

Diagnóstico da monitoração de emissões de gases de efeito estufa em usinas termelétricas no Brasil

*Alessandra Magrini¹; Luiz Pinguelli Rosa²
Edna Elias Xavier³; Marco Aurélio dos Santos⁴*

Resumo

Tendo em vista que a utilização de combustíveis fósseis na geração de eletricidade representa hoje uma questão estratégica para o país, o presente trabalho apresenta os resultados do diagnóstico sobre o Controle e Monitoração de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Usinas Termelétricas no Brasil, nas usinas em operação, em construção e em planejamento.⁵ Buscou-se identificar os aspectos relacionados aos sistemas de controle e monitoração de emissões aéreas implantados e previstos.

Para a caracterização do parque termelétrico brasileiro em operação e em planejamento é apresentado o resultado do levantamento das usinas termelétricas do sistema elétrico, interligado e isolado, operando no Serviço Público, como Produção Independente e Autoprodução. As informações foram coletadas junto à ANEEL e outras fontes de dados como a Eletrobrás e concessionárias de energia elétrica, bem como dos programas do governo para a expansão da geração elétrica.

A metodologia utilizada para a análise exploratória relativa aos sistemas de controle e de monitoração das emissões gasosas implantados nas usinas termelétricas brasileiras constou de pesquisa através de questionário junto às empresas proprietárias de usinas termelétricas.

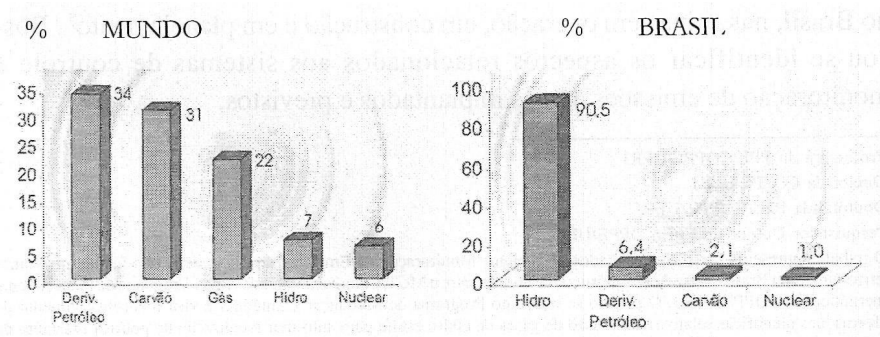
No trabalho é mostrado a consolidação, o tratamento e análise dos resultados obtidos através das respostas enviadas pelas empresas quanto a situação de controle e monitoração das emissões aéreas das usinas termelétricas.

1 - Introdução

A geração de energia elétrica no Brasil caracterizou-se historicamente de forma diferencial do contexto médio global em relação à dependência de fontes energéticas fósseis. Em uma situação privilegiada, ela se estabeleceu a partir do meio deste século com base nos potenciais hidráulicos existentes, fontes renováveis de energia.

Na Figura 1 é comparada a participação das diferentes fontes primárias na geração de energia elétrica no mundo e no Brasil em 1999. Enquanto no primeiro caso nota-se uma marcada predominância dos derivados do petróleo e carvão, seguido do gás, hidrelétrica e nuclear, no caso do Brasil predomina de forma quase absoluta a fonte hidráulica.

Figura 1 - Geração de Energia Elétrica no Mundo e no Brasil-1999%



Fonte: Eletrobrás, 2000

¹ Professora do PPE/COPPE/UFRJ

² Diretor da COPPE/UFRJ

³ Doutoranda PPE/COPPE/UFRJ

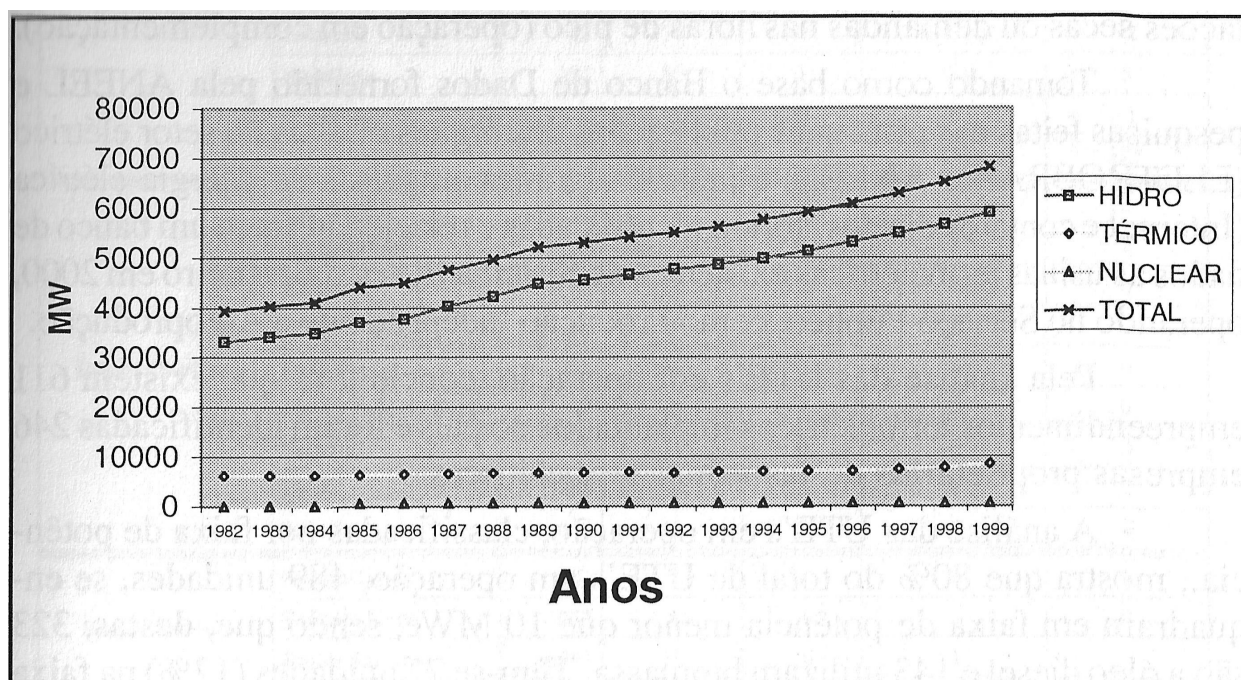
⁴ Pesquisador Doutor do PPE/COPPE/UFRJ

⁵ O trabalho apresenta parte dos resultados do projeto "Monitoração de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Usinas Termelétricas no Brasil – Fase de Diagnóstico" celebrado entre o MCT/Coordenadoria do Clima e Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ. O projeto se insere no Programa de Mudanças Climáticas e visa o desenvolvimento de informações científicas relativas à emissão de gases de efeito estufa para subsidiar a definição da política brasileira de atuação em mudanças climáticas.

Segundo o Ministério das Minas e Energia, o setor elétrico brasileiro mais que quintuplicou sua capacidade instalada de geração no período 1970/99. Em 1999 o Brasil possuía uma capacidade instalada de 68,2 GW de potência, sendo 59 GW de origem hidráulica e 9,2 GW de origem térmica.

No Brasil a produção térmica se destina aos sistemas isolados e à complementação no atendimento do mercado dos sistemas interligados nos períodos hidrológicamente desfavoráveis ou para atendimento localizado, quando ocorrem restrições de transmissão. A Figura 2 fornece uma evolução da capacidade instalada de geração elétrica pelas fontes hidráulica, termelétrica convencional e nuclear nos sistemas públicos e autônomos (produtores independentes e autoprodutores) entre 1982 e 1999.

Figura 2 - Capacidade Instalada de Geração Elétrica



Fonte: BEN, 2000

Segundo o BEN 2000 a opção termelétrica é majoritária na geração autônoma entre as principais fontes de energia da produção termelétrica destacam-se o bagaço de cana (24%), a lixívia (17%), o gás natural (11%), óleo combustível e o restante (47%) utilizando outras fontes energéticas.

Nas centrais do serviço público a geração é quase que totalmente de origem hidráulica que na geração térmica o carvão mineral é a fonte primária mais significativa (33%), seguida pelo óleo combustível (26%), óleo diesel (22%) e urânio (19%).

2 - O Parque de Geração Termelétrica em Operação e em Planejamento no Brasil

2.1 - O Parque de Geração Termelétrica em Operação

Levando em consideração as vantagens oferecidas pelas usinas hidrelétricas, especialmente em termos de custos operacionais, as usinas térmicas têm sido predominantemente usadas para o suprimento de localidades isoladas ou em suporte aos sistemas interligados.

A distribuição geográfica das mesmas representa forte predominância regional na escolha do tipo de combustível utilizado, com destaque para o óleo diesel no Norte e o carvão no Sul, nas proximidades da ocorrência das minas. O uso de óleo combustível concentra-se no Norte e Sudeste, sendo que nesta última região as térmicas são, até o presente, usadas somente para suprir necessidades eventuais ou sazonais da rede interligada, durante as estações secas ou demandas nas horas de pico (operação em complementação).

Tomando como base o Banco de Dados fornecido pela ANEEL e pesquisas feitas nas principais publicações dos órgãos oficiais do setor elétrico (ELETROBRÁS e ANEEL) e junto à algumas empresas de energia elétrica (Internet e contatos diretos) foram identificadas e relacionadas em um banco de dados as usinas termelétricas existentes no Sistema Elétrico Brasileiro em 2000, operando no Serviço Público, como Produção Independente e Autoprodução.

Pela análise das UTE's em operação, concluiu-se que existem 611 empreendimentos termelétricos implantados no país e foram identificadas 246 empresas proprietárias destas usinas termelétricas.

A análise das UTE's em operação, classificadas por faixa de potência, mostra que 80% do total de UTE's em operação, 489 unidades, se enquadram em faixa de potência menor que 10 MWe, sendo que, destas, 323 são a óleo diesel e 143 utilizam biomassa. Têm-se 77 unidades (12%) na faixa de potência entre 10 e 49 MWe; 17 unidades (3%) na faixa de potência entre 50 e 99 MWe; 22 unidades (4%) na faixa de potência entre 100 e 499 MWe, 2 unidades com potência entre 500 e 999 MWe e 4 com potência indefinida.

A distribuição das UTE's em operação pela localização no território brasileiro e características de produção está mostrado na Tabela 1. A potência instalada total das usinas termelétricas com capacidade instalada identificada é de 9.767 MWe (serviço público, autoprodução e produção independente).

Na região Norte está concentrado o maior número de unidades termelétricas, 310 (51 % do total), das quais 303 tem potência menor que 100 MWe. Já na região Sudeste existem 160 unidades (26% do total), com 153 unidades com potência menor que 100 MWe. Nas demais regiões têm-se 19 UTE's (3%) na região Nordeste, 67 UTE's (11 %) na região Centro-Oeste e 55 UTE's (9%) na região Sul. A maior potência instalada está na região Sudeste, seguida pela região Sul, Norte, Centro-Oeste e Nordeste.

Quanto à caracterização por tipo de produção, têm-se 180 unidades ligadas ao Serviço Público (29%); 208 unidades de Produção Independente (34%) e 223 unidades de Autoprodutores (37%).

Tabela 1 - Classificação das UTE's em operação por Região Geográfica do País e Características de Produção

Classificação por Região	Classificação por Estados	Potência (MWe)	N° de UTE's	Características de Produção		
				Auto-Produção	Produtor Independente	Serviço Público
Região Norte	Amazonas	1.019	96	1	85	10
	Amapá	143	8	0	0	8
	Pará	272	52	5	29	18
	Acre	202	19	0	15	4
	Roraima	53	74	0	0	72
	Rondônia	332	50	1	46	5
	Tocantins	2	11	0	0	11
	Sub-Total	2.023	310	7	175	128
Região Nordeste	Maranhão	1	3	0	3	0
	Pernambuco	149	3	0	1	2
	Alagoas	38	3	3	0	0
	Ceará	10	3	1	2	0
	Paraíba	0	0	0	0	0
	Rio Grande do Norte	7	1	1	0	0
	Sergipe	0	0	0	0	0
	Bahia	468	6	3	1	2
	Sub-Total	673	19	8	7	4
Região Sudeste	Minas Gerais	453	7	3	3	1
	Espírito Santo	293	5	4	1	0
	Rio de Janeiro	1.093	19	16	1	2
	São Paulo	1.611	129	118	9	2
	Sub-Total	3.450	160	141	14	5
Região Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	195	11	7	1	4
	Mato Grosso	770	47	10	2	35
	Distrito Federal	10	1	0	0	0
	Goiás	43	8	8	0	0
	Sub-Total	1.018	67	25	3	39
Região Sul	Paraná	272	34	32	1	1
	Rio Grande do Sul	1.414	12	4	5	3
	Santa Catarina	917	9	6	3	0
	Sub-Total	2.603	55	42	9	4
Total	9.767	611	223	208	180	

Fonte: Elaboração Própria

2.2 - O Parque de Geração Termelétrica em Planejamento

O levantamento das usinas termelétricas planejadas, e para sua compilação foram considerados os empreendimentos nominalmente indicados no Plano Decenal 2000/2009 da Eletrobrás, aí incluídas as usinas constantes do Programa Prioritário de Termelétricidade do MME 2000/2003. Foram incorporadas na listagem as mudanças identificadas quanto ao nome do empreendimento e empreendedor.

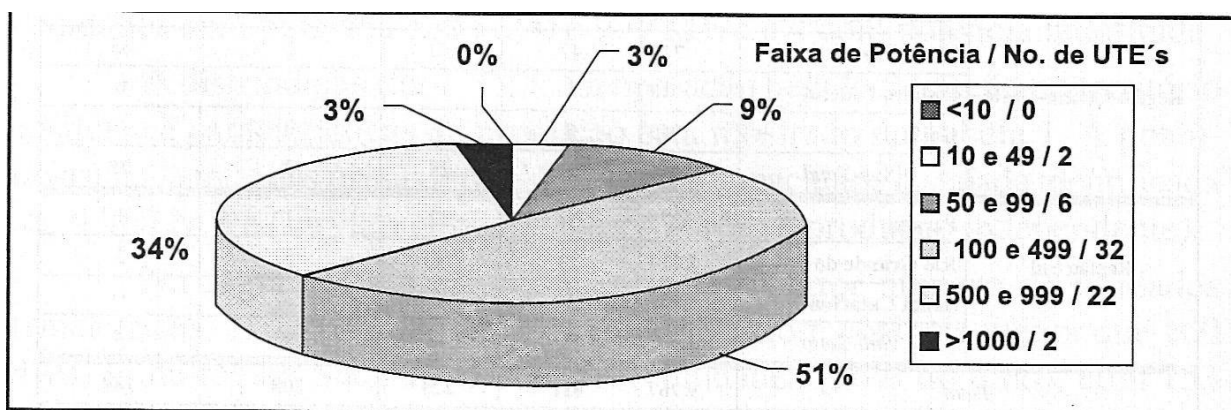
Pela análise dos dados identifica-se 64 (sessenta e quatro) usinas termelétricas em planejamento para instalação nos próximos anos, sendo 9 (nove) UTE's do Serviço Público e 55 (cinquenta e cinco) da Produção Independente, que representará a inserção de 24.930 MWe de geração termelétrica.

Na Tabela 2 encontra-se a síntese dos resultados apurados da avaliação do banco de dados de referência das UTE's em planejamento onde as usinas foram agrupadas por faixa de potência, tipo de combustível e região do país.

A distribuição das unidades termelétricas em planejamento por tipo de combustível encontra-se sintetizada na terceira coluna da Tabela 2 cabendo ser ressaltado que 54 UTE's (84%) utilizarão como combustível principal o gás natural; 4 utilizarão o carvão mineral; 2 utilizarão outras misturas e 4 constam como combustível indefinido.

A Figura 3 mostra a distribuição das UTE's em planejamento classificadas por faixa de potência. Cabe ser ressaltado que 50% destas (32 unidades) se enquadrarão na faixa de potência entre 100 e 499 MWe; 22 unidades (34%) na faixa de potência entre 500 e 999 MWe; 6 unidades (9%) na faixa de potência entre 50 e 99 MWe; 2 unidades (3%) na faixa de potência entre 10 e 49 MWe e 2 unidades (3%) com potência superior a 1000 MWe.

Figura 3 - Classificação das UTE's em Planejamento por Faixa de Potência



Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 - Distribuição das UTE's em Planejamento, constantes do Banco de Dados, por Faixa de Potência; Tipo de Combustível e Região do País

Tipo de Combustível	Potência (MWe)	N° UTE's	Faixa de Potência (MWe)																																			
			N° UTE's < 10						N° UTE's 10 < x < 49						N° UTE's 50 < x < 99						N° UTE's 100 < x < 499						N° UTE's 500 < x < 999						N° UTE's > 1000					
			ST	N	NE	SE	CO	S	ST	N	NE	SE	CO	S	ST	N	NE	SE	CO	S	ST	N	NE	SE	CO	S	ST	N	NE	SE	CO	S	ST	N	NE	SE	CO	S
DIESEL		0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GÁS NATURAL	0	54	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	1	5	1	1	3	-	-	26	2	7	11	2	4	20	1	1	15	2	1	1	-	-	1	-	-	
CARVÃO MINERAL	21.750	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1
ÓLEO COMB.	2.460	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOMASSA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESÍDUO (inc. RASF)		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Sem Definição	650	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Outros e Mistura (*)		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	70	64	-					2			1		1	6	1	1	3		1	32	2	8	12	3	7	22	1	1	15	2	3	2			1		1	
	24.930																																					

A distribuição das UTE's em planejamento pela futura localização no território brasileiro e características de produção está mostrado na Tabela 3. Na região Sudeste está concentrado o maior número de unidades termelétricas a serem instaladas, 33 unidades (51,6% do total); já a região Sul terá mais 12 unidades (18,7% do total); a região Nordeste mais 10 unidades (15,6%); a região Centro-Oeste mais 5 unidades (7,8%) e a região Norte mais 4 unidades (6,3%).

Analisando do ponto de vista de produção 55 novas UTE's (86 %) serão de produção independente e 9 novas UTE's (14%) do serviço público.

Tabela 3 - Classificação das UTE's em Planejamento por Região Geográfica do País e Características de Produção

Classificação por Região	Classificação por Estados	Potência (MWe)	N° UTE's em Planejamento	Características de Produção	
				Produtor Independente	Serviço Público
Região Norte	Amazonas	180	2	0	2
	Rondônia	495	2	2	0
	Sub-Total	675	4 (6,3%)	2	2
Região Nordeste	Pernambuco	638	2	1	1
	Alagoas	120	1	1	0
	Ceará	250	1	1	0
	Paraíba	150	1	1	0
	Rio Grande do Norte	240	1	1	0
	Sergipe	90	1	1	0
	Bahia	617	3	2	1
Sub-Total	2.105	10 (15,6%)	8	2	
Região Sudeste	Minas Gerais	1.260	3	2	1
	Espírito Santo	500	1	1	0
	Rio de Janeiro	5.315	7	6	1
	São Paulo	9.414	22	21	1
	Sub-Total	16.489	33 (51,6%)	30	3
Região Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	774	4	3	1
	Mato Grosso	529	1	1	0
	Sub-Total	1.303	5 (7,8%)	4	1
Região Sul	Parana	1.366	5	4	1
	Rio Grande do Sul	2.292	5	5	0
	Santa Catarina	700	2	2	0
	Sub-Total	4.358	12 (18,7%)	11	1
TOTAL		24.930	64 (100%)	55 (86%)	9 (14%)

Deve ser enfatizado que após a conclusão desta etapa do trabalho foram editadas as Resoluções do Comitê de Gestão da Crise de Energia CGE de Nos 36; 37 e 47 que implicaram em algumas mudanças no quadro de implementação das UTE's prioritárias. Logo tais alterações não foram contempladas neste trabalho.

A síntese das UTE's está mostrada na Tabela 4, cabendo ressaltar que o parque termelétrico brasileiro é atualmente constituído de 611 (seiscentos e onze) empreendimentos em operação, com capacidade instalada de 9.767 MWe e 64 (sessenta e quatro) empreendimentos em planejamento para instalação nos próximos anos, que representará um incremento de 24.930 MWe, totalizando uma potência total de 34.697 MWe. A tabela também mostra a caracterização do tipo de produção, sendo 189 unidades ligadas ao Serviço Público (28%); 263 de Produção Independente (39%) e 223 unidades de Autoprodutores (33%). Foram identificadas 288 empresas proprietárias destas usinas termelétricas.

Tabela 4 - Síntese das UTE's, em Operação e em Planejamento, relacionadas nos Bancos de Dados de Referência

Banco de Dados de UTE's	Nº de UTE's / Potência	Serviço Público	Produtor independente	Autoprodutor
Número de UTE's em Operação	611 9.767 MWe	180	208	223
Número de UTE's em Planejamento	64 24.930 MWe	9	55	0
Número Total de Empreendimentos (UTE's) / Potência Total	675 34.967 MWe	189	263	223
Número Total de Empresas	288			

Fonte: Elaboração própria

3- Análise Exploratória sobre os Sistemas de Controle e de Monitoração das Emissões Aéreas

Para a elaboração do diagnóstico foi realizada uma consulta, através de questionários às empresas proprietárias de usinas termelétricas em operação, em construção e em planejamento. A metodologia empregada para a pesquisa constituiu-se das seguintes etapas principais: confecção do questionário para a pesquisa; compilação dos empreendimentos termelétricos, consolidação da amostra de empreendimentos para consulta e análise dos resultados.

O objetivo do questionário consiste na obtenção dos seguintes dados:

- Identificação do Empreendimento: nome, dados do proprietário, dados da localização do empreendimento;
- Dados técnicos da central geradora: sistemas de geração, características e respectivos consumos do combustível principal e secundário, dados técnicos dos equipamentos principais, tipos de ciclos térmicos e de resfriamento, sistemas de controle e monitoração das emissões aéreas, gases controlados e monitorados e respectivas tecnologias utilizadas;
- Informações ambientais relevantes: sistema de meteorologia e sistema de monitoração da qualidade do ar ambiente;
- Identificação dos responsáveis pela área de meio ambiente e pelo fornecimento das informações.

A lista dos empreendimentos termelétricos, em operação e em planejamento, e respectivas empresas proprietárias, endereços e contatos, foi elaborada através da consolidação das informações fornecidas pela ANEEL e obtidas nas publicações e contatos junto às empresas do setor, como Eletrobrás e concessionárias.

Os dados compilados foram então agrupados por empresa, constituindo-se assim o Banco de Dados de Referência das UTE's em Operação e em Planejamento.

O objetivo de aplicar questionários ao conjunto de todas as usinas relacionadas no Banco de Dados pautou-se no pressuposto de que a pesquisa assim concebida poderia fornecer um quadro importante da situação tecnológica/ambiental do parque termelétrico.

3.1 - A Análise Exploratória e Seus Resultados

3.1.1 - Caracterização da Amostra

Para a realização da análise exploratória visando a caracterização do parque termelétrico brasileiro foram encaminhados 582 questionários para 196 empresas, sendo que não foram consultados 92 empreendimentos por falta de endereço. A maior parte destas UTE's está em operação, com faixa de potência menor que 100 MWe, dedicadas a autoprodução de energia e portanto entende-se que não afetaram os resultados da pesquisa.

Na Tabela 5 estão sintetizados os dados da pesquisa. Foram recebidos 217 questionários respondidos, de 61 empresas proprietárias de UTE'S.⁶ As respostas representam 37% dos empreendimentos consultados e 32% das UTE's de todo o banco de dados de usinas implementadas e

⁶ Após a compilação dos dados dos questionários, ou seja, após a data estipulada para envio das respostas, foram recebidos mais 20 questionários respondidos de 4 empresas proprietárias de UTE's

em planejamento. Todos os dados dos questionários foram compilados e uniformizados numa planilha para que fosse viabilizada a elaboração das tabelas e gráficos de resultados.

Tabela 5 - Quadro Síntese do Resultado da Pesquisa através de Questionários

Empreendimentos e Empresas	N°	Tipo de UTE			Fase	
		Serviço Público	Produtor Independente	Auto produtor	Operação (*)	Planejamento
Número Total de Empreendimentos (UTE's)	675	189	263	223	611	64
Número Total de UTE's Consultados	582	188	243	151	532	50
Número Total de UTE's Responderam Questionário	217	74	120	23	192	25
Número Total de Empresas da Planilha	288					
Número Total de Empresas Consultadas	196					
Número Total de Empresas Responderam ao Questionário	61					

(*) Inclui nove UTE's em operação que possuem unidades em planejamento

Dos resultados obtidos identificou-se que 34% das respostas foram de usinas concessionárias do serviço público; 55% de produtores independentes e 11% de autoprodutores de energia elétrica.

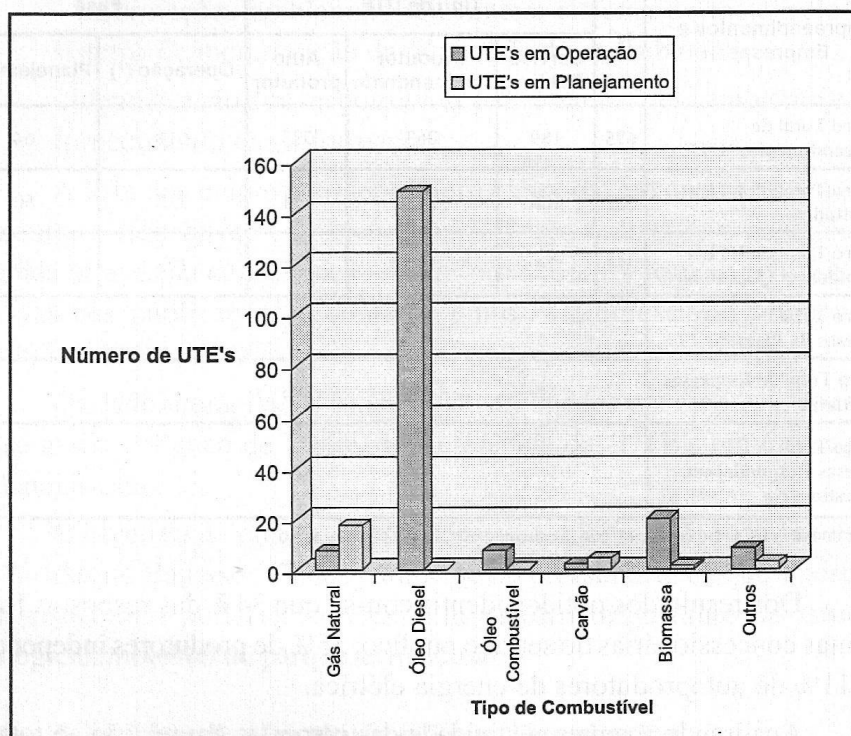
Analisando a representatividade das respostas em relação ao total de empreendimentos dentro de cada categoria, obteve-se 39% de respostas de UTE's do serviço público; 49% de produção independente; 15,2% de autoprodução; 36% de UTE's em operação e 50% das UTE's em planejamento.

Quanto à fase de implantação das unidades geradoras, 192 questionários respondidos referem-se a unidades em operação e 25 unidades em planejamento.

Os dados referentes ao tipo de combustível empregado nas unidades, que responderam o questionário, estão representados na Figura 4.

Quanto à classificação por tipo de combustível utilizado, verificou-se que, em termos absolutos o retorno de respostas é bastante representativo, chegando a 60, 42 e 33% do total de UTE's a carvão, óleo diesel e gás natural, respectivamente.

Figura 4 - Total de UTE's que Responderam ao Questionário por Fase de Implantação e por Tipo de Combustível



Fonte: Elaboração própria

Os dados referentes às unidades por faixa de potência estão dispostos na Tabela 6. No caso da discretização por faixa de potência das unidades geradoras, os questionários respondidos mostram a representatividade da amostra, pois, em todas as faixas de potência chega-se a valores acima de 20% do total UTE's em operação e em planejamento. Esta representatividade chega a 50,43 e 33%, respectivamente, para as faixas de potência superiores a 1000 MWe; de 500 a 999 MWe.

Tabela 6 - Quadro Síntese do Resultado da Pesquisa através de Questionários por Faixa de Potência

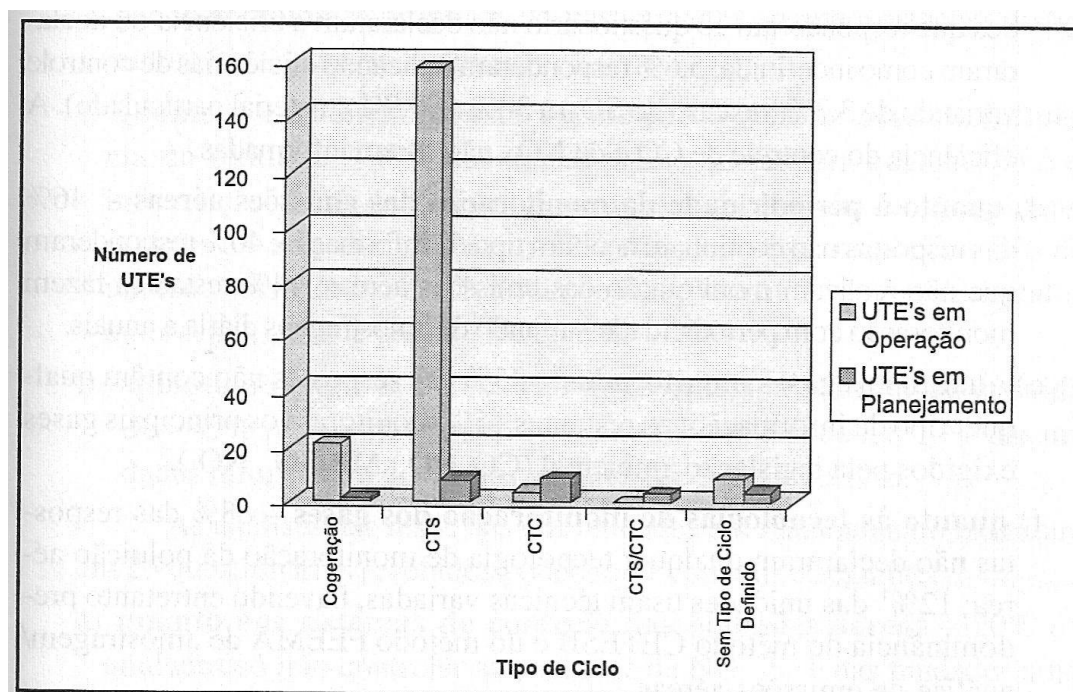
Faixa de Potência (MWe)	< 10	10 a 49	50 a 99	100 a 499	500 a 999	> 1000	Sem Potência Definida
N° de UTE's em Operação	158	18	3	5	3	0	5
N° de UTE's em Planejamento	1	2	3	5	8	1	5
N° Total de UTE's	159	20	6	10	11	1	10

Fonte: Elaboração Própria

Foi analisado também a distribuição geográfica dos empreendimentos termelétricos por regiões do país e os resultados demonstram, em termos absolutos, o predomínio das respostas de unidades situadas na região Norte do país com 106 centrais, na região centro-oeste com 44 e sudeste com 38 centrais.

A Figura 5 apresenta a distribuição das unidades geradoras por tipo de ciclo térmico e por situação operacional.

Figura 5 - Total de UTE's que Responderam ao Questionário por Situação Operacional e por Ciclo Térmico



Fonte: Elaboração própria

Nota: CTS – Ciclo Térmico Simples

CTC – Ciclo Térmico Combinado

4. Conclusões

O presente trabalho permitiu traçar um perfil do parque termelétrico brasileiro em operação e em planejamento enfocando mais especificamente os aspectos relacionados aos sistemas de controle e monitoração de emissões aéreas implantados e previstos.

Para as usinas termelétricas em operação, no total de 192 unidades que responderam ao questionário, pode-se, com base nos resultados, concluir o seguinte:

a) **quanto aos sistemas de controle das emissões aéreas** - 51 % das unidades não informaram a situação existente; 35% das unidades informaram não ter nenhum sistema de controle das emissões aéreas; 14% das unidades fazem algum tipo de controle, envolvendo principalmente controle de material particulado, monóxido de carbono e dióxido de carbono.

b) **quanto às tecnologias de controle das emissões aéreas** - 88% das unidades não declararam a tecnologia de controle; 12% das unidades empregam tecnologias variadas, dependendo do gás e material controlado, tais como controle de queima, ciclones, precipitadores eletrostáticos, lavadores de gases, filtro manga, restrição de enxofre no combustível, etc.

c) **quanto à eficiência de controle de emissões aéreas** - 94,4% das unidades que responderam ao questionário não declararam a eficiência ou declararam como indefinida; 5,6% responderam indicando eficiências de controle variando de 3,3% (no caso do SO₂) a 30% a 99,9% (material particulado). A eficiência do controle de CO e de NO_x não foram informadas.

d) **quanto à periodicidade da monitoração das emissões aéreas** - 46% das respostas não continham nenhum tipo de informação; 40% responderam que não realizam monitoração das emissões aéreas; 14% restantes fazem monitoração com periodicidade variando de amostragens diárias a anuais.

e) **quanto aos gases monitorados** - 85% das respostas não contêm qualquer tipo de informação; os restantes 15% monitoram os principais gases exigidos pela legislação ambiental (CO, CO₂, MP, SO_x, NO_x).

f) **quanto às tecnologias de monitoração dos gases** - 88% das respostas não declararam qualquer tecnologia de monitoração da poluição aérea; 12%⁷ das unidades usam técnicas variadas,

⁷ Os valores percentuais podem variar entre um quesito e outro tendo em vista respostas incompletas ou ausência da informação no questionário.

havendo, entretanto predominância do método CETESB e do método FEEMA de amostragem/análise de emissões aéreas.

g) **quanto à monitoração da qualidade do ar** - 52% das unidades realizam por conta própria a monitoração da qualidade do ar; 46% não realizam qualquer tipo de monitoração e 2% não declararam qualquer tipo de informação.

h) **quanto aos parâmetros de monitoração da qualidade do ar** - 48% das unidades não declararam qualquer tipo de informação; 45% monitoram a fumaça negra; 7% monitoram os gases e partículas exigidas pela legislação ambiental vigente (Partículas Totais, SO₂ e Fumaça).

i) **quanto ao número de pontos de qualidade do ar amostrados** - 92% das unidades não sabiam informar qual o número de pontos de qualidade do ar monitorados; 8% das unidades consultadas informaram a existência de entre 1 e 5 pontos de amostragem.

j) **quanto à técnica de amostragem e análise da qualidade do ar** - 93% das unidades não informaram a técnica de medição e análise dos parâmetros de qualidade do ar; 7% restantes informam métodos diversos, principalmente o método da CETESB, normas da ABNT e analisadores automáticos.

k) **quanto à existência de estação meteorológica própria** - 47% das unidades não informaram qualquer tipo de dado; 46% não possuem estação meteorológica própria e 7% das unidades possuem estações do tipo automática ou do tipo manual.

l) **quanto à existência de estação meteorológica na área de influência da unidade** - 49% das unidades não declararam qualquer tipo de informação; 31% das unidades responderam que não existe nenhuma estação na área de influência; 12% não souberam responder; 8% das unidades confirmam a existência de estação meteorológica (manual ou automática) na sua área de influência.

m) **quanto à distância da estação meteorológica em relação à unidade** - 49% nada informaram; 38% não sabiam responder; 13% das unidades informaram distâncias variando de 3 km a 100 km.

As análises das respostas das unidades em Planejamento basearam-se em 25 questionários recebidos podendo-se concluir o seguinte:

a) **quanto aos sistemas de controle das emissões aéreas** - 20% das unidades só irão controlar as emissões de NO_x 20% das unidades ainda não definiram o tipo de controle, tendo em vista que o empreendimento está em fase de projeto; 12% não declararam qualquer tipo de informação; 8% controlarão NO / CO / HC; 8% controlarão SO / NO / MP; 8% controlarão apenas SO_x e MP; outros 24% somados controlarão algum tipo de gás ou material particulado.

b) **quanto às tecnologias de controle das emissões aéreas** - 44% não declararam qualquer tipo de informação; 36% vão empregar a tecnologia Low NO_x ou Dry Low NO_x para emissões de óxidos de nitrogênio; outros 20% somados empregarão precipitador eletrostático para material particulado; adição de calcário e leito fluidizado para emissão de SO_x, queimadores tangenciais para NO_x, "Flue Gas Dessulfurization-FGD" para SO_x, controle de queima para NO_x, BACARA para CO₂.

c) **quanto à eficiência de controle de emissões aéreas** - 60% não declararam qualquer informação; 8% não conseguiram determinar a eficiência; 8% controlarão (15% das emissões de NO_x); outros 24% repartidos entre unidades declararam as eficiências (12% de controle de CO₂; 85% de controle de SO_x, e 99% de material particulado).

d) **quanto à periodicidade da monitoração das emissões aéreas** - 32% não declararam qualquer tipo de informação; 24% farão monitoração contínua das emissões; 16% farão monitoração contínua e amostragens semestrais simultaneamente; 8% não realizarão qualquer tipo de monitoração; 8% ainda não se definiram quanto à periodicidade; 12% restantes realizarão monitoração semanal, anual ou anual/semestral.

e) **quanto aos gases monitorados** - 44% das unidades não declararam qualquer tipo de informação; 8% irão monitorar SO_x e MP; 8% irão monitorar SO_x / NO_x / CO / CO₂ / MP / HC; 8% irão monitorar SO_x / NO_x / CO / MP; 5% irão monitorar NO_x e CO; 5% irão monitorar NO_x / CO / CO₂; 5% irão monitorar NO_x / CO / CO₂ / HC / O₃; 5% irão monitorar NO_x / CO / MP; 4% irão monitorar NO_x / CO / O₂ opacidade; 4% irão monitorar SO_x / NO_x / CO / CO₂ / MP; 4% irão monitorar SO_x / NO_x / CO / MP / HC e os 4% restantes irão monitorar SO_x / NO_x / MP.

f) **quanto às tecnologias de monitoração dos gases** - 72% das unidades não declararam qualquer tipo de informação; 8% irão empregar analisadores de gases para SO_x e método ABNT para particulados; 20% não definiram ainda a técnica de monitoração.

g) **quanto à monitoração da qualidade do ar** - 32% declararam qualquer tipo de informação; 28% não vão realizar monitoração da qualidade do ar; 24% vão realizar monitoração da qualidade do ar; 12% estão com previsão para realizar a monitoração da qualidade do ar; 4% estão indefinidos.

h) **quanto aos parâmetros de monitoração da qualidade do ar monitorados** - 68% das unidades não declararam qualquer tipo de informação; 8% irão monitorar CO / NO₂ / O₃ / HC; 4% irão

monitorar O₃ / Partículas Totais Suspensas / Partículas Totais Inaláveis; 4% irão monitorar SO₂ e PT5; 4% irão monitorar SO₂ / CO / NO₂ / O₃/ Fumaça e PTI; 4% irão monitorar SO₂ / CO / NO₂ / O₃ IPTS; 4% irão monitorar SO₂/ NO₂ / CO / O₃ / PTS e PTI; 4% irão monitorar SO_x e MP.

i) **quanto ao número de pontos de qualidade do ar amostrados** - 76% não declararam qualquer tipo de informação; 8% declararam 4 pontos; 8% declararam 2 pontos; 4% declararam 5 pontos e 4% declararam 1 ponto.

j) **quanto à técnica de amostragem e análise da qualidade do ar** - 84% não declararam qualquer tipo de informação; 8% irão empregar normas ABNT para SO_x e amostradores de grandes volumes para material particulado; 8% irão empregar absorção de infravermelho para CO; quimioluminescência para NO₂ e ionização de chama para HCs.

k) **quanto à existência de estação meteorológica própria** - 52% das unidades responderam que não haverá estação própria; 28% não declararam qualquer tipo de informação; 8% estão indefinidos; 8% irão utilizar estação automática própria e 4% irão utilizar estação manual própria.

l) **quanto à existência de estação meteorológica na área de influência do projeto** - 28% não declararam qualquer tipo de informação; 32% declararam não existir estação meteorológica; 16% declararam existir estação automática; 8% declararam existir estação manual; 8% não sabem; 4% indefinidos e 4% declararam existir estação porém não sabem se automática ou manual.

m) **quanto à distância da estação meteorológica em relação à unidade** - 44% não declararam qualquer tipo de informação; 20% não souberam informar; 12% afirmam existir estação a 20 km; 8% afirmam existir estação a 50 km; 8% afirmam existir estação a 70 km; 4% afirmam existir estação a 1 km e 4% afirmam existir estação a 10 km.

Através deste trabalho também foi levantado um conjunto de informações adicionais relativas a aspectos gerais e tecnológicos destas usinas, que representa uma importante fonte de dados para outros estudos que venham a ser desenvolvidos no futuro.

O trabalho apontou algumas conclusões de caráter geral que merecem destaque:

- O parque termelétrico em operação, que perfaz uma capacidade instalada de 9.767 MWe (611 unidades), é constituído com 25% da capacidade instalada utilizando óleo diesel como combustível principal (2.469 MWe de potência em 356 unidades), 24% da capacidade instalada com óleo combustível (2.312 MWe de potência em 24 unidades), 14% da capacidade instalada com carvão (1.395 MWe de potência em 6 unidades), 10% da capacidade instalada com gás natural (978 MWe de potência em 18 unidades); 10% da capacidade instalada com biomassa (972 MWe em 170 unidades); e os restantes 16% de resíduos ou com combustível indefinido (1.640 MWe em 37 unidades).

- O parque termelétrico planejado cujas unidades já são nominalmente identificadas perfaz uma capacidade instalada prevista de 24.930 MWe (acrécimo de 64 unidades), direciona-se predominantemente para a implantação de UTE's a gás natural com 87% da capacidade a ser instalada (21.750 MWe de potência em 54 unidades), seguido de 10% da capacidade a ser instalada (2.460 MWe de potência em 4 unidades) e o restante 3% da capacidade a ser instalada com resíduo e outras unidades sem definição do tipo de combustível (720 MWe de potência em 5 unidades);

- Após a consolidação dos banco de dado foram editadas resoluções do Comitê de Gestão da Crise de Energia - CGE que modificam o quadro de implementação de UTE's prioritárias e não foram contempladas neste trabalho. Deve ser ressaltado também que devido à crise de suprimento de energia elétrica houve uma grande expansão na instalação de geradores diesel no país que contribuirão no aumento das emissões de gases de efeito estufa.

- As tecnologias de geração vêm registrando mundialmente avanços tecnológicos significativos principalmente no que tange às melhorias de eficiência e à redução dos impactos ambientais negativos resultantes da geração termelétrica; cabe destaque para os avanços nas tecnologias de combustão do carvão mineral alguns dos quais tem sido adotados também no Brasil;

- As emissões atmosféricas decorrentes da geração termelétrica estão diretamente relacionadas ao tipo de combustível utilizado e às tecnologias de geração sendo, via de regra, objeto de controle e monitoração no Brasil apenas aquelas cujos padrões são estabelecidos pela legislação;

- A legislação brasileira define padrões de qualidade do ar para SO₂ Particulados, NO₂, CO, O₃ e Fumaça; para as emissões, os padrões são estabelecidos somente para Particulados, SO₂ e Fumaça e diferenciados para óleo combustível e carvão, não contemplando, portanto, o gás natural.

- As tecnologias de controle e monitoração tradicionais são relativamente dominadas no Brasil restringindo-se, via de regra, às emissões cujos padrões são definidos pela legislação; nota-se uma defasagem em relação à incorporação das inovações mais recentes.

Com relação mais especificamente à análise exploratória realizada para avaliar o estado da arte dos sistemas de controle e de monitoração implantados e previstos no parque termelétrico brasileiro, cabe destacar:

- Foram enviados questionários para 582 unidades em operação e em planejamento, obtendo-se um retorno de 217 respostas; outras 20 respostas chegaram durante o fechamento do trabalho, não incorporadas à análise;

- A representatividade da amostra mostrou-se bastante significativa tanto em termos absolutos como em termos relativos (por sistema, por tipo de combustível, por faixa de potência, etc.) à luz do pouco tempo disponível e da abrangência da pesquisa;

- Mostrou-se particularmente relevante para o bom índice de retorno dos questionários o entendimento e a carta de apresentação da ANEEL, o que denota a importância da articulação com a Agência para a implementação de iniciativas futuras;

- Conforme expectativa, as usinas termelétricas de pequeno porte, em regra geral, não possuem sistema de controle e monitoração das emissões aéreas. As usinas mais novas e de maior capacidade devido ao maior rigor no processo de licenciamento e talvez devido à necessidade de financiamento externo, por exemplo, do Banco Mundial, já incorporam tais sistemas visando a redução dos impactos ambientais.

- Cerca de 47 UTE's em operação e planejamento já executam ou planejam executar a monitoração de alguns poluentes aéreos através de sistemas contínuos (18 unidades); diária (1 unidade); semanal (4 unidades); mensal (6 unidades); semestral (11 unidades) e anual (7 unidades).