



**GRUPO XI
GRUPO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (GIA)**

**AS EMISSÕES DE POLUENTES NAS USINAS TERMOELÉTRICAS A GÁS NATURAL:
UM ESTUDO DE CASO**

Jean Cesare Negri
CESP/EPUSP

Silas Vieira *
CESP/EPUSP

RESUMO

Neste trabalho serão descritos e avaliados os efluentes provenientes da operação de uma usina termoeletrica (UTE) em ciclo combinado utilizando gás natural como combustível.

Não obstante a ênfase nas emissões aéreas, onde os índices serão avaliados sob o ponto de vista legal e algumas técnicas de controle e abatimento serão discutidas, efluentes de outras origens presentes também serão abordados.

O impacto da demanda de água em função de opções de configuração da UTE será quantificado.

Finalizando, um roteiro do processo de licenciamento ambiental para as condições de São Paulo será apresentado, com base num projeto típico em desenvolvimento.

PALAVRAS CHAVES

Usina Termoeletrica - Emissões - EIA/RIMA - Impactos Ambientais

1.0 - CARACTERÍSTICA DO EMPREENDIMENTO

Usinas termoeletricas em ciclo combinado em estudo no Brasil têm apresentado duas configurações básicas, variando o número de turbinas a gás aplicado, isto é:

- Configuração (2x1): duas turbinas a gás e uma turbina a vapor com potência variando de 450 a 500 MW.
- Configuração (3x1): três turbinas a gás e uma

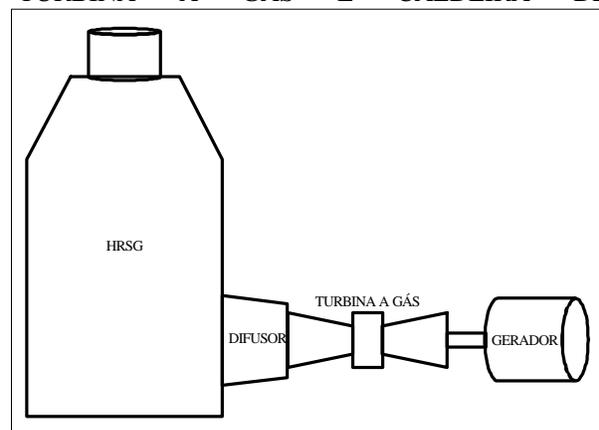
turbina a vapor com potência variando de 700 a 750 MW.

Na Figura 1 é apresentado um croqui com esta duas configurações.

Como pode ser observado o arranjo tem solução multi-eixo, isto é, cada turbo motriz tem um gerador individualizado. As turbinas a gás e a turbina a vapor são montadas em separado, algumas vezes até em edificações distintas.

O conjunto turbina a gás é formado pelo gerador elétrico, compressor, turbina a gás, difusor de gases, caldeira de recuperação e chaminé. Na Figura 2 é apresentado um desenho deste conjunto, onde podem ser identificados os vários elementos que os compõem.

FIGURA 2 – DESENHO DO CONJUNTO MOTRIZ TURBINA A GÁS E CALDEIRA DE



RECUPERAÇÃO.

No tocante a análise das emissões aéreas os valores serão referenciados a um conjunto de turbina a gás,

vinculados a uma chaminé. Para a UTE na configuração (2x1) ou (3x1), este conjunto é implantado de forma repetida.

Para a classe de maior potência, em torno de 170 MW por unidade, existem no mercado fabricantes de turbinas a gás detentores de tecnologia. Na Tabela 1 são apresentadas para cada fabricante as principais características de um conjunto de turbina a gás, bem como nas configurações (2x1) e (3x1).

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DE CONFIGURAÇÕES PADRONIZADAS DE UTE's

