



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GPT 04
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO II

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

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE METANO PROVENIENTE DO RESERVATÓRIO DE GPS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

Rodrigo Soares Ferreira¹, Helena Maria Wilhelm¹, Eduardo Marques Trindade¹, Péricles de Souza Bond^{2*}

¹ INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO – LACTEC
² COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA – COPEL GERAÇÃO

RESUMO

Atualmente, o efeito estufa é uma das maiores preocupações do mundo moderno. Sua origem reside no crescente aumento da concentração atmosférica de gases poluentes, como o gás carbônico (CO₂), o metano (CH₄) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), que provocam alterações profundas no equilíbrio térmico do planeta. A esse efeito, também chamado de aquecimento global, seguem-se danos sócio-ambientais significativos, como o degelo nos círculos polares, avalanches, enchentes, estiagens e secas, além de alterações na vida marinha geralmente atribuídas ao aquecimento de águas profundas e a mudanças no regime de correntes oceânicas.

Recentemente, parte do aumento das emissões de metano tem sido atribuída ao barramento de rios em planícies de inundação para a construção de reservatórios hidrelétricos. Dessa forma, à medida que a profundidade da represa aumenta, aumenta a coluna d'água e, conseqüentemente, também a concentração de metano. Logo que a água emerge das turbinas, a pressão cai até uma atmosfera, e a maior parte do gás nela dissolvida é imediatamente liberada para o meio ambiente.

O presente artigo descreve o processo de medição da quantidade de gás metano dissolvida na água do reservatório da usina hidrelétrica de Governador Parigot de Souza (GPS), situado na região metropolitana de Curitiba.

PALAVRAS-CHAVE

Metano, Efeito Estufa, Aquecimento Global, Geração de Energia.

1.0 – INTRODUÇÃO

O termo “efeito estufa” se aplica ao aumento significativo da temperatura média global do ar em vários graus como resultado da elevação da concentração de gás carbônico e de outros gases na atmosfera⁽¹⁾.

O aquecimento da atmosfera terrestre é um fenômeno natural, resultante da interação dos processos naturais de entrada de radiação eletromagnética entre o Sol (fonte geradora de radiação infravermelha, luz visível, e radiação ultravioleta) e a emissão de radiação térmica do planeta Terra (corpo receptor, dissipador e refletor da energia recebida da fonte geradora). Porém, a intensificação das atividades antropogênicas, a partir da revolução industrial, proporcionou o aumento da emissão de determinados gases para a atmosfera, que interagem a nível molecular com a radiação térmica emitida para a Terra⁽²⁻⁴⁾.

(*) Endereço: Rua José Biazetto 158 – Bairro Mossunguê – 81200-240 - Curitiba - PR
Fone (41) 3331-3311 - Fax (41) 3331-4556 – e-mail: psbond@copel.com e helenaw@lactec.org.br

Pesquisas científicas sobre o efeito estufa indicam que a temperatura global do planeta adquiriu uma tendência de subida ao longo do último século. Observações até agora coletadas sugerem que a temperatura média da superfície terrestre elevou-se de 0,45 a 0,6°C segundo dados do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC,1995). Estas observações foram realizadas em estações meteorológicas, distribuídas em várias partes do planeta e após 1970 muitas destas observações, foram executadas por satélites a partir de medições diretas na alta atmosfera.

Depois do dióxido de carbono (CO₂) e da água, o metano (CH₄) é o gás indutor do efeito estufa de maior importância. Por molécula, um aumento da quantidade de metano no ar causa um efeito de aquecimento 21 vezes maior que a adição de CO₂⁽¹⁾. Sua concentração média global é de 1,72 ppmv (partes por milhão por volume).

Cerca de 70% das emissões atuais de metano são derivadas das atividades humanas. Ele é produzido por via biológica pela decomposição anaeróbica de matéria de origem orgânica. Tal processo se dá em grande escala onde ocorre por exemplo, decomposição de plantas submersas em água, em pântanos, terrenos úmidos de cultivo de arroz, desflorestamentos, acúmulo de resíduos orgânicos, entre outros. A expansão de terras alagadas que ocorre por inundação para produção de energia hidrelétrica é somada a esse total. O efeito do aquecimento global do CH₄ e do CO₂ produzido por um reservatório de grandes proporções pode, por muitos anos, exceder o CO₂ que seria emitido se uma planta de queima de carvão fosse usada para gerar a mesma quantidade de energia elétrica. Assim, a energia hidrelétrica não é uma forma de energia isenta de emissões quando a terra é inundada para gerá-la^(1,9).

Quando a água emerge das turbinas, a pressão abaixa imediatamente até o nível de uma atmosfera, e espera-se que a maior parte do gás dissolvido seja liberada imediatamente. Quando amostras de água são trazidas do fundo de um reservatório até a superfície em um frasco de amostragem, a água espuma em função da liberação dos gases nela contidos. Gases liberados deste modo incluem o CO₂ e o CH₄. Embora presente em quantidades menores, o CH₄ é liberado no percurso da água pelo vertedouro, onde a liberação é provocada não somente pela mudança de pressão e temperatura, mas também pela provisão súbita de uma área de superfície vasta quando a água é pulverizada em pequenas gotas⁽⁵⁾. O papel da temperatura nesse processo pode ser visualizado a partir da relação entre a temperatura e a solubilidade de CH₄, um aumento na temperatura de 15°C para 25°C, por exemplo, reduz em 18,3% a solubilidade de CH₄ na água⁽⁶⁻⁸⁾.

1.1 - RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA GOVERNADOR PARIGOT DE SOUZA (GPS)

O reservatório investigado nesta pesquisa foi o da usina hidrelétrica Governador Parigot de Souza (GPS). O reservatório recebeu o nome de Capivari derivado do nome do rio que o forma. O início da formação do reservatório se deu a partir de 1961, e em 26 de janeiro de 1971 foi inaugurada a usina hidrelétrica.

O reservatório de Capivari tem suas coordenadas geográficas situadas a 48 graus e 44 minutos de longitude a oeste do meridiano de Greenwich e 25 graus e 7 minutos de latitude sul. Localiza-se no primeiro planalto paranaense a 842 metros acima do nível do mar, nos municípios de Campina Grande do Sul/PR e Bocaiúva do Sul/PR, distante 62 Km de Curitiba (Figura 1).

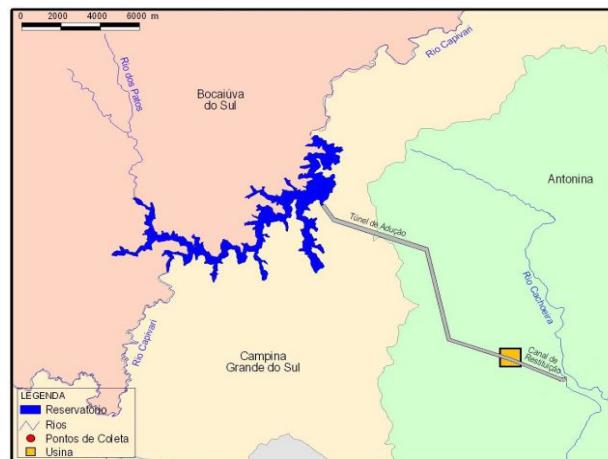


FIGURA 1 – Localização geográfica do reservatório do Capivari.

A barragem forma um reservatório de 150 milhões de metros cúbicos de água em uma área total inundada de 12 quilômetros quadrados. Apresenta profundidade média de 30 metros. O tempo de permanência da água no reservatório até sua descida para a usina é de aproximadamente 107 dias.

2.0 - OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo o levantamento de dados referente a concentração de metano presente na água do reservatório da usina hidrelétrica Governador Parigot de Souza (GPS).

3.0 - METODOLOGIA

3.1 – Metodologia de amostragem

O critério para a seleção dos locais amostrados levou em conta a profundidade medida por meio do uso de um aparelho ecobatímetro. Foram escolhidos 4 pontos estratégicos no reservatório, os quais apresentavam profundidades superiores a 20 m. Estes pontos são representados na Figura 2.

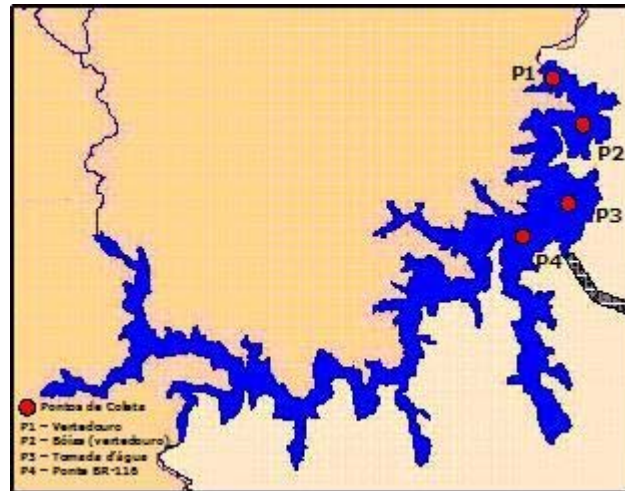


FIGURA 2 – Mapa geográfico do reservatório do Capivari indicando os pontos amostrados.

As amostras de água foram coletadas com uma garrafa coletora tipo Van Dorn, com aberturas laterais, com 5 litros de capacidade (Figura 3). Ao atingir o fundo do reservatório a garrafa foi fechada aprisionando a amostra aquosa daquela profundidade. Após o içamento da garrafa, imediatamente foi retirada uma amostra por meio do uso de uma seringa de vidro com capacidade de 50mL, acoplada a uma válvula de vedação tipo *luer lock* para coleta da amostra, e posterior determinação de metano dissolvido (Figura 4).



FIGURA 3 – Garrafa coletora de Van Dorn.



FIGURA 4 – Retirada da amostra de água da garrafa coletora de Van Dorn com a seringa de vidro.

3.2 – Determinação de metano nas amostras de água coletadas

O volume de água contido na seringa (50 mL) foi injetado em um sistema de extração de gases. Após aplicação de vácuo e agitação constante, o gás foi separado da água e recolhido em uma microseringa. Foram retirados 500 μ L da amostra gasosa e procedida a análise cromatográfica com detecção por ionização em chama.

4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O início da prospecção de metano no reservatório do Capivari foi marcada por uma época de estiagem na região, que causou um desequilíbrio significativo no ecossistema. O nível normal de profundidade do reservatório é de 842 m acima do nível do mar, sendo que no período de estiagem este chegou a estar 50% abaixo do nível normal. Esta situação está mostrada na Figura 5. A Figura 6 mostra a mesma região indicada na Figura 5, após a normalização do nível do reservatório, ou seja, após o período de estiagem.



FIGURA 5 – Região do vertedouro na ocasião da estiagem (08 a 11/2006).

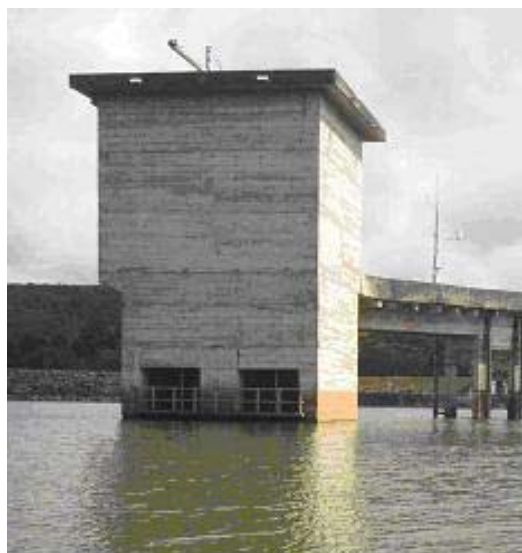


FIGURA 6 – Região do vertedouro na ocasião do nível normal do reservatório (a partir de 12/2006).

A diminuição do nível de água do reservatório no período de 08 a 11/2006 dificultou o levantamento de dados, pois, neste período não houve troca de nutrientes entre as margens do reservatório e o corpo d'água. Isto pode ser comprovado pela Tabela 1 que apresenta a concentração de metano em cada ponto coletado, nas diversas campanhas de amostragem realizadas.

TABELA 1 – Níveis de metano nas amostras de água coletadas no reservatório de Capivari.

AMOSTRAGEM	PROFUNDIDADE (m)				CONCENTRAÇÃO DE METANO (ppmv)			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
1 AGOSTO/06	28	30	10	5	2	<1	<1	<1
	29	31	20	15	3	3	<1	<1
	30	33	23	23	377 ^(*)	3	2	<1
2 OUTUBRO/06	29	28	25	14	<1	9	<1	<1
	35	29	25	15	211 ^(*)	101 ^(*)	<1	22 ^(*)
	35	30	27	19	<1	3	<1	2
3 DEZEMBRO/06	30	36	25	24	104	26	<1	234
	38	38	30	25	2	66	25	282
	40	40	33	26	135	43	73	365
4 FEVEREIRO/07	30	35	25	20	28	114	<1	<1
	35	38	29	22	100	86	67	20
	42	43	31	25	91	100	<1	2

^(*) Pontos excluídos do cálculo do valor médio (ver Tabela 2), por serem derivados de amostras coletadas do fundo do reservatório, as quais continham excesso de matéria orgânica (lodo).

As amostragens 1 e 2 foram realizadas na ocasião do período de estiagem que atingiu a região do reservatório. Com isso foram encontrados baixos valores de concentração de metano nos pontos amostrados. Porém, os dados das amostragens 3 e 4 mostraram altas concentrações de metano. Nesta ocasião o reservatório já havia alcançado praticamente seu nível normal, devido ao grande volume de chuvas que encerrou o período de estiagem. Na Tabela 2 são destacados os valores médios de concentração de metano nos pontos amostrados nas diferentes condições climáticas.

TABELA 2 – Concentração média de metano nas amostras de água coletadas em diferentes épocas do ano.

Pontos de Amostragem	Concentração Média de Metano (ppmv)	
	Condição de Estiagem	Condição Normal
P1	1	77
P2	4	73
P3	<1	28
P4	<1	151

Os dados expostos na Tabela 2 sugerem que há uma maior concentração de metano na região do ponto P4. Porém, esta alta concentração somente foi observada na terceira coleta, sendo que na quarta amostragem estes valores foram reduzidos consideravelmente. Os pontos P1 e P2 do reservatório mantiveram uma certa regularidade nos valores de concentração de metano tanto na terceira quanto na quarta amostragens.

A alta concentração de metano encontrada nas amostras coletadas na terceira amostragem está de acordo com os dados de demanda química de oxigênio (DQO) destas amostras, conforme mostrado na Tabela 3.

TABELA 3 – Níveis de DQO e turbidez das amostras de água coletadas no reservatório de Capivari.

AMOSTRAGEM	DQO (mgO ₂ /L)				Turbidez (NTU)			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
1 AGOSTO/06	18	24	18	---	4	15	10	---
2 OUTUBRO/06	30	77	24	305	4	342	11	391
3 DEZEMBRO/06	27	10	10	25	7	58	5	23
4 FEVEREIRO/07	6	11	7	15	4	10	5	3

O período de estiagem favoreceu o surgimento de plantas nas margens do reservatório. Quando este retornou à sua capacidade máxima, estas plantas submergiram e um processo de decomposição foi iniciado e ocasionou uma renovação de nutrientes no corpo d'água, aumentando o nível de troficidade do reservatório como um todo.

O valor de DQO refletiu estes fenômenos de decomposição do material sedimentado, ou seja, o aumento do nível de nutrientes na massa líquida, a partir da segunda amostragem. Em decorrência, houve uma progressiva elevação na população de plantas aquáticas na massa líquida e, conseqüentemente, de outros organismos situados em níveis superiores na cadeia alimentar (cadeia trófica). Esta renovação de matéria orgânica no corpo d'água a partir da segunda amostragem, conduziu à elevação da concentração de metano observada a partir da terceira amostragem.

5.0 - CONCLUSÕES

Durante o longo período de estiagem que atingiu a região de estudo, não foi possível detectar a presença de gás metano no reservatório de Capivari em uma profundidade aproximada de 30 metros. Após a normalização do nível de água do reservatório, foi observada a elevação do nível de concentração de metano nos pontos amostrados.

Tendo como base estes dados, será feito um levantamento da viabilidade econômica da extração de metano do reservatório e de sua posterior utilização como fonte energética.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAIRD, C., Química Ambiental, Bookman Ed. 2ª ed., 2002.
2. FEARNSIDE, P. M.; "Emissões de Gases de efeito estufa por represas hidrelétricas: controvérsias fornecem um trampolim para repensar uma fonte de energia supostamente limpa" Coordenação de Pesquisas em Ecologia, INPA, Manaus, AM, 2004.
3. FEARNSIDE, P. M.; "As usinas hidrelétricas mitigam o efeito estufa? O caso da barragem de Curuá-Una" Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus-AM, 2004.
4. FEARNSIDE, P. M.; "Emissões de gases de efeito estufa de um reservatório hidrelétrico (a represa de Tucuruí) e as suas implicações para a política energética" Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus-AM, 2002.
5. SANTOS, M. A.; "Inventário de emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas" Rio de Janeiro, 2000. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro.
6. CLENNELL, M. B.; Brazilian Journal of Geophysics, 18(3), 397-410, 2001.
7. HUTTUNEN, J. T.; *et. al.*; Chemosphere 52, 609-621, 2003.
8. VON SPERLING, M.; "Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos"; DESA-UFMG, 1996.
9. MAKHOV, G. A.; BAZHIN, N. M.; Chemosphere, 38, 1453-1459, 1999.