



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

GIA 16
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

A CONTRIBUIÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS NA REDUÇÃO DO EFEITO ESTUFA DO PLANETA

Wilson Tadeu Pizzatto *

Helio Mitsuo Sugai

Thutomu Fujino

Fernando Giacomini Machado

Elton Massaneiro Sucek

Eugenio Paceli Werneck

COPEL GERAÇÃO S.A.

RESUMO

Evidências não faltam para deduzir que a crise climática por que passamos esta se acelerando de uma forma jamais observada. Uma série de novos e abrangentes estudos mostra que a rápida acumulação de gases de efeito estufa na atmosfera, esta relacionada ao acelerado derretimento das calotas polares, a catástrofes como o furacão Katrina que assolou Nova Orleans no Golfo do México em 2005, ao aumento da acidez dos mares pela diluição do gás carbônico nos mesmos, interferindo na formação dos corais, base da cadeia alimentar dos oceanos, entre outros fenômenos. Especialistas nos dizem que corremos o risco de cruzar um ponto sem retorno dentro dos próximos dez anos. Enfrentamos uma crise inédita, de dimensão global, a qual também nos oferece uma oportunidade, de repensar o desafio em suprir a crescente sede de energia da civilização humana, sem aