de captação (P-224A/B) que retiram água do Rio Macaé e a enviam para a planta onde a água é tratada (clarificada) e estocada.

O tratamento da água tem início, efetivamente, ainda na operação de captação, onde ocorre a adição de biocida (solução de hipoclorito de sódio com concentração na faixa de 12 a 15%, mantida estocada no tanque T-216, de 10.800 litros) à água captada no rio Macaé.

Ao chegar à planta, a água recebe, ainda na tubulação de entrada, cloreto férrico (solução a 38% estocada no tanque T-151, de 21.600 litros), cal dissolvida em água oriunda do tanque T-220, de 375 galões (a concentração da solução de cal varia em função da necessidade de ajuste do pH da água em tratamento, que deve ficar na faixa de 6 a 8) e nova adição de hipoclorito de sódio (solução a 12% estocada no tanque T-150, sendo então direcionada para o tanque de mistura rápida (T-153, de 13.446 litros), onde a solução é homogeneizada.

Em seguida, a solução é enviada para o clarificador (T-154, com capacidade máxima de processamento de 583.200 litros / hora por minuto - GPM), onde ocorre a decantação das impurezas contidas na água em tratamento. A água livre de impurezas (água clarificada) oriunda do T-154 é enviada para um dos tanques de água clarificada (T-156 A/B, de 4.500.000 litros cada), enquanto a lama decantada é direcionada para o tanque de lama (T-155).

Desse tanque, a lama é bombeada para o filtro S-154, onde ocorre a separação do material sólido, que é enviado para descarte final por empresa especializada licenciada pela FEEMA, enquanto a fase aquosa oriunda do filtro retorna para a tubulação de entrada de água na planta, em um ponto situado antes do tanque de mistura rápida (T-153).

Todos os tanques de armazenamento de produtos químicos encontram-se posicionados em áreas pavimentadas e cercadas por paredes de contenção, sendo os eventuais efluentes líquidos direcionados para o sistema de drenagem.

#### *3.2.1.8.1 Sistema de Água de Serviço*

A função deste sistema é processar a água proveniente do tanque de água clarificada (T-156), passando-a através do sistema de filtragem composto por três filtros multimídia (X-223 A/B/C) e com capacidade de filtrar 800 GPM de água. Após a filtragem, a água abastece o sistema de água potável ou é armazenada nos

tanques de água de serviço (T-164 A/B, capacidade de 4.500.000 litros cada), que abastecem os seguintes equipamentos e sistemas:

- a.Sistema de desmineralização;
- b.Sistema de combate a incêndios;
- c.Torres de resfriamento (reposição ou *make-up*);
- d.Chuveiros e lava-olhos de emergência;
- e.Gerador diesel de emergência;
- f.Tanque de expansão do *chiller*;
- g.Refrigeração do selo das bombas de cal (P-243 A/B).

Todos os filtros encontram-se posicionados em áreas pavimentadas e cercadas por paredes de contenção, sendo os eventuais efluentes líquidos direcionados para o sistema de drenagem.

A água de serviço armazenada nos tanques 164 A/B é distribuída para a planta pelas bombas P-221 A/B e uma reserva de 15% do volume desses tanques deve ser sempre mantida, de modo a se dispor de volume d'água suficiente para atender o Sistema de Combate a Incêndio da Planta.

O funcionamento das bombas P-232 A/B/C, de alimentação da unidade de desmineralização (Planta DEMI), e das bombas P-209 A/B, de retro-lavagem dos filtros multimídia e carvão ativado (filtro que abastece a unidade de desmineralização), não ocorre caso o nível de água nos tanques 164 A/B caia abaixo de 25%, sendo esse controle realizado através do DCS. Uma PCV (válvula de controle de pressão), localizada na descarga das bombas de água de serviço, realiza a recirculação de água para os tanques 164 A/B, assegurando a manutenção da pressão do sistema em 60 psi.

Os principais parâmetros monitorados no controle da qualidade da água de serviço são apresentados a seguir, consistindo os valores apresentados entre parênteses nos limites estabelecidos pela Portaria 518/04 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, do Ministério da Saúde) e que são adotados pela UTE de Macaé:

- a.pH (6,0 a 9,5);
- b.Condutividade (não regulada);
- c.Turbidez (máximo de 5 NTU);
- d.Cloretos (máximo de 250 mg/L);
- e.Alcalinidade (não regulada);

- f. Dureza de cálcio (não regulada);
- g. Dureza total (máximo de 500 mg/L);
- h. Ferro (máximo de 0,3 mg/L);
- i. Sílica (não regulada);
- j. Cor (máximo de 15 H).

O sistema que utiliza a água potável destina-se a suprir água clarificada e ausente de contaminantes para as diversas estações de chuveiros e lava-olhos de emergência.

A água é retirada do tanque de água clarificada (T 156) e forçada a passar através de um conjunto de filtros multimídia (X-223 A/B/C) devido ao funcionamento contínuo de bombas que mantêm a pressão do sistema constante em 60 psi. Em seguida, a água filtrada recebe a adição de hipoclorito de sódio (12 a 15%) e de um anticorrosivo, que são adicionados no Tanque T-217. Após ser filtrada e tratada, esta água abastece o Prédio da Administração e Operação (CASB).

Os filtros multimídia sofrem retro-lavagem a cada período de 24 horas para retirar as impurezas neles retidas. O Sistema de Retro-lavagem dos Filtros Multimídia dispõe de duas bombas, que succionam água filtrada do Tanque de Água de Serviço (T 164 A/B) e a fazem fluir através do filtro a ser lavado. Simultaneamente, ar comprimido é injetado no filtro, por dois compressores, para descompactar os leitos dos filtros, evitando assim a criação de caminhos preferenciais durante a retro-lavagem e garantindo uma limpeza eficiente.

### 3.2.1.8.2 Sistema de Desmineralização

O sistema de produção de água desmineralizada possui os seguintes equipamentos principais:

- a. Dois *skids* com um filtro de carvão ativado (X-238 A/B) cada (principal e reserva) e com capacidade de processar 172.800 litros / hora, em cada *skid*;
- b. Dois *skids* de desmineralização (X-236 A/B), sendo cada *skid* formado por dois filtros recheados com resinas (um filtro com resina catiônica e outro com resina aniônica) e com capacidade de processar 172.800 litros / hora, em cada *skid*;



c. Dois *skids* de desmineralização com filtro de leito misto (X-239 A/B) – recheados com resinas catiônicas e aniônicas - e capacidade de processar 800 GPM, em cada *skid*;

d. Tanques de ácido sulfúrico (T-158) e de hidróxido de sódio (T-159), com 36.000 litros de capacidade cada;

e. Tanque de água quente (T-160), com capacidade de 9.300 galões, provido de aquecedor elétrico com potência de 255 kW e destinado a aquecer a solução de soda (hidróxido de sódio) a 125 °F (51,7 °C);

f. *Skid* de regeneração ácida (X-226), com capacidade de 120.096 litros / hora;

g. *Skid* de regeneração alcalina (X-227), com capacidade de 71.712 litros / hora;

h. Dois tanques de neutralização (T-161 A/B, com volume útil de 97.200 litros cada);

i. *Skid* de filtração da água desmineralizada formado por dois filtros (principal e reserva) e com capacidade de processar 162.200 litros / hora;

j. Dois tanques de água desmineralizada (T-165 A/B), com capacidade de 1.444.000 litros cada.

Todos os tanques de produtos químicos encontram-se posicionados em áreas pavimentadas e cercadas por paredes de contenção, sendo os eventuais efluentes líquidos direcionados para a bacia de coleta de químicos, conforme descrito adiante. As áreas onde se encontram os tanques de ácido sulfúrico, hidróxido de sódio, hipoclorito de sódio e cloreto férrico têm os seus pisos revestidos com resinas resistentes à corrosão química e as suas drenagens também escoam para a bacia de coleta de químicos.

Os efluentes contidos nessa bacia são neutralizados nos tanques T-161 A/B e então enviados para o tanque T-212, de onde são lançados no rio Macaé. Os efluentes descartados no rio Macaé são monitorados de modo rotineiro, de modo a verificar o atendimento dos padrões de descarte de efluentes definidos para a UTE MLG.

Para a produção de água desmineralizada, água oriunda dos tanques de serviço (T-164 A/B) é filtrada no *skid* de filtração com carvão ativado (X-238) e, em seguida, bombeada para o *skid* de desmineralização onde as resinas removem os

cátions e ânions presentes na água de serviço, sendo a água desmineralizada então formada estocada nos tanques T-165 A/B.

A água desmineralizada oriunda dos Tanques T-165 A/B, antes de ser distribuída para a planta, é filtrada no *skid* S-148 A/B, que dispõe de um filtro principal e outro reserva. Esses filtros sofrem retro-lavagem a cada 24, enquanto os filtros de carvão ativado o são a cada 120 horas.

A água desmineralizada (NOx ou DEMI) é distribuída para a planta pelas bombas P-216 A/B, sendo uma reserva mínima de 20% (total de 576.000 litros) do volume dos tanques de água DEMI preservada com o objetivo de garantir volume de água para a regeneração dos filtros catiônicos, aniônicos e misto. Quando o volume de água contido no tanque em uso atinge 20% do nível máximo, ocorre o intertravamento das bombas de alimentação das unidades de desmineralização e de regeneração.

A pressão na descarga das bombas P-216 A/B é de 75 psi e três válvulas redutoras a ajustam para 25 psi, estando uma válvula localizada na entrada dos blocos 1 e 2, outra nos blocos 3 e 4 e a última no bloco 5.

Os tanques de água DEMI também atendem as bombas P-213 A/B, que são utilizadas para a diluição de hidróxido de sódio (soda cáustica) e do ácido sulfúrico utilizados na regeneração dos filtros (catiônicos, aniônicos e mistos). Os efluentes líquidos ácidos e alcalinos gerados durante a regeneração dos filtros de desmineralização são tratados nos tanques de neutralização T-161 A/B, onde sofrem ajuste de pH para a faixa de 6 a 9.

Os efluentes neutralizados oriundos dos tanques de neutralização T-161 são bombeados para o tanque de descarte final (T-212), de onde são enviados para descarte final no rio Macaé, conforme anteriormente descrito.

Os tanques de dreno (T-210 A/B/C) recebem não só os efluentes aquosos oriundos dos SAOs (T-166 A/B/C), bem como as purgas (*blow down*) das torres de refrigeração e os efluentes dos *skid* de químicos. Os efluentes contidos nos tanques de dreno são tratados nos tanques de neutralização com ácido sulfúrico e hidróxido de sódio (T-161 A/B) e, em seguida, enviados para o tanque de descarte final T-212.

Os principais parâmetros monitorados no controle da qualidade da água NOx (água desmineralizada) são os seguintes:

- pH – que deve permanecer na faixa de 6 a 8.
- Condutividade – que deve permanecer entre 0.5 e 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- Sílica ( $\text{SiO}_2$ ) – cujo teor máximo deve ser de 0,1 ppm.
- Potássio (K) – cujo teor máximo deve ser de 0,1 ppm.
- Sódio (Na) – cujo teor máximo deve ser de 0.1 ppm.

#### 3.2.1.8.3 Sistema de Água para abatimento de $\text{NO}_x$

Esse sistema tem por função fornecer e controlar o fluxo de água injetado através dos queimadores na câmara de combustão. Esta injeção de água destina-se a reduzir o teor de  $\text{NO}_x$  nos gases de exaustão da turbina, por meio da redução da temperatura da chama e ocasionando o aumento da massa de ar da combustão.

A água  $\text{NO}_x$  é oriunda dos tanques de água desmineralizada (T-165 A/B) e é bombeada pelo *skid* de bombas de alimentação de água desmineralizada (X-232), que alimenta o *skid* de filtração da água desmineralizada X-231 (filtros de cartucho) e, em seguida, o sistema de injeção de água  $\text{NO}_x$  de cada turbina.

#### 3.2.1.8.4 Sistema de Ar Comprimido

O sistema é composto por quatro compressores centrífugos KOBELCO (C-211 A/B/C/D) de dois estágios (150 HP e capacidade de 576 pés cúbicos por minuto cada), dois reservatórios de ar de 3.816 litros cada (T-167 A/B), três pares de pré-filtros secadores (S-151 A/B/C), três pares de filtros desumidificadores (S 150 – A/B/C) e três pares de filtros posteriores.

Cada par de pré-filtros e filtros tem capacidade de tratar 787 pés cúbicos por minuto de ar.

Três compressores estão localizados na ETA, onde recebem energia elétrica do CCM 4 e o quarto compressor se encontra no bloco 5, sendo alimentado através do barramento do EATON deste bloco.

O ar atmosférico é filtrado antes de ser admitido nos compressores, de onde flui para o tanque de ar de serviço (T-167 A), que atende a todas as necessidades de ar de serviço da UTE. O ar de instrumento é produzido a partir do ar de serviço

oriundo do T-167 A, que é submetido a um processo de filtração no sistema formado pelos filtros S-150, S-151 e S-152 e, finalmente, é mantido estocado no tanque T-167 B, antes de alimentar o sistema de instrumentação.

O fluxo de ar segue, em cada compressor, o seguinte percurso: filtro de sucção; 1º estágio; inter-resfriamento; 2º estágio de compressão e pós-resfriamento. Cada compressor possui dois trocadores de calor, estando um localizado entre os estágios de compressão (inter-resfriamento *intercooler*) e o outro na saída do segundo estágio (pós-resfriamento *after cooler*). Cada trocador possui um purgador de condensado em sua saída.

Quando os compressores são selecionados para operar como LEAD, a faixa de trabalho é de 115 a 125 psi, e se forem selecionados para operar como LAG, a faixa de trabalho é de 110 a 120 psi.

Os pré-filtros (S-151) e os filtros S-152 possuem PDI's locais, que alertam para a necessidade de substituição do elemento filtrante. A operação dos desumidificadores é intercalada, ou seja, enquanto um filtro está alinhado para o sistema o outro está em regeneração. Cada filtro opera por 5 minutos e entra em regeneração, que ocorre através da inversão do fluxo de ar no filtro, provocando a descompactação do leito de sílica alumina e arrastando a umidade para a atmosfera. Após os 5 minutos de contrafluxo, o filtro é pressurizado por 1 minuto e entra em operação, enquanto o outro filtro repete o mesmo processo.

#### 3.2.1.8.5 Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem é composto por quatro separadores de água e óleo (SAO) subterrâneos, com capacidade de 18.000 litros cada (T-166 A/B/C e T-167) e recebe contribuições dos principais sistemas e máquinas (turbinas; *chiller's*; compressores; transformadores e outros).

Outros equipamentos que compõem o sistema são os seguintes:

- Três tanques de água de lavagem (T-207 A/B/C) – destinados à estocagem da drenagem proveniente da lavagem dos compressores, com capacidade de 11.520 litros cada;

- Três tanques de drenos (T-210 A/B/C) – possuem volume de 36.000 litros cada e recebem o efluente oriundo dos SAO, purgas das torres e drenagem do *skid* de produtos químicos de tratamento da água de refrigeração. Cada tanque possui um conjunto de bombas (bombas P-220 A/B/C, que atendem o T-210 A; bombas P-220 D/E/F, que atendem o T-210 B; e bombas P-220 G/H, que atendem o T-210 C);
- Sistema de tratamento de esgotos (X-235) - possui capacidade de processar 1.500 galões por dia de efluente sanitário oriundo do CASB e da portaria secundária;
- Estação elevatória composta duas bombas (P-236 A/B) - alimenta o sistema de tratamento sanitário (X-235);
- Tanque de descarte final (T-212) – possui volume total de 178.000 litros (cerca de 47.000 galões) e volume útil de 158.000 litros (cerca de 42.000 galões).

Cada separador de água e óleo (SAO) consiste de um tanque subterrâneo, dotado de chicanas coalescentes internas, destinadas a acelerar o processo de separação do óleo da água. A borra oleosa formada é acumulada dentro de separador, enquanto o efluente é descarregado por gravidade nos tanques de dreno.

A chicana difusora, localizada próxima à tubulação de entrada, é projetada para exercer quatro funções básicas, a saber: reduzir a velocidade de escoamento, melhorando as características gerais do separador; direcionar o fluxo, de modo a maximizar o uso do volume do separador; reduzir a turbulência e distribuir o fluxo por toda a área do separador, não permitindo que a turbulência existente na admissão de líquido dentro do separador afete as demais seções do equipamento.

Na câmara de sedimentos, os sólidos pesados decantam, enquanto as partículas oleosas flutuam e escoam através do feixe inclinado de placas paralelas coalescentes corrugadas duplas, coalescendo na face inferior de cada placa. Desse modo, são formados grandes glóbulos oleosos, que rapidamente flutuam para a superfície da câmara, sendo separados nos acumuladores.

Objetivando aumentar a eficiência de remoção de óleo, uma tela de polipropileno é utilizada para interceptar gotas de óleo, que são removidas nas placas corrugadas coalescente. Um sensor de nível soa o alarme de nível alto de borra oleosa, indicando a necessidade de remoção desse resíduo do interior do SAO, o que é feito por empresa especializada licenciada pela FEEMA.

Em operação normal, os SAO T-166 A/B/C recebem, por gravidade, as drenagens provenientes dos blocos geradores, sendo que os blocos 1 e 2 alimentam o SAO T-166 A, os blocos 3 e 4 o T-166 B e o bloco 5 o T-166 C. As águas oriundas dos SAO escoam para os tanques de dreno (T-210 A/B) e, ao ser atingido o nível pré-determinado, a chave de nível LS-108 liga as bombas de transferência (P-220 A/B/C/D/E/F/G/H), transferindo as águas para o tanque de disposição final (T-212), de onde são enviadas para descarte no rio Macaé.

Os drenos provenientes de dois transformadores (00-T-01 e 00-T-02), do gerador diesel de emergência, do compressor de ar, do almoxarifado e do tratamento de água são encaminhados para o SAO T-167, de onde o efluente aquoso escoam para o tanque T-212. Os resíduos provenientes da lavagem dos compressores das turbinas vão para o tanque de drenos da lavagem (T207 A/B) e são removidos por empresas especializadas.

A Estação de Tratamento de Esgotos – ETE (X-235) possui capacidade de tratar 5.400 litros por dia e recebe o efluente sanitário oriundo do CASB (prédio destinado à administração, manutenção e operação da UTE de Macaé) e da Portaria Secundária. A ETE é alimentada através da estação elevatória composta por duas bombas (P-236 A/B) e que são acionadas através da chave de nível LS-129.

Essas bombas descartam o efluente aquoso oriundo da ETE no tanque de descarte final T-212, que recebe também a descarga de água neutralizada proveniente dos tanques de neutralização (T-161 A/B, com capacidade de 97.200 litros, cada) do sistema de tratamento de água e o descarte (*by pass*) da unidade de clarificação, sendo esse descarte gerado quando a turbidez da água não atende o limite estabelecido (máximo de 5 UNT).

O T-212 possui capacidade de 7.200 litros e descarta o efluente da planta para o rio Macaé, em conformidade com os limites definidos para a UTE de Macaé, tendo por base os padrões definidos pela FEEMA, pela Resolução CONAMA 20/86 e pelo Banco Mundial/IFC.

Os três tanques de água de lavagem (water wash), tanques T-207 A/B/C, possuem cada um, capacidade de 11.520 litros e recebem as águas residuais geradas durante as lavagens fora de linha (*off-line*) dos compressores das turbinas. Essas águas são recolhidas para disposição final através de empresa certificada pela FEEMA.

### 3.2.1.9 Proteção Contra Incêndio

A proteção contra incêndio da planta inclui rede de hidrantes, sistema fixo de CO<sub>2</sub>, sistema de detecção de fumaça e extintores manuais e carretas. Estes consistem do seguinte:

- a. Sistema automático de detecção de fumaça instalado em todas as áreas;
- b. Painel de controle de alarme de incêndio, o qual está localizado na sala de controle geral. Existindo instrumentação e equipamento de controle para alarme, indicando o local de ativação e qual equipamento;
- c. Sistema fixo de CO<sub>2</sub> que protegem os pacotes elétricos e mecânicos das turbinas e geradores;
- d. Sistema de sprinklers protegendo os transformadores, parte do prédio administrativo e a casa de bombas de incêndio;
- e. Pontos de hidrantes e seus acessórios em vários locais;
- f. Suprimento de água para combate a incêndio em quantidade suficiente;
- g. Extintores portáteis e carretas localizadas em toda a planta;
- h. Botões de alarme.

Outras medidas são:

- a. Distância adequada entre os transformadores;
- b. Reservatórios sob os transformadores, para receber o óleo em caso de vazamentos;
- c. Monitoramento de NO<sub>x</sub> e H<sub>2</sub> nos turbo-geradores;
- d. Luzes de emergência;
- e. Gerador diesel de emergência;
- f. Bom sistema de comunicação;
- g. Circuito fechado de TV;
- h. Adoção de normas de segurança.

### 3.2.1.9.1 *Suprimento de Água*

O suprimento de água para combate a incêndio é obtido dos tanques de água de serviço, sendo 02 com capacidade de 4.545.000 litros, cada. A reserva para incêndio é de no mínimo 15% destes tanques, ou seja, 1.364 m<sup>3</sup>, podendo suprir uma das bombas por 4 horas ou ambas por 02 horas. A capacidade do suprimento de água para combate a incêndio está em conformidade com a NFPA 850.

### 3.2.1.9.2 *Bombas de Incêndio*

Existe uma bomba com motor elétrico e uma outra a combustão. Para manter a pressão na linha, contam com uma bomba Jockey. A bomba a combustão é testada semanalmente por 30 minutos.

Cada uma das bombas é projetada para uma vazão de 340.000 litros/h a uma pressão de 8,3 bar, além de uma bomba Jockey que mantém a pressão da linha. Encontram-se instaladas em um prédio específico, no qual há sistema de detecção e alarme com extinção por sistema de sprinklers.

### 3.2.1.9.3 *Proteção Contra Incêndio nas Turbinas e Geradores*

A detecção do fogo é feita nos compartimentos do gerador e da turbina com detectores térmicos bimetálicos diferenciais (*rate of risedetectors*, que detectam a taxa de elevação de temperatura). Estes são calibrados na fábrica para 232°C para o compartimento da turbina e 107°C para o compartimento do gerador. Se qualquer um dos detectores perceber fogo, o sistema de controle inicia um *shutdown* pelo sistema de incêndio.

Detectores óticos infravermelhos também detectam condições de fogo dentro dos compartimentos da turbina e do gerador. Os três detectores no módulo da turbina (BD-5010, BD-5011 e BD-5013) usam a lógica 2 de 3 (votação). Ela requer



que ao menos dois sinais de entrada dos detectores óticos estejam presentes antes que o shutdown pelo sistema de incêndio seja iniciado pelo sistema de controle.

Qualquer um dos sinais dos dois detectores óticos dentro do compartimento do gerador (BD-5031 e BD-5034) é aceito como condição de fogo.

Em caso de fogo detectado, o sistema de monitoramento desligará automaticamente os ventiladores do compartimento, soará as buzinas de alarme, e acionará os faróis vermelhos rotativos de advertência. O sistema de monitoramento aplica um retardo de 30 segundos antes de liberar o banco principal de vasos de CO<sub>2</sub> através da válvula solenóide. Uma vez que o banco principal tenha sido liberado, um temporizador de 3 segundos é iniciado.

Após 3 segundos, o sistema de monitoramento checa no pressostato (ajustado em 150 Psig) se o CO<sub>2</sub> foi de fato descarregado. Em caso positivo, à medida que o CO<sub>2</sub> pressuriza a tubulação ele também libera os retentores de pistão pneumático dos abafadores de fogo, fazendo com que os abafadores do sistema de ventilação do compartimento fechem com o fluxo de CO<sub>2</sub> para dentro do compartimento. Os abafadores de fogo fecham por um arranjo de contrapeso. Se, contudo, o sistema de monitoramento tiver averiguado que o banco principal de CO<sub>2</sub> não foi descarregado, ocorrerá a energização da válvula solenóide, de modo a descarregar imediatamente o banco reserva de CO<sub>2</sub>.

Existem quatro métodos de liberação do sistema de CO<sub>2</sub>:

- a. Detectores térmicos;
- b. Detectores óticos;
- c. Estações de Acionamento Manual (acionamento elétrico);
- d. Liberação Manual dos Vasos (alavanca mecânica na garrafa

CO<sub>2</sub>).

Uma vez que o gás CO<sub>2</sub> tenha sido liberado, os abafadores de fogo são abertos novamente pelos motores pneumáticos e os ventiladores de circulação devem ser ligados pelo operador para eliminar o CO<sub>2</sub> do compartimento. O CO<sub>2</sub> apaga o fogo através do deslocamento do oxigênio, sendo perigoso para a segurança de pessoal.

Os sistemas de proteção existentes na planta foram projetados e calculados de acordo com as normas e códigos da NFPA (*National Fire Protection Association*).

#### 3.2.1.9.4 Extintores Manuais e Carretas

Existem distribuídas pelo site, diversas unidades extintoras manuais e carretas (externo), distribuídas em número suficiente e devidamente sinalizadas, com agentes extintores adequados (CO<sub>2</sub>, PQS), em número suficiente.

#### 3.2.1.9.5 Rede de Hidrantes

A usina é protegida por um sistema contra incêndio, por hidrantes em formato de anel ao redor da estação de força e dos prédios da turbina, para servir vários hidrantes internos e externos, bem com todos os sistemas de incêndio fixos, sendo de saída dupla de 2½”.

O sistema contra incêndio principal é parcialmente subterrâneo. A parte subterrânea é feita de uma tubulação de ferro flexível coberto de cimento internamente. Localizado perto de cada hidrante há compartimentos para mangueiras de incêndio.

O sistema contra incêndio principal é conectado ao compartimento de bombas contra incêndio e continuamente pressurizada com água.

### 3.3 DESEMPENHO AMBIENTAL NA UTE MÁRIO LAGO

O desempenho ambiental na UTE Mário Lago é sustentável por que busca atender o seguinte:

- Minimização dos problemas de poluição e preservação ambiental;
- Pró-atividade na poluição na fonte, o quanto antes;
- Conservação dos recursos naturais através de educação ambiental e reciclagens;

- Assegura, além do mínimo exigido em suas instalações, em produtos que obedeçam e apóiem os regulamentos das agências governamentais, federais, estaduais e municipais;
- A sua certificação (no período de 1 a 5 de setembro de 2008 a UTE foi auditada para a sua certificação).

### **3.3.1 Indicadores Ambientais na UTE Mário Lago**

#### **a) Investimentos**

Compra de produtos químicos menos agressivos ao meio ambiente para o tratamento da água de captação do rio Macaé e devolução do mesmo em condições iguais ou melhores que foi captado.

#### **b) Medições**

Baseada nas 15 diretrizes do PSP (Programa de Segurança do Processo), a Melhoria Continua na UTE - MLG possui diversas estações de monitoramento do seu processo no que tange ao meio ambiente, tais como:

- Monitoramento do ar com medição em tempo real para os órgãos fiscalizadores como a Feema;
- Monitoramento de qualidade da água devolvida para o rio Macaé;
- Monitoramento do solo por empresas especializadas para acompanhamento do terreno e emissão dos relatórios para a Feema;
- Medição dos gases de descargas das máquinas (turbinas), através de equipamentos eletrônicos com emissão em tempo real para a Feema.

Principal objetivo do desempenho ambiental:

- Redução de resíduos na fonte: Os resíduos na fonte ou parada de produção são resultados que interferem na sustentabilidade.

### **3.3.2 Tratamento dos impactos ambientais na UTE Mário Lago**

Antes da implantação da Usina Termelétrica Mário Lago foi realizado o Estudo de Impacto Ambiental em 2000, contemplando os impactos positivos e negativos, os quais foram submetidos à detalhada avaliação, aplicando-se os seguintes conceitos:

- Natureza: positiva, quando resulta em um aumento da qualidade ambiental, ou negativa, caso resulte em danos ao meio ambiente ou deterioração da qualidade ambiental.
- Tipo: direto, se causado por uma ação do empreendimento, ou indireto, caso seja decorrente de um dos impactos da planta.
- Duração: temporária, quando ocorre durante períodos claramente definidos, ou permanente, quando ocorre durante um período indeterminado, que poderá exceder o período de vida útil da planta.
- Localização: não dispersa, com escopo espacial restrito, ou dispersa, quando ocorre de forma bastante disseminada.
- Importância: baixa, média ou alta, baseando-se na análise da magnitude relativa do impacto em relação a outros impactos, como também à base ambiental estabelecida para a área de influência do empreendimento.

### **3.3.3 Medidas Mitigadoras adotadas na UTE Mário Lago**

Como toda produção e transformação de energias sempre influem no meio ambiente, na UTE Mário Lago são tomadas medidas mitigadoras com o intuito de diminuir e até mesmo eliminar os possíveis impactos, sendo na maioria das vezes medidas pró-ativas no que tange aos riscos ambientais.

As medidas mitigadoras utilizadas foram.

- Substituição das torres de resfriamento úmidas pelas secas (otimizando assim a utilização da água).

- Tratamento avançado de esgotos com reutilização de parte da água obtida para utilização como líquido refrigerante das turbinas (reduzindo também o consumo de água).
- Instalação de filtros para tratamento de gases lançados na atmosfera.
- Utilização de ciclo combinado, reduzindo a queima de combustível e otimizando a produção de energia.

### 3.4 FLEXGÁS

#### 3.4.1 Contextualização Histórica

Com a crise do gás no mercado mundial o Brasil buscou a parceria com outras nacionalidades, em específico a Bolívia, para aquisição do gás natural e assim acompanhar a demanda interna do parque industrial, principalmente a região sudeste onde firmou compromissos com os empresários nacionais para fornecimento do combustível em referência, substituindo-o por um combustível menos poluente e ficando acordado certo volume de gás em complemento a produção interna da referida região.

Após o Brasil ter feito grandes investimentos naquele país para cumprir o acordo binacional, a Bolívia veio a declinar do fornecimento ao Brasil, inclusive com ameaças de posses das refinarias brasileiras construídas naquele país.

Tendo em vista a grave crise do gás natural que se gerou no Brasil, o país ficou em situação muito comprometedor para atender a demanda nacional. Por essa razão foram implementados vários canais de pesquisas para solucionar o problema descrito. Um desses canais resultou no Flexgás que será descrito nos capítulos posteriores.

### 3.4.2 Contextualização Técnica e Legal

As usinas termoelétricas no Brasil foram construídas para utilizar o Gás Natural – GN como combustível. O governo federal, através da Portaria MME nº. 288 de 11/11/2004 da Portaria MME nº. 303 de 18/11/2004 (Anexo 1), determinou que as usinas termoelétricas comprovassem a disponibilidade de lastro físico para poder participar dos leilões de oferta de energia elétrica, ou seja, devem comprovar a existência de um combustível alternativo em quantidade suficiente para garantir a produção de energia elétrica caso haja falta do Gás Natural - GN.

#### 3.4.3 O que é o Flexgás?

O Flexgás é um gás combustível formado a partir da mistura do GLP – Gás Liquefeito de Petróleo com o ar, em proporções determinadas de modo que suas propriedades relativas à combustão sejam semelhantes as do GN – Gás Natural.

O Flexgás, em fase de implementação e teste, tornou-se o combustível alternativo em pesquisas para as usinas termoelétricas por possuir características térmicas e de emissão semelhantes às do GN – Gás Natural.

Comprovou-se, preliminarmente, essa intercambialidade fluidodinâmica e térmica entre o Flexgás e o Gás Natural, significando que o primeiro possui características térmicas e de emissões semelhantes ao segundo. As emissões de  $\text{NO}_x$ , SO, CO e  $\text{CO}_2$  mostram-se equivalentes, enquanto as emissões são consideradas desprezíveis no caso dos dois combustíveis em relação ao material particulado.

Foram realizados testes com os gases de combustão do Flexgás em uma instalação de pequeno porte que já utilizava gás natural como combustível. Ficou demonstrada a equivalência na emissão dos poluentes, isto é, os níveis de emissão dos poluentes permaneceram bastante próximos aos obtidos na queima do gás natural.

Durante o teste na turbina da Usina Termoelétrica Mário Lago serão verificados os níveis de emissão de poluentes decorrentes da utilização do Flexgás a temperatura e pressão elevadas. Em conseqüência, serão monitorados os parâmetros definidos na Licença de Operação na Usina. O acompanhamento do monitoramento ambiental deverá ser feito pela FEEMA nas fases de definição dos parâmetros e de medição.

A principal função do teste piloto é de estabelecer o nível de emissão de poluentes na atmosfera o que permite a adequação da atual Licença de Operação para uma eventual implantação do Flexgás como lastro físico da Usina Termoelétrica Mário Lago.

Em linhas gerais, o processo de produção do Flexgás é resultante da mistura de ar e GLP pressurizados em uma proporção pré-estabelecida. O ar que chega ao sistema é comprimido a uma pressão ligeiramente acima da pressão de entrada na turbina, de modo a compensar as perdas de carga do sistema. De forma idêntica ao Gás Natural, o GLP líquido é bombeado a uma pressão também ligeiramente acima da pressão de entrada na turbina. Após o bombeamento, o GLP é totalmente vaporizado e enviado para o misturador para ser combinado com o ar comprimido. Logo após a mistura ar + GLP é então direcionada para a câmara de combustão da turbina.

### 3.5 PLAN-GÁS

Tendo como outros métodos de melhor aproveitar o rendimento dos turbos geradores em função do gás disponibilizado para a térmica. Tem-se também um estudo (EVTE) em deslocar duas das vinte máquinas do parque industrial para Cabiúnas, visto que há uma grande demanda de energia elétrica, com isso o gás estaria mais próximo e atenderia a demanda requerida do parque de Cabiúnas.

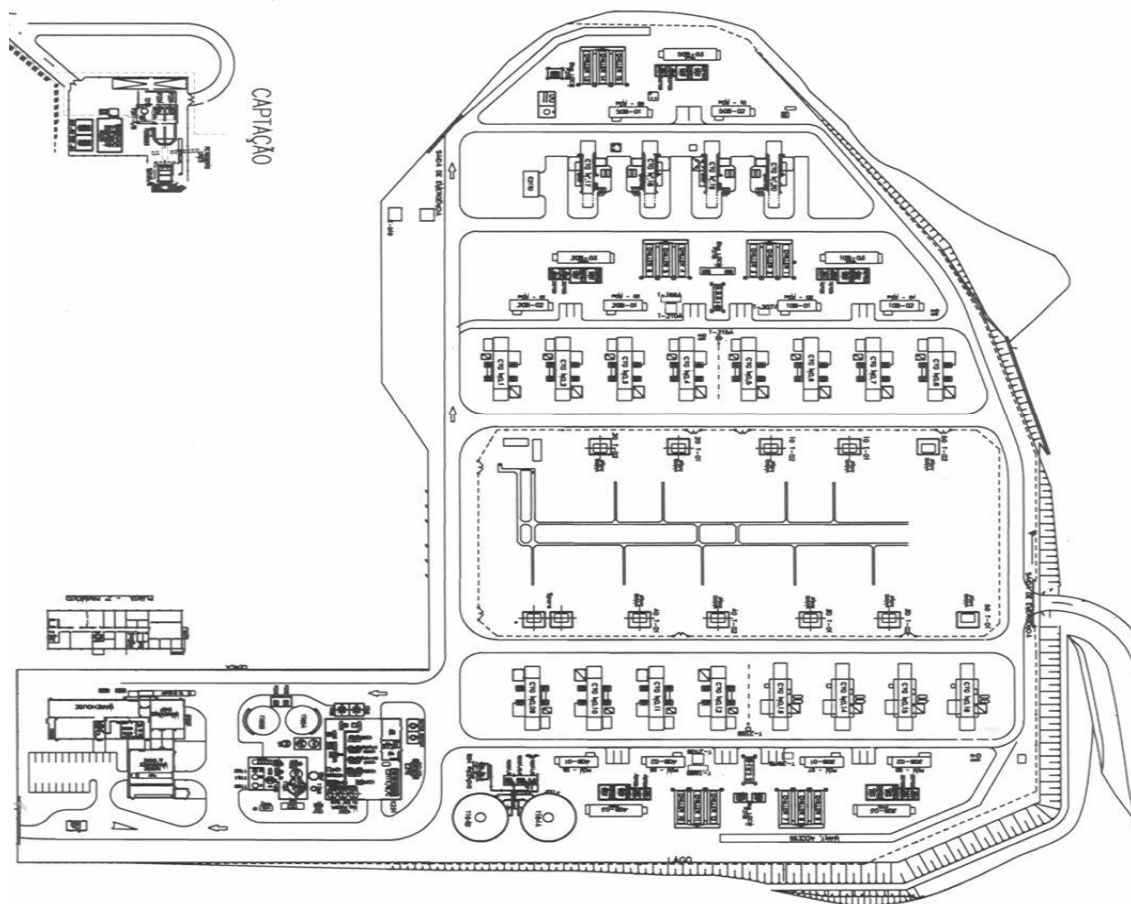
### 3.6 ÁLCOOL COMO COMBUSTÍVEL DAS TURBINAS

Na busca de soluções para atender a demanda surgiram diversas fontes de energia com seus meios de produção e rendimentos. Dentre elas, o Álcool como combustível para produção de energia elétrica através de turbinas adaptadas para o referido combustível.

### 3.7 AMPLIAÇÃO DA SUBESTAÇÃO DE FURNAS

Diante de tantas demandas, faz-se necessário uma nova adaptação para a subestação de FURNAS que recebe a geração de energia da UTE Mário Lago e da UTE Norte Fluminense. Com isso, visa-se a ampliação da subestação que conecta a linha de transmissão nacional, sendo que para a referida ampliação está sendo feita a EVTE para a mudança em questão.

A Figura a seguir mostra a planta baixa da usina construída.



**Figura 14** – Planta Baixa da Usina Termoelétrica de Macaé

Fonte: UTE Mario Lago/Plano de Gerenciamento e Monitoramento Ambiental (2003)



## 4 METODOLOGIA UTILIZADA

### 4.1 TIPO DA PESQUISA E MÉTODO DE PROCEDIMENTO

O método de procedimento escolhido para a monografia foi o estudo de caso simples em análise longitudinal para uma pesquisa qualitativa. Yin (2005) aponta o método de estudo de caso como o mais apropriado para pesquisas centradas em questões do tipo “*como*”. Enquanto a opção pela análise longitudinal decorre da busca pela compreensão do desenvolvimento do fenômeno ao longo do tempo, pois permite a identificação das transformações periódicas neste fenômeno observado de modo dinâmico, proporcionando a ligação entre fatos que ocorreram no passado com o presente (VIEIRA, 2004).

Vieira (2004) sugere que a pesquisa qualitativa garante a riqueza de dados, pois leva em conta o contexto envolvido, facilitando a exploração de contradições e paradoxo, além de ser tão rigorosa cientificamente quanto a quantitativa. Essa pesquisa vem sendo utilizada em maior número em disciplinas básicas e aplicada como na administração em geral.

### 4.2 ALVO DA PESQUISA E COLETA DE DADOS

Para realizar o estudo são explicados os procedimentos metodológicos que servem como suporte e direcionamento da pesquisa e para atingir os principais objetivos do presente trabalho foi estabelecida uma metodologia para a coleta de dados, levando-se em consideração os diversos aspectos relevantes para seu desenvolvimento, a saber:

- Levantamento das demandas de energia elétrica nacional, com foco maior na UTE em Macaé, com a gestão do Órgão da Petrobrás: Gás e Energia;
- Visita no local da unidade e entrevista com os funcionários envolvidos no processo de produção, SMS e Administração;

- Pesquisas de documentações técnicas, gerenciada pelo Gás e Energia, Órgão interno que trata das Unidades Termo Elétricas – UTE;
- Levantamentos dos aspectos e impactos ambientais;
- Levantamentos dos estudos referentes ao PEL (Plano de Emergência Local) e o PAM (Plano de Apoio Mutuo);
- Pesquisa de opinião de moradores das circunvizinhanças voltada para os aspectos sociais e ambientais;
- Leitura de Relatório anual de estatísticas de acidentes;
- Pesquisas em livros, workshops, artigos, Internet; Intranet (Petrobras);
- Visitas técnicas a campo;
- Entrevistas com especialistas da área;
- Participação em Congressos, Seminários e Cursos.

Quanto aos fins trata-se de uma pesquisa descritiva, pois descreve os tipos de sistemas e programas de monitoramento existentes na gestão ambiental da UTE Mario Lago. E explicativa, para utilização do mesmo, mostrando as tecnologias e meios de processo existentes na usina.

Quanto aos meios a pesquisa é bibliográfica, baseada em livros, artigos, teses, e documentos existentes na UTE Mario Lago e em instituições oficiais publicados via Internet.

#### 4.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Este trabalho possui a limitação de que os aspectos legais apresentados refletem apenas as principais legislações nacionais e internacionais em vigor no momento da sua elaboração, podendo variar ao longo do tempo, tendo em vista a velocidade dos processos e da divulgação de informações no mundo globalizado.

As evidências empíricas foram obtidas através de fontes distintas de informação: entrevistas estruturadas e não estruturadas a gerências gerais, gerências setoriais de usinas termoeletricas, engenheiros, técnicos, laboratórios químicos, empresas prestadoras de serviços para Petrobrás S.A., SMS Corporativo da Petrobrás S.A., Coordenação de Recursos Hídricos da Petrobrás S.A., SMS local da UTE Mário Lago e outras térmicas.

A compreensão de um fenômeno crítico pode estar amarrada a uma boa seleção de casos (YIN, 2005), pois, pela limitação do universo investigado, pode-se observar e analisar aspectos variados da experiência, dos procedimentos, das atitudes e dos valores dos informantes pesquisados (SILVEIRA, 2005).

A pesquisa abordou inicialmente no referencial teórico uma contextualização histórica sobre a questão de sustentabilidade e responsabilidade social, e introduzirá o tema do estudo de caso da UTE Mário Lago com uma abordagem sobre o Sistema de Gestão Integrado - SGI.

O início da certificação, em junho de 2007, que após várias auditorias internas e externas teve a sua indicação para certificação SGI, sendo escolhidas as UTE Mário Lago, Aureliano Chaves, Celso Furtado e TERMOCEARÁ. O que aconteceu em suas indicações por amostragem para outras onze térmicas.

## 5 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE ECO-EFICIENCIA VOLTADAS PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DA UTE – MARIO LAGO

Apresentam-se neste capítulo algumas sugestões voltadas para melhoria da eco-eficiência das operações da UTE Mário Lago.

Com o aumento de produção de energia elétrica solicitada pelo ONS ocorreu um aumento de carga poluidora resultado de resfriamento do ar de entrada da turbina e tratamento de água. Serão então propostas medidas mitigadoras dos impactos ambientais.

Com a disponibilidade junto ao ONS, o aumento da carga poluidora cresce quase que proporcional, sendo que neste caso foi feito um estudo para mudança dos produtos químicos de forma tal que o processo venha a reduzir as agressões ao meio ambiente, bem como melhoria na eco-eficiência da Usina.

### 5.1 SUGESTÕES E MELHORIAS

#### 5.1.1 Melhorias para redução de desperdícios na UTE

Foi observado que os recursos naturais não estão sendo usados para a produção de energia elétrica no seu limite máximo para atenuar a agressão ao meio ambiente. Então foi possível, com estudos mais minuciosos e tecnologias aplicadas, diminuir os resíduos que são gerados durante todo o processo sem que haja perda de produção como:

- Retirar os vazamentos dos sistemas de ar de serviço (ar comprimido), além de utilizar um compressor de menor capacidade para manter o sistema, não sendo necessário um compressor de maior potência para a mesma função, com isso há melhora no rendimento do processo como um todo.
- Dar um melhor destino após a coleta seletiva dos lixos de modo que alguns possam ser reaproveitados em reciclagens, tais como, garrafas PET, papeis não contaminados, e copos descartáveis oriundos de usos água potável.

- Substituir nas oficinas de manutenção, a utilização de trapos por panos, que após o seu uso, sujos com óleos e graxas etc. possam ser limpos em lavanderias industriais próprias para tais fins.
- Instalar torneiras nos banheiros de lavatórios com temporizadores ou sensores de presença das mãos, minimizando o consumo de água.
- Instalar sensores de presença de pessoas nos banheiros e lavatórios, visto que estes ambientes ficam boa parte do tempo sem uso constante e com isso também se reduz o consumo de energia elétrica.
- Desligar os computadores, impressora, equipamentos eletrônicos e luzes após o expediente.

Diversos sistemas de controle e monitoramento foram implementados na usina para aperfeiçoar a utilização dos recursos naturais, utilizados no processo de geração de energia elétrica tais como:

- A substituição de produtos químicos em uso por outros mais adequados a resultados, de maneira tal que gerem menos resíduos e com melhores resultados, bem como o lixo orgânico que é acondicionado em câmaras frias de - 15 ° C (quinze graus negativos) e transportado para aterro pré-determinado pelo órgão fiscalizador.

Também foi instituído o treinamento comportamental diário para toda a força de trabalho referente aos cuidados com o meio ambiente, a utilização e reutilização dos utensílios, minimizando os desperdícios, onde se enfatiza a sustentabilidade como um todo, e esse treinamento é para todos, incluindo as comunidades vizinhas, além dos funcionários da usina.

São agendadas visitas técnicas a estabelecimentos de ensinos das comunidades adjacentes, e até mesmo as mais distantes (ensino básico, médio e superior) que são contempladas com aulas de cidadania e cuidados com o meio ambiente.

### **5.1.2 Inclusão de chaves de interligação elétrica na distribuição de alta tensão de 345 KV da subestação interna do parque industrial**

- Facilitar as manobras operacionais não precisando desligar os geradores que estiverem conectados ao sistema, conseqüentemente não havendo perda de potência ativa.

As operações com manobras elétricas na linha de alta tensão requerem perícias e habilidades da parte de seus técnicos, apesar da tecnologia da subestação de saída de alta tensão - 345 kV, ou seja, de acordo com a figura 10 temos dois barramentos de saída na UTE - MLG, barramento 1 e barramento 2 que fazem a transferência de energia para a subestação de Furnas onde esta subestação também recebe a energia da UTE/NF – Usina Termoelétrica Norte Fluminense.

Como é possível perceber que para cada dois TGs – Turbo Geradores com a tensão de saída de 13.8 KV os mesmos são acoplados na entrada do transformador (primário) e a saída do transformador (secundário), elevando a tensão de entrada para uma saída de 345 kV que vai alimentar um dos dois barramentos (1 ou 2).

Portanto, para que seja transferida a produção de energia elétrica de um barramento para o outro, faz-se necessário que os TGs sejam desligados da entrada no primário do transformador, desligando apenas o gerador, mantendo a turbina funcionando sem carga que se quer conectar na outra barra, bem como o seu secundário deve ser desligado.

Tecnicamente os secundários não poderão ser conectados simultaneamente, pois causaria uma equalização dos barramentos entre si, utilizando erradamente apenas os disjuntores de alimentação sem que isso fosse suficiente para a transmissão de potência. Possuindo apenas estas disponibilidades fica impossível tecnicamente transferir a carga de um barramento para outro sem a perda produção.

Como sugestão de melhoria para a sustentabilidade e sem perda de produção 90 MW (Mega Watts), durante as manobras operacionais de transferência de potência de barramento, estas manobras fazem-se necessárias quando em manutenções: Preditivas, Preventivas e Corretivas por solicitação do ONS – Operador Nacional do Sistema ou mesmo em manutenções internas da usina, sem que haja redução da geração elétrica da usina em 90 MW por transformador. Esta

redução causa um déficit de receita significativo e aumenta o risco operacional e de segurança. Já com a inclusão de uma chave de interligação (TIE) entre os barramentos A e B será possível fazer as manobras e com ganho de produção.

O sistema de distribuição da UTE, atualmente, não permite a transferência de potencial de geração entre barras quando as unidades estão sincronizadas em caso de uma emergência. Isto é, não há flexibilidade nas manobras de operação em tempo hábil sem que seja necessário desligar as unidades, bem como flexibilidade na manutenção. Com isso, um disjuntor de interligação (TIE) irá solucionar, dando mais recursos nas manobras sem que haja perda de produção.

## 5.2 EVTE - Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

A modelagem técnica de uma planta de cogeração é um assunto relativamente complexo. A aplicabilidade desta modelagem técnica a uma planta real envolve fatores econômicos, de mercado, ambiental e institucional.

A compreensão dos princípios que conduzem à apreciação da viabilidade de um empreendimento, porém, é de mais fácil entendimento, pois a cogeração se baseia em princípios termodinâmicos.

Na aplicabilidade da engenharia termodinâmica as transferências de energia ocorrem através de substâncias que transportam trabalho e que são utilizadas em máquinas projetadas para produzir trabalho através da queima de combustíveis ou para consumir energia através da redução de pressão, ou através da transferência de calor, etc.

O estado de equilíbrio destas substâncias se define pelas suas propriedades que são quaisquer das características detectáveis como pressão, temperatura, energia, etc. Quando algum processo altera o estado da substância que transporta trabalho, as mudanças de estado são definidas pelas alterações das propriedades. Assim, dois estados de uma substância serão idênticos se o valor de cada uma das propriedades for idêntico nos dois estados.

Os processos podem ser reversíveis e irreversíveis. Para um entendimento mais simples, nos processos reversíveis, as substâncias ao mudarem de estado, são capazes de retornar ao estado inicial, sem perdas. Estas perdas podem ser

causadas por atrito, reações químicas ou qualquer outra causa que provoque perdas no processo.

Na realidade, na natureza todas as transformações se fazem com alguma perda. Um ciclo é formado por uma série de processos cujas propriedades iniciais e finais são idênticas. Os ciclos dos processos reversíveis são chamados de *ciclos ideais*.

A mudança de estado de equilíbrio de cada um dos processos de um ciclo é acompanhada de uma interação com o ambiente vizinho deste processo. Esta interação ocorre somente durante a mudança de estado e está associada a uma transferência de energia. Podem ocorrer dois tipos de interações, nas transferências de energia através de trabalho (transferência de trabalho) e na transferência de energia por calor (transferência de calor). Assim, trabalho e calor não estão presentes em um sistema e não são propriedades das substâncias que os transferem. Eles só aparecem como vetores de energia durante as mudanças de estado.

O processo de cogeração se baseia em ciclos térmicos. Utiliza-se certo número de ciclos ideais equivalentes aos ciclos reais de algumas máquinas ou equipamentos térmicos. Considera-se que fluidos térmicos (que transportam energia) estejam presentes, nas situações de existência ou não de fluxo.

Os parâmetros do ciclo são determinados pela avaliação das mudanças de propriedades deste fluido, as transferências de trabalho e a eficiência térmica. E, para os fins de uma análise e compreensão da cogeração, é fundamental considerar os parâmetros de um ciclo:

Índice Específico de Transferência de Energia	Quantidade de energia transportada por unidade de massa do fluido
Consumo Específico	Massa da substância energética para produzir uma unidade de energia
Eficiência Térmica	Energia transferida para um ciclo em relação à quantidade de calor (energia térmica) trocada pelo ciclo

**Quadro 04** - Parâmetros de um ciclo no processo de cogeração  
Fonte: O autor

A cogeração se baseia no aproveitamento da energia exaurida (energia residual) de um ciclo real (irreversível) que já transferiu trabalho útil ou calor útil, e transformar esta energia exaurida em uma outra forma de energia útil, na forma de trabalho transferido e de calor útil.



Para isto é necessário proceder-se ao balanço da energia contida no combustível, determinar a eficiência de cada etapa do processo, o trabalho e o calor úteis e, muitas vezes, as perdas do processo.

As usinas termelétricas convencionais, queimando combustíveis fósseis, têm uma eficiência térmica da ordem de 30 a 40%, isto é, só estas percentagens da energia contida no combustível são transformadas em trabalho mecânico. O restante é perdido em forma de calor, seja na exaustão ou na condensação do vapor. Em uma unidade de cogeração, a energia que seria inaproveitada é usada para prover calor a um processo, ou aquecimento de ambientes.

Desta forma, podemos definir cogeração como sendo a produção conjunta de trabalho mecânico e calor utilizável a partir da queima do mesmo combustível. O trabalho mecânico é em geral usado para acionar um gerador elétrico, mas poderá ter outras finalidades como o acionamento de compressores ou a propulsão de navios. O calor é quase sempre utilizado para geração de vapor para processo, ou água quente para aquecimento.

Uma instalação de cogeração pode ter eficiência térmica de até 85%. Além de dar melhor uso à energia do combustível, reduz-se o impacto ambiental, especialmente quanto às emissões gasosas. Ao lado destas vantagens econômicas e ecológicas, há alguns pontos negativos na co-geração. Como o vapor e a água quente não podem ser levados a longas distâncias, deverão existir localmente demandas para suas produções, sem o que a eficiência térmica global do processo ficará prejudicada. Além disto, estas utilidades deverão ser geradas às temperaturas requeridas localmente. Por estes motivos, a energia elétrica tem geralmente um peso maior que o calor, e as avaliações econômicas de uma instalação têm que levar estes fatos em consideração.

A seleção, avaliação e eventual implementação de uma instalação de cogeração são tarefas complexas, que pressupõem um conhecimento detalhado das demandas de calor e eletricidade, e seus respectivos custos. Provavelmente cada instalação terá mais de uma solução, todas exigindo estudos minuciosos dos aspectos técnicos e econômicos para que a melhor dentre elas seja selecionada. Aqui não serão detalhados todos os passos da seleção e avaliação de uma instalação de cogeração, e sim os aspectos de maior relevância.

No caso da UTE Mário Lago o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica considerou em um bloco com quatro máquinas trabalhando em ciclo aberto com

conversão em ciclo fechado. Com isto, aumentando a potência total gerada das UGs – Unidade Geradora e utilizando os mesmos recursos naturais que seriam em um ciclo aberto. A melhora de eco-eficiência no aumento de seu rendimento mudou de 42% para 66%.

O Desempenho Econômico considerado na Usina Termelétrica Mário Lago levou em conta os seguintes fatores:

- Faturamento Líquido (venda bruta menos impostos);
- Faturamento Bruto (vendas com todos os impostos: IPI, ICMS, PIS, Tx de utilização do sistema, ONS etc.);
- Investimentos em capacitação profissional no Brasil e no exterior;
- Bens patrimoniais, ferramental etc.;
- Manutenção (preditiva, preventiva e corretiva);
- Novas tecnologias.

### 5.2.1 Considerações Econômicas

A não ser por razões estratégicas, como por exemplo, em locais onde o suprimento de energia elétrica não é confiável, a opção pela cogeração, via de regra, é definida por condicionantes estritamente econômicas e, somente quando evidenciam reduções substanciais nos custos de energia, são adotadas. Em uma análise econômica, os seguintes pontos, entre outros, devem ser considerados:

- Preços da eletricidade, correntes e futuros;
- Preço do calor;
- Preço e disponibilidade do combustível;
- Custos de implantação, operação e manutenção;
- Incentivos fiscais;
- Nível esperado de retorno financeiro.

Um aspecto importante a ser considerado no cálculo do custo da energia elétrica é o impacto que pode haver sobre os mesmos da importação ou exportação para a rede local de pequenas quantidades de energia. É também necessário levar em conta os custos da energia de *back up*, para absorver as paradas das instalações onde não há capacidade de reserva instalada.

Não é impossível também que, com a ameaça de perda de receita, a concessionária reduza seus preços, diminuindo as vantagens do empreendimento. Mas, mesmo nestes casos, pode-se entender que a consideração da utilização da cogeração como alternativa foi válida por ter-se atingido o objeto maior que é o da redução dos custos com energia.

O método de avaliação de um projeto deve refletir as práticas normais da empresa onde é executado, mas em geral é utilizado o do *pay-back* simples, ou o do valor líquido presente, mais rigoroso. Embora o primeiro possa ser aproximado, ele permite uma comparação rápida das várias opções sendo usado como primeiro instrumento por várias grandes organizações. É pouco provável que uma instalação de cogeração tenha um tempo de retorno inferior a 4 ou 5 anos, a menos que o custo do combustível seja muito baixo.

A técnica do valor líquido presente determina de forma mais acurada o retorno global de um projeto, mas se baseia em pressupostos relativos a taxas de desconto e outros, de difícil previsão em prazos de 5 anos ou mais. Além disto, o método do valor líquido presente não identifica os projetos que dão a taxa mais rápida de retorno, o que pode ser importante em casos de recursos escassos. Portanto, o melhor será combinar os dois métodos.

Como uma avaliação econômica requer que se considerem as tendências futuras, a análise de sensibilidade do modelo financeiro às variações de valor de itens como combustível ou taxa de juros é essencial e ajudará a definir e reduzir os riscos.

Outro ponto de importância na análise econômica são as especificidades de cada país, sua legislação e incentivos dados pelo governo. Na Inglaterra, por exemplo, embora haja estímulos do governo às instalações de co-geração, há pouco suporte financeiro e legislação limitada.

Uma política de curto prazo, vigente até início da década de 90, mantinha o preço baixo da eletricidade (2,5p/kWh) e preços altos para o gás (acima de 20p/therm). Esta situação modificou-se com a meta governamental de ter instalações de co-geração com capacidade total acima de 20 GW até 2003, mas os esquemas financeiros ainda permanecem pouco apropriados.

### 5.2.2 Considerações Ambientais

Como têm eficiência térmica mais alta, os esquemas de cogeração consomem menos combustível, com a redução conseqüente das emissões gasosas. A adoção dos ciclos combinados, com queima de gás natural, reduziu ainda mais estas emissões, pois este energético é basicamente limpo, e a relação consumo / descarga de água é menor, pois o ciclo de vapor é reduzido. O potencial de redução de emissões, especialmente em instalações movidas a gás natural, é um forte elemento a favor da cogeração, e da resultante redução das usinas a carvão.

Cada projeto de cogeração é diferente dos demais, e envolve uma seqüência de passos até que fique assegurada sua viabilidade e a escolha da melhor solução, como:

- Estabelecimento das demandas de calor, de resfriamento (*chilling loads*) e de vapor;
- Análise do perfil da demanda de calor e a escolha do tipo e tamanho da instalação de cogeração;
- Escolha do combustível, com base em fatores locais e econômicos;
- Estudo de viabilidade preliminar, considerando as conexões à infraestrutura e as condições de arranjo local;
- Escolha do acionador principal e diagrama de ciclo;
- Estabelecimento do esquema básico e do modelo operacional;
- Avaliação econômica do esquema básico e suas opções;
- Seleção do melhor esquema e análise de riscos;
- Identificação das vantagens ambientais e seus incentivos;
- Tomada de decisão de executar a instalação.

A consideração destes fatores mostra que não há solução universal ou mesmo conjunto de regras para determinar viabilidades ou uma melhor solução técnica. Cada empreendimento de cogeração tem determinadas soluções, e só um estudo de viabilidade poderá determinar a melhor delas.

### 5.3 INÍCIO DO PROCESSO DO FLEXGÁS E ANÁLISE JUNTO AOS ÓRGÃOS REGULADORES AMBIENTAIS: PREFEITURAS, CORPO DE BOMBEIRO, SEGURADORAS, CONSELHO DE CLASSE (CREA), ETC.

#### 5.3.1 Inserção na Política Nacional do Gás Natural

Com a crise energética nacional do gás natural, o Brasil através de políticas internacionais resolveu firmar acordos internacionais com o intuito de atender ao consumo interno brasileiro, principalmente ao parque industrial. O governo resolveu encampar a substituição dos antigos combustíveis usados pelas indústrias, tais como: carvão, óleos combustíveis, gás de coqueria, óleo, óleo diesel, etc., pelo gás natural, pois com isso estaria contribuindo na redução do efeito estufa e da poluição ambiental.

Apos o contrato entre os dois países e a troca de governo da Bolívia, os acordos por parte daquele país passaram a ser modificados e exigidos alguns itens que não estavam no contrato anteriormente firmado. Isso levou o Brasil a traçar planos internos no seu fornecimento de gás natural, chegando mesmo a utilizar os meios de comunicação para conscientização dos problemas de abastecimento nacional. Foram concedidas, então, prioridades à indústria visto que a mesma já havia adaptado seus sistemas para o gás natural. Buscaram-se soluções tecnológicas em formas de combustíveis que viessem a substituir com características compatíveis.

O consumo de GNV – Gás Natural Veicular teve um pequeno abalo no seu fornecimento, porém não chegou a ser tão significativo. A grande questão foi o fornecimento do gás natural para o parque industrial das termoelétricas, por que essas usinas deveriam trabalhar em consumo de pontas, isto é, suprimindo a demanda das hidroelétricas.

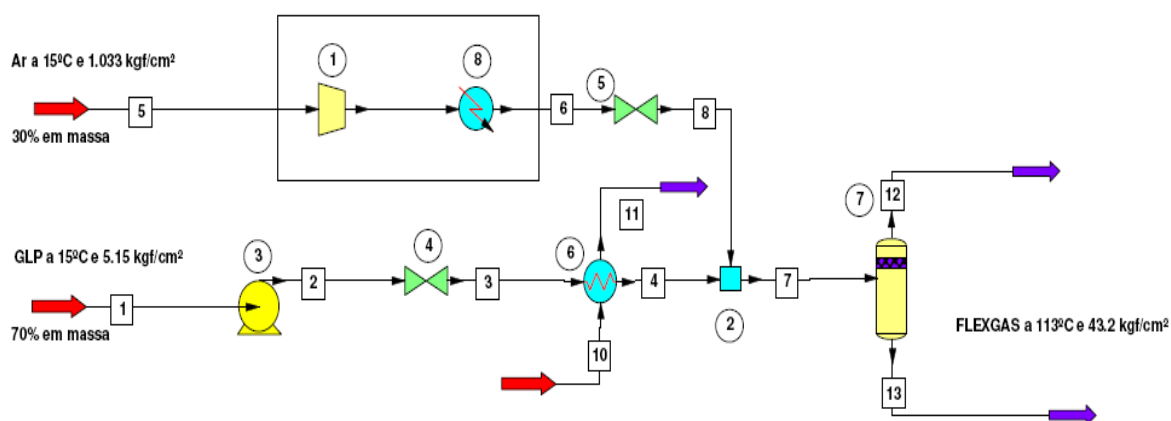
Devido à escassez nos volumes de água para as hidroelétricas, as térmicas passam a suprir em seu PMO – Ponto Meio de Operação. Face à situação, o governo decidiu desenvolver combustíveis alternativos para atender o parque industrial das termoelétricas. Com isso, alguns estão sendo desenvolvidos em diversas térmicas brasileiras, tais como: biodiesel; álcool e o GLP, sendo este último já em implantação na Termoelétrica Mário Lago, em Macaé, no Estado do Rio de

Janeiro.

	Flexgás	GN
Temperatura em °C :	100-135	80°
Pressão em bar:	43,2	43,2
Densidade relativa:	0,64	1,43
PCS:	9631	15026,3 <i>kcal/Nm<sup>3</sup></i>
Woobe	12015	12583
	Diferença:	-5%

**Figura 15** - Comparação entre o Flexgás e o Gás Natural  
Fonte: Petrobrás, Gás e Energia (2008)

Considerando este levantamento, o Flexgás, aparentemente, pode ser usado como combustível substituto/complementar ao gás natural sem perda significativa de rendimento e potência das turbinas e sem risco operacional. Resta confirmar ou não, se para um gás não composto apenas de alcanos e inertes, tal como o Flexgás, o comportamento previsto nos itens acima é válido. Isto será avaliado durante o teste de campo.



**Figura 16** - Desenho esquemático da planta de FLEXGAS para uma turbina LM 6000 PC.  
Fonte: Petrobrás (2007)

### 5.3.1.1 Desenvolvimento e Testes a Partir de Campo

Em uma segunda etapa de desenvolvimento do projeto, o objetivo é avaliar o comportamento das turbinas operando com o Flexgás e obter dados suficientes para

se fazer a calibração ou otimização da planta de produção/condicionamento do Flexgás para futuramente se estudar a operação das turbinas em escala comercial.

#### 5.3.1.2 Sistema Elétrico da Planta de Flexgás

O sistema elétrico da planta de Flexgás deverá ser interligado ao da UTE, sendo projetado para a mesma voltagem e tipo de instalação. Também deve ser avaliado o efeito da carga extra, devido à operação da planta de FLEXGAS, no sistema de proteção elétrica da UTE.

#### 5.3.1.3 Interligação

Deverá se feita a conexão da planta de Flexgás à linha de abastecimento de gás natural da UTE para prover o combustível às turbinas com o mínimo de alterações na instrumentação existente. A interligação deverá manter a mesma instrumentação de controle existente de modo a não alterar a operação da UTE com gás natural.

#### 5.3.1.4 Segurança

Deve ser verificado o local de instalação da planta de Flexgás dentro da UTE, e qual a classificação de risco para aquela área. Também deve ser avaliado como a instalação dos novos equipamentos irá interferir nos procedimentos de segurança e evacuação de área existente.

#### 5.4 CONCLUSÃO DO PROCESSO

O projeto será considerado encerrado ao final do teste de confiabilidade que deverá se estender pelo período de 720 horas (30 dias). O projeto será considerado bem-sucedido se o desempenho da planta for satisfatório, ou seja, se forem obtidos parâmetros de calibração que permitam a operação estável das turbinas na mesma potência obtida com Gás Natural (dentro da tolerância especificada de 5,0%), tendo sido bem sucedida no ensaio de confiabilidade e que o Flexgás não tenha ocasionado nenhum desgaste excessivo na câmara de combustão e outros elementos associados da turbina a gás. Estima-se que o período total de ciclo de teste: ensaio, avaliação de desempenho, calibração e ensaio de confiabilidade seja de cerca de 90 dias.



## 6 CONCLUSÕES E INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

### 6.1 CONCLUSÕES

As empresas internalizavam em seus sistemas gerenciais o paradigma de que o mais importante era produzir e gerar receita a qualquer custo. A transformação dessa concepção de não mais se ganhar a qualquer preço sob pena de haver perdas para muitos está no atual processo de gestão como um todo. Mudanças conceituais influenciam os gerentes em seus comportamentos e orientações de forma a serem gestores de sistemas e que os processos produtivos devem se tornar mais eficazes, reduzindo o desperdício.

A aplicabilidade da tecnologia atual se situa em prol de melhorias da produção de energia de modo que os sistemas busquem a eco-eficiência em um benefício como um todo. Isto inclui não só a aplicabilidade da tecnologia como também o comportamento da força de trabalho pressupostos do Programa de Segurança do Processo (PSP), através das 15 Diretrizes Corporativas de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da Petrobrás.

A destruição do meio ambiente ou o aproveitamento sem limites dos bens naturais, características dos modelos de produção baseados exclusivamente na rentabilidade econômica e na otimização financeira, está chegando ao seu fim. O novo paradigma se apóia na tecnologia para encontrar soluções efetivamente globais e justas para o Tripple Bottom Line e a sua manutenção e o desenvolvimento sustentável.

Este desenvolvimento sustentável tem passagem obrigatória pela transformação da matriz energética de mundo, que exigirá a mobilização coordenada e a conscientização de todas as partes envolvidas.

As proposições de medidas de gestão, eco-eficiência e sustentabilidade em usinas termoelétricas levantadas e estudadas neste trabalho demonstraram que a operação sustentável na UTE Mário Lago é prioritária para a empresa, entretanto, medidas importantes ainda estão em fase de estudos, pesquisa e em implantação como a proposição de aplicação do ciclo combinado, a implantação do Flexgas e o término do estudo, encaminhamento e aprovação do ONS para inclusão de chaves

de interligação elétrica na distribuição de alta tensão de 345 KV da subestação interna do parque industrial. Quanto à troca dos produtos químicos para redução de resíduos, os resultados ainda estão abaixo do nível exigido pelo Instituto Nacional de Engenharia Ambiental (INEA).

Finalmente, tendo como base principal à conscientização ambiental, um dos projetos educacionais iniciados na UTE, foi o Projeto *Pescar* que atende jovens adolescentes da comunidade carente, que recebem capacitação profissional básica para atender a demanda do mercado.

Na UTE Mário Lago o Projeto *Pescar* assim como em outras Unidades da Petrobras, teve o seu êxito reconhecido e os jovens foram colocados no mercado de trabalho tão logo concluíram o curso de capacitação.

Ressalta-se, que atualmente, as empresas, influenciadas por demandas externas, têm repensado o seu papel enquanto mantenedoras do desenvolvimento empresarial. Acreditamos que com este trabalho possamos contribuir para discussão deste tema tão relevante no mundo atual.

## 6.2 INDICAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Sugere-se que sejam efetuados estudos futuros para acompanhamento da evolução das práticas de sustentabilidade aplicadas no presente estudo de caso, com a finalidade de aprimorar as medidas de eco-eficiência das Usinas Termoelétricas e acompanhamento dos resultados das ações adotadas junto as comunidades adjacentes.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. Ainda há tempo. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, p 23, 24 de novembro de 2008.

ALMEIDA, M. F. L. **Sustentabilidade corporativa, inovação tecnológica e planejamento adaptativo: Dos princípios à ação**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica – PUC-RJ, 2006.

AMARAL, S. P. **Sustentabilidade ambiental, Social e Econômica nas Empresas: Como entender medir e relatar**. São Paulo: Tocalino, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Organizações Sustentáveis** – Contribuições a excelência da gestão. Org. Emmanuel Paiva de Andrade. Niterói, 2005. 153p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos – Apresentação: **NBR 14724**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **Sistemas da gestão ambiental** – Especificação e Diretrizes para Uso: NBR ISO 14001. Rio de Janeiro, 2004b.

BRANCO, F.P. **Análise Termoeconômica de uma Usina Termelétrica a Gás Natural operando em ciclo aberto e em ciclo combinado**. Ilha Solteira, São Paulo: Universidade Estadual Paulista. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica), Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista, 2005.

CAMARGO, A.L.B. **As Dimensões e os Desafios do Desenvolvimento Sustentável: Concepções, Entraves e Implicações à Sociedade Humana**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Responsável. **O Mercado de Carbono**. 2008. Disponível em [www.cebds.com](http://www.cebds.com). Acesso em 20 set. 2008.

CHEMTECH. **Projeto Feed do Sistema Flexgas para Termoelétrica Macaé**. São Paulo, setembro de 2006.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Audiência Pública. Brasília: **CMADS**, (2005). Disponível em: [www.camara.gov.br/sileq/MostrarIntegra.asp?](http://www.camara.gov.br/sileq/MostrarIntegra.asp?) Acesso em 20 out 2008.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COHEN, H.; ROGERS, G.F.C.; Saravanamuttoo, H.I.H. **Gas Turbine Theory**. 3. ed. Longman Scientific & Technical: England, 1987.

COMBINED- CYCLE GAS & STEAM TURBINE POWER PLANTS. Tula penn well, c1999. 298 p.

COMPETITIVIDADE E IMPACTOS da Usina Termoelétrica a resíduos ultra viscosos de Petróleo. **Revista Brasileira de Energia**. Paulínia. 2 v. (1), 1980

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama 03 de 28 de Junho de 1990**. Disponível em [www.mma.gov.br/conama/](http://www.mma.gov.br/conama/). Acesso em 20 out 2008.

CURSO IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. **Turbinas a Gás Industriais em Ciclos Combinados/Cogeração**. Rio de Janeiro, maio de 1998 – Profº Antonio Damaso de Carvalho Jr.

DESIMONE, L.D. & POPOFF, F. **Eco-efficiency: The Business Link to Sustainable Development**. Massachusetts, MIT Press, 2000.

DJSGI. **Dow Jones Sustainability Group Indexes**. 1999. Disponível em <http://www.sustainability-indexes.com>. Acesso em: 12 ago 2008.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 1. 3. ed. reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

ELKINGTON, J. **Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium**. Australian CPA, v. 69, p. 75, 1999.

\_\_\_\_\_. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st Century Business**. Oxford, U.K.Capstone Publishing Limited. 1998. 416 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Estudos do Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico**. Condicionantes Ambientais. Diretrizes, critérios e procedimentos socioambientais para os estudos de planejamento da expansão. EPE-DEE-RE-005/2005-R0. Rio de Janeiro, junho de 2005. Disponível em <http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/>. Acesso em: 2 ago 2008

FEDATO, M. C.L. **Responsabilidade Social Corporativa: Benefício social ou vantagem competitiva? Um estudo das estratégias de atuação social empresarial e sua avaliação de resultados**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Dissertação (Mestrado em Administração), Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2005.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Disponível em <http://www.feema.rj.gov.br/>. Acesso em: 24 set. 2007.

FERREIRA, Geraldo José. **Cogeração Termoçu: gás, energia e óleo - Termoçu**. Congeneration: gas, power plants and oil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2004.

FUCLINI, C.F.F.; WATZLAWICK, L.F. A Questão Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável na Administração Pública Municipal de Rio Azul/PR (p.130-140) **Revista Eletrônica Lato Sensu**, ano 2, nº 1, julho de 2007. Disponível em <http://www.unicentro.br-Engenharia> . Acesso em: 30 set. 2007.

FUJIHARA, Marco Antonio. **Gestão da sustentabilidade do empreendimento**. Disponível em: [www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf\\_dr/2007/t234\\_0255-D.pdf](http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_dr/2007/t234_0255-D.pdf). Acesso em: 10 mai 2008.

FUNDAÇÃO SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS (SERLA). Disponível em: <http://www.serla.rj.gov.br>. Acesso em: 18 jul 2008.

GONZALES, R.P. **Cogeração a partir de gás natural**: uma abordagem política, econômica, energética, exegética e termoeconômica. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 2004.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). **Diretrizes para padronização de relatórios de sustentabilidade**. Brasil: Business Meets Social Development (BSD), 2002.

GRIPPI, S. **Atuação responsável & desenvolvimento sustentável**: os grandes desafios do Século XXI. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DO PETRÓLEO E GÁS. **Utilização do gás natural para geração de energia elétrica na Amazônia**. Rio de Janeiro, 2000.

INSTITUTO ETHOS. **Práticas Empresariais de Responsabilidade Social**: Relações entre os princípios do Global Compact e os Indicadores Ethos de Responsabilidade Social Empresarial. Coord. Carmen Wengrill. São Paulo: Instituto Ethos, 2003.

LISS, W. E., RUE, D. M. **Natural Gas Composition and Fuel Quality**. Information Report. Gas Technology Institute: USA, February, 2005.

LORA, E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. **Geração Termelétrica**: planejamento, projeto e operação. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2004, 2 v. 1296 p.

MAIADIGITAL. **O que são indicadores de sustentabilidade?** Disponível em: [ambiente.maiadigital.pt/ambiente/indicadores/o-que-sao-indicadores-de-sustentabilidade](http://ambiente.maiadigital.pt/ambiente/indicadores/o-que-sao-indicadores-de-sustentabilidade). Acesso em: 10 mai 2008.

MATOS, A. S. T. **Autora do registro fotográfico dos sistemas de efluentes da UTE**. Mário Lago. Macaé, RJ, 2008.

MICHELINI, A.N.C. **Modelo de Avaliação da Eco-Eficiência Termelétrica (MAET)** – Um estudo de Multicaso. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). **Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo no Brasil: Novas Perspectivas do Setor Produtivo**. Brasília: MDIC, 2008.

MENDES, M.L.B.; D-LEMONS, M.J.S. **Uma Metodologia para Avaliação do Impacto Ambiental da Geração Termelétrica no Brasil**. Anais do II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (em CD-ROM), 2002, João Pessoa, 8p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Novo Modelo do Setor Elétrico**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 02 ago 2008.

\_\_\_\_\_. (MME/EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2007/2016 [em Consulta Pública]**. Brasília: MME/EPE, 2007. Disponível em: [http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/biblioteca/0014\\_legislacaoambiental\\_nc\\_vg.htm](http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/biblioteca/0014_legislacaoambiental_nc_vg.htm)  
Acesso em 02 ago 2008.

MONTGOMERY, D.M. **Ecoefficiency in Consumer Products**. 1997. Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 355, 1405 – 1414.

PETROBRAS. **Diretrizes Gerais de Gerenciamento Ambiental da Petrobrás: Plano Diretor de Gerenciamento Ambiental para a Região Amazônica**. Relatório Interno, DESEMA, 1989.

\_\_\_\_\_. **Política de Responsabilidade Social**. Disponível em: [www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br). Acesso em: 10 out. 2008.

\_\_\_\_\_. **Manual de Gestão de SMS da Usina**. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **Visão Geral da UTE Mario Lago**. Rio de Janeiro, 2008.

REIS, L.B.; CUNHA, E.C.N. **Energia Elétrica: Aspectos tecnológicos, socioambientais e legais**. São Paulo : Manole, 2006.

REIS, M.M. **Custos Ambientais Associados à Geração Elétrica: Hidrelétricas X Termelétricas a gás natural**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado Planejamento Energético), Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

RIGO A.; GENESCA DUEÑAS, G. **Como elaborar e apresentar Teses e trabalhos de pesquisa**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SATO, Ana Carla Kawazoe. **Índices de sustentabilidade**. Disponível em: [www.unicamp.br/fea/ortega/temas530/anacarla.htm](http://www.unicamp.br/fea/ortega/temas530/anacarla.htm) Acesso em: 11 mai 2008.

SAVITZ, Andrew W. **A empresa sustentável: o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

SILVA JUNIOR, Joaquim José. **Micro localização de usinas termelétricas sob a visão da logística do gás natural**. Projetos termelétricos, 2000, São Paulo.

SILVEIRA, A. **Roteiro Básico para apresentação e editoração de teses, dissertações e monografias**. 2. ed. Blumenau: Edifurb, 2005.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico Anual com Dados dos Serviços de Água e Esgotos no Brasil**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007. Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/snis/>. Acesso em: 22 ago 2008.

TURBINAS A GÁS: oportunidades e desafios para o sistema elétrico brasileiro. **Revista Eletricidade Moderna**, 2001, (323), p. 46-64, fev. 2001.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Alternative Control Technique Document - NOx Emissions from Stationary Gas Turbines**. USA, January, 1993.

UNITED NATIONS (ONU). **Critical Trends, Global Change and Sustainable Development**. New York, 1997.

\_\_\_\_\_. **Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial**: Indicadores de Desenvolvimento Mundial. New York, 1992.

URISNI, T.R. **A gestão para a responsabilidade social e o desenvolvimento responsável**. Disponível em <<http://www.ethos.org.br>>. Acesso em: 02 ago 2008.

VIEIRA, M.M.F; ZOUAIN, D.M. (Org.). **Pesquisa qualitativa em administração**. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

WBCSD – WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Respondendo a Novas Expectativas**. Meeting Changing Expectations. WBCSD. Disponível em <<http://www.wncsd.ch>>. Acesso em: 20 set.2008.

\_\_\_\_\_. **Gerir o Risco**: O risco e o desenvolvimento sustentável – Uma perspectiva de negócio. WBCSD. Disponível em: <http://www.wncsd.ch>. Acesso em: 20 set.2008.

WILLIAMS, T. A. **Technical Background and Issues of Gas Interchangeability** AGA - American Gas Association: USA, April, 2006.

WILLIAMS, W. **O aumento da eficiência energética nos veículos leves e suas implicações nas emissões de gases de efeito estufa – Cenário Brasileiro entre 2000 e 2030**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) Programa de Pós Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

WORKSHOP IBAMA/PETROBRAS - **Geração termelétrica a gás natural**: questões ambientais - conclusões e recomendações. Porto Alegre, 25-28 jun. 2001

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## GLOSSÁRIO

### **Flexgás**

Ar propanado – mistura de GLP com ar em pressão de 49 Bar em substituição ao Gás Natural para as turbinas a Gás Natural.

### **Áreas Protegidas**

Áreas definidas geograficamente, regulamentadas e administradas para alcançar objetivos específicos de conservação e de serviços ambientais, tais como a proteção da biodiversidade, dos recursos hídricos e do solo.

### **Áreas Sensíveis**

Áreas que apresentam menor resistência ou menor capacidade de retorno a um estágio mais próximo do original quando submetidas a perturbações. De maneira geral, incluem ambientes com elevada biodiversidade e, ainda, os que abrigam espécies raras, espécies endêmicas (exclusivas de determinada área) e ameaçadas de extinção, caracterizados pela presença de espécies de interesse econômico e sociocultural e *hotspots* (áreas com elevada biodiversidade e sob alta pressão antrópica).

### **Áreas Vulneráveis**

Áreas passíveis de sofrer impactos potenciais devido a agentes de estresse tais como liberação de substâncias potencialmente nocivas no ambiente.

### **Biodiversidade**

Compreendida, de acordo com a Convenção da Diversidade Biológica, como “a *variabilidade de organismos vivos, as interações que existem entre eles e destes com o ambiente. Abrange, ainda, a diversidade dentro de espécies (genética), entre espécies e de ecossistemas*”.

### **Eco-eficiência**

Definida como "a produção de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam às necessidades humanas e traga qualidade de vida, com uma redução progressiva dos impactos ambientais e da intensidade de recursos naturais



utilizados ao longo do seu ciclo de vida, a um nível pelo menos compatível com a capacidade do planeta de fornecer tais recursos” (MONTGOMERY, 1997). Os princípios de eco-eficiência são: a redução da quantidade de matéria-prima utilizada na produção de bens e serviços; a redução da quantidade de energia gasta na produção de bens e serviços; a redução da produção de resíduos poluentes; o aumento da reciclabilidade dos materiais; a maximização da eficiência energética e do uso sustentável de recursos renováveis; o aumento da durabilidade dos produtos; o aumento da intensidade de utilização dos produtos (DESIMONE, L.D. & POPOFF, F, 2000).

### **Pressões sobre ecossistemas**

Influências geradas pela atividade humana que podem gerar impactos ambientais em diferentes graus.

### **Público externo**

Comunidades na área de influência das operações de exploração e produção de óleo e gás, fornecedores, instituições de pesquisa e ensino, órgãos governamentais, ONG's e outras organizações da sociedade civil.

### **Serviços Ambientais**

Benefícios que o homem obtém dos ecossistemas. Incluem serviços de provisionamento, como água e alimentos; serviços reguladores, como controle de enchentes e doenças; serviços culturais, como benefícios espirituais, recreativos e sociais e serviços de suporte, como ciclagem de nutrientes, que mantêm as condições de vida na Terra.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)