| - Turbina a Gás | | | | |
|-----------------------|------------|---------------|----------------------|----------------|
| FABRICANTE | MODELO | POTÊNCIA (MW) | "HEAT RATE" (kJ/kWh) | EFICIÊNCIA (%) |
| ABB | GT24 | 173 | 9.472 | 38,0 |
| GE | PG7241(FA) | 171,7 | 9.936 | 36,2 |
| SIEMENS | V84.3 | 180 | 9.349 | 38,5 |
| WESTINGHOUSE | 501F | 177,1 | 9.376 | 37,0 |
| - Ciclo Combinado 2x1 | | | | |
| ABB | KA 24-2 | 512 | 6.280 | 57,3 |
| GE | S207FA | 529,9 | 6.375 | 56,5 |
| SIEMENS | GUD2.84.3A | 520 | 6.207 | 57,9 |
| WESTINGHOUSE | 2x1 501F | 537,76 | 6.310 | 57,1 |
| - Ciclo Combinado 3x1 | | | | |
| ABB | KA 24-3 | 768 | 6.186 | 58,2 |
| GE | S307FA | 794,9 | 6.279 | 57,3 |
| SIEMENS | GUD3.84.3A | 780 | 6.114 | 58,9 |
| WESTINGHOUSE | 3x1 501F | 806,6 | 6.215 | 57,9 |

2.0 - EFLUENTES AÉREOS

As emissões dos efluentes aéreos liberados por uma UTE são divididos em duas classes: efluentes primários, onde os elementos constituintes não participam de nenhuma reação na atmosfera, sendo poluentes por si só; e efluentes secundários, que são elementos que reagem com a atmosfera, participando de uma série de reações resultando em outros produtos que são poluentes.

Assumindo as seguintes condições de referência:

- Gás natural: metano,
- Temperatura do ar: 20°C, e
- Altitude: 600 m,

uma turbina a gás típica mostrada a Tabela 1 consome 8,2 kg/s de metano, absorvendo 409,2 kg/s de ar, gerando 417,4 kg/s de produtos de combustão com a seguinte composição molar ou volumétrica:

- O₂: 13,0%
- N₂: 74,3%
- CO₂: 3,5%

- H₂O: 8,3%
- Outros: 0,9%

Os produtos de combustão saem da turbina numa temperatura da ordem de 570°C e são expelidos pela chaminé entre 85 e 125°C.

Os poluentes gasosos identificados são: óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não queimados (HC) e material particulado (MP). A chaminé possui uma altura na faixa de 35 a 45 m e diâmetro de 5,6 m. A velocidade média dos gases na saída da chaminé é de 18 a 20 m/s. Nestas condições as taxas de emissões típicas em g/s e ppm são:

- NO_x: 30 g/s 31,6 ppmvol
- CO: 20 g/s 34,6 ppmvol
- SO₂: 2,85 g/s 2,2 ppmvol
- HC (como CH₄): 2,0 g/s 6,1 ppmvol
- MP: 1,2 g/s 2,6 mg/m³

A concentração de SO₂ foi obtido a partir do teor máximo de enxofre no gás de 110 mg/m³ que é acrescentado para fins de odorização.

Padrões internacionais para estes poluentes incluindo alguns países da Comunidade Européia, os Estados Unidos e o Japão são:

- NO_x: 130 a 317 ppm;
- CO: 140 a 1.445 ppm;
- SO_x: 140 a 1.751 ppm;
- MP: 91 a 170 mg/m³.

Por se tratar de um efluente secundário, esforços de abatimento têm se concentrado na busca de redução do NO_x, visando diminuir sobretudo seu efeito fotoquímico na atmosfera em conjunto com o HC formando Ozônio.

Entre as várias técnicas adotadas, com algumas diferenciações dependentes de cada fabricante, podem ser ressaltadas:

- uso de queimadores de baixa emissão;
- sistema de pré mistura ar-gás;
- combustão estagiada;
- injeção de água e vapor.

Estas técnicas têm possibilitado a redução até patamares de 25 ppm de NOx. Além deste limite torna-se necessário o uso de equipamento específico de abatimento, como o SCR (Selective Catalytic Reator), colocado no primeiro estágio da caldeira de recuperação, operando com a injeção de amônia. Nestas condições, é possível atingir índices de 9 ppm de NOx. Esta solução além de ser cara, podendo chegar a investimentos de US\$ 100/kW, envolvem rígidos monitoramento e controle adicionais da amônia injetada no produtos de combustão.

Os fabricantes geralmente garantem para condições de referência as seguintes emissões:

- NO_x: 25 ppmvol (15% O₂);
- CO: 15 ppmvol;
- HC: 7 ppmvol;
- MP: 1,1 g/s.

3.0 - DEMANDA DE ÁGUA

Praticamente toda a demanda de água de uma UTE em ciclo combinado é destinada para a condensação da água no ciclo de vapor. Três sistemas de resfriamento escolhidos em função da disponibilidade de água bruta podem ser aplicados:

- circulação aberta;
- torre úmida;
- condensador a ar.

Considerando uma UTE com configuração 3x1, com as características conforme demonstrada na Tabela 1, a demanda de água para cada sistema é dada por:

- circulação aberta: demanda sem perda de 10.240 kg/s com água a 15°C, provocando uma elevação de temperatura na ordem de 12°C, sendo necessário portanto uma disponibilidade da fonte de 4 vezes mais (40 m³/s) para não ultrapassar o limite de elevação da fonte de 3°C;
- torre úmida: necessidade de água de reposição de 170 kg/s;
- condensador a ar: necessidade de água desprezível.

Sob o ponto de vista econômico, sistemas de condensação com torre úmida e a ar são mais caros e provocam uma redução na eficiência em relação ao

sistema de circulação aberta. Tomando como referência o sistema de circulação aberta, o custo específico de investimento e o custo unitário de geração para os outros dois sistemas variam conforme mostrado na Tabela 2 a seguir:

TABELA 2 – CUSTOS DOS SISTEMAS DE RESFRIAMENTO

| SISTEMA DE RESFRIAMENTO | CUSTO DE INVESTIMENTO (\$/kW) | CUSTO DE GERAÇÃO (\$/kWh) |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| circulação aberta | 100 | 100 |
| torre úmida | 101,4 | 102,7 |
| condensador a ar | 106,1 | 105,2 |

A queda de eficiência é provocada pelo aumento da temperatura da fonte fria de troca de calor (circulação aberta - temperatura da água / torre úmida - temperatura de bulbo úmido do ar / condensador a ar - temperatura de bulbo seco do ar) e consumo maior do sistema auxiliar.

No Estado de São Paulo, são raros os locais interessantes, combinando proximidade o centro de carga, suprimento de combustível e interconexão ao sistema elétrico, que possuem disponibilidade para sistema com circulação aberta. A tendência é a aplicação do sistema com torre úmida, tomando a escolha com um grau de liberdade adicional para uma configuração típica 3 x 1 um diagrama simplificado de balanço de água, para um sistema de condensação com torre úmida é apresentado na Figura 3.

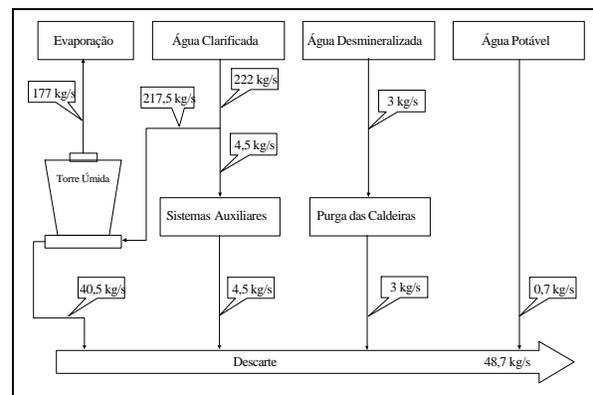


FIGURA 3 – BALANÇO DE ÁGUA PARA UTE COM CONFIGURAÇÃO 3 x 1

As características do efluente da torre de resfriamento apresenta em geral, os seguintes parâmetros:

- pH: 8 a 9;
- Sólidos Suspensos: 50 a 100 ppm;
- Sólidos Totais Dissolvidos: 600 a 750 ppm.

4.0 - OUTROS EFLUENTES

4.1. Efluentes Líquidos

Os tipos de efluentes são fundamentalmente de 4 origens:

- (i) efluentes provenientes da limpeza química inicial, da lavagem dos filtros de carvão ativado, do sistema de tratamento de água (equipamentos de troca aniônica e catiônica, desmineralização), do laboratório químico, além da água contaminada por óleo - estes efluentes são tratados num sistema com bacia de neutralização atingindo um pH neutro;
- (ii) efluentes perigosos de origem laboratorial, tais como, arsênico, mercúrio, metais pesados - neste caso os efluentes são direcionados a um tanque especial para tratamento específico exigido pelas normas de segurança e posterior disposição;
- (iii) efluente do ciclo vapor, o qual é água limpa a alta temperatura, sendo previsto um sistema de drenagem para coleta e resfriamento, com lançamento posterior no sistema de drenagem da usina;
- (iv) efluente sanitário, que é constituído de 99,9% de água e apenas 0,1% de matéria sólida orgânica, terá o tratamento convencional através de fossa séptica e filtros anaeróbicos.

A composição final destes efluentes apresentarão as seguintes características:

- pH: 7 a 9;
- Sólidos Suspensos: 10 ppm;
- Sólidos Totais Dissolvidos: 150 ppm.

4.2. Efluentes Sólidos

O processo em si de geração de energia elétrica e produção de vapor não deverá gerar nenhum resíduo sólido direto.

De forma indireta, não vinculada ao processo, é prevista a geração de dois resíduos sólidos, de acordo com a origem:

- (i) administrativo e de refeitório: materiais usados de escritório e resíduos do refeitório, os quais serão recolhidos pela limpeza pública local;
- (ii) manutenção: compreendendo materiais e peças de refugio utilizados na manutenção, tais como, panos

impregnados com óleo, latas de tinta, peças desgastadas, as quais serão estocadas e destinadas em áreas da região apropriadas.

4.3. Ruído

Pela característica da turbina a gás, um impacto que pode causar preocupação é o ruído. Os fabricantes podem adotar duas soluções. A primeira é encapsular com container o conjunto turbo - compressor - gerador, mantendo este exposto ao tempo. A segunda solução é incluir o conjunto no interior de um galpão, elevando o nível interno de ruído, porém facilitando a manutenção. Alguns geradores adotam as duas soluções penalizando o custo.

Os fabricantes garantem um nível de ruído na turbina medido a 1 metro não superior a 95 dBA, enquanto que no campo, a uma distancia de 120 m o nível observado é de 67 dBA.

5.0 - PROCESSO DE LICENCIAMENTO

No Estado de São Paulo o processo de licenciamento ambiental segue o fluxograma apresentado na Figura 4. O processo é iniciado com a apresentação do Relatório Ambiental Prévio – RAP, que visa a aprovação de empreendimentos simples de pequeno porte sem a necessidade do Estudo de Impacto Ambiental - EIA/ Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Entretanto todos os projetos independente do porte devem apresentar o RAP.

Um período usual de elaboração do RAP é três meses. A análise do RAP com a edição do Termo de Referência para o EIA/RIMA pode levar no âmbito da Secretaria de Meio Ambiente (SMA) 10 meses. O tempo médio para elaboração de um EIA/RIMA é de 6 meses. A análise do EIA/RIMA, incluindo audiência pública, avaliação das câmaras técnicas, deve demandar de 8 a 12 meses. Portanto um prazo estimado para obter uma licença prévia de um empreendimento na SMA é de aproximadamente 27 a 31 meses.

6.0 - BIBLIOGRAFIA

SIEMENS, 1998, Informações Técnicas para UTE Paulínia, Siemens, São Paulo.

NEGRI, J. C.; VIEIRA, S., 1997, Formação de Base de Dados e Avaliação Técnico-Econômica de Sistemas de Controle Ambiental para Usinas Termoelétricas, Informe Técnico EPEG/004/97, CESP, São Paulo.

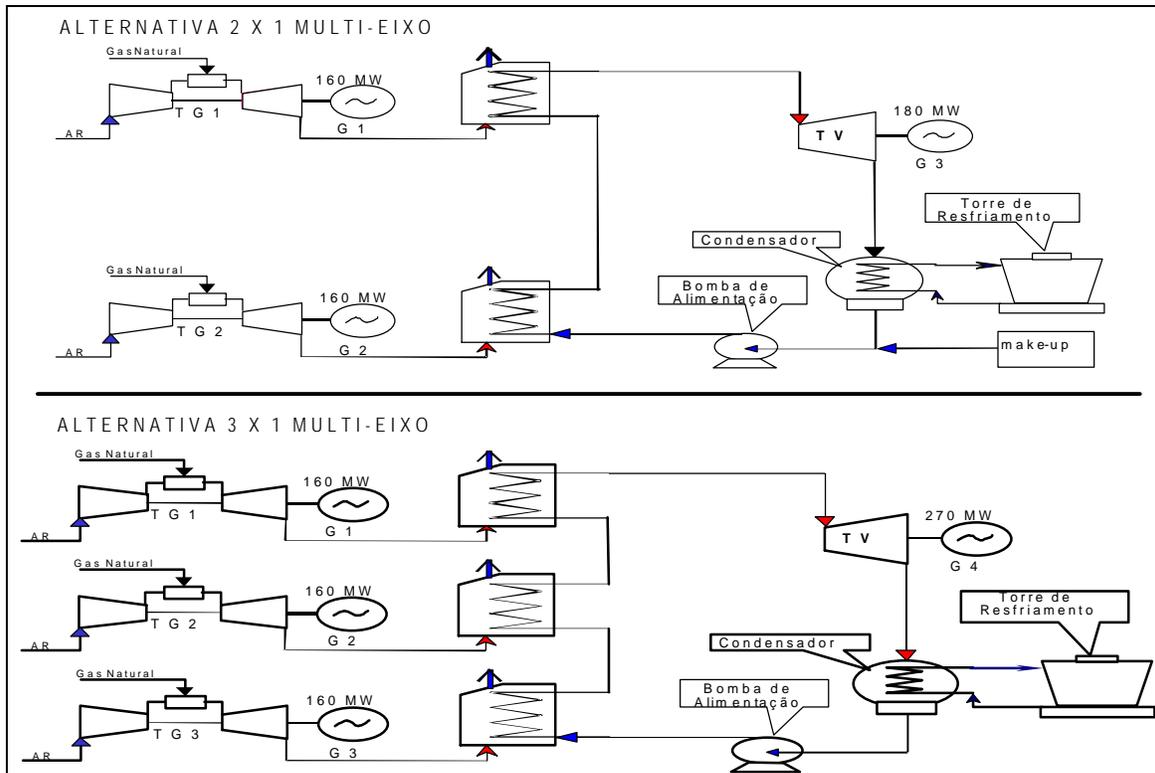


FIGURA 1 - CONFIGURAÇÃO DE UTE'S EM CICLO COMBINADO

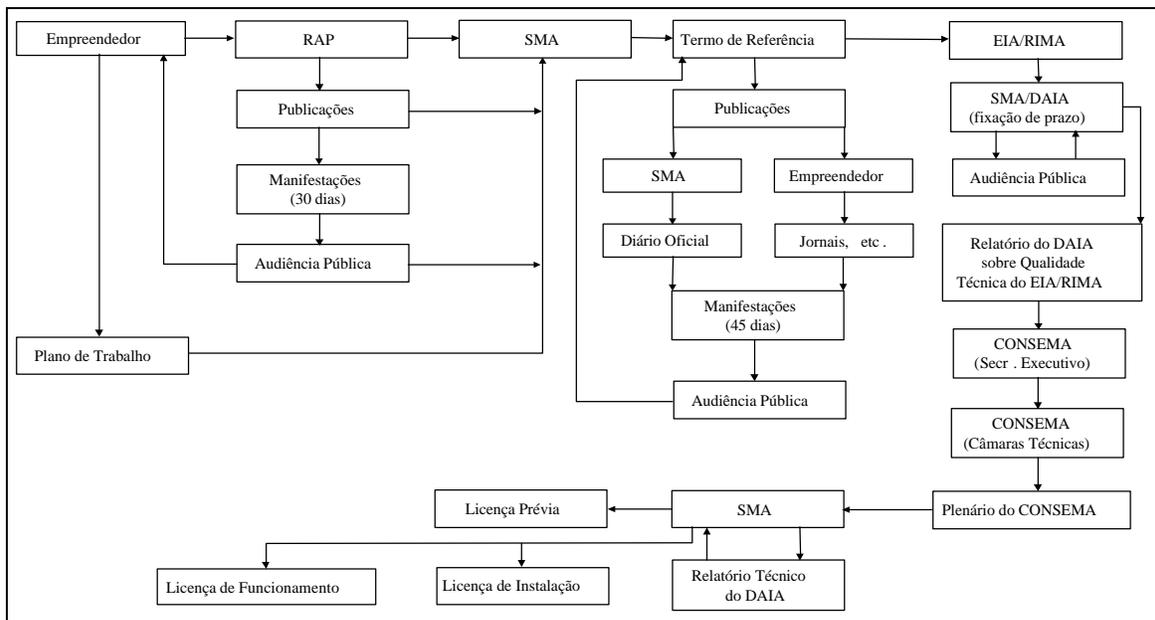


FIGURA 4 - PROCEDIMENTOS E TRAMITAÇÃO NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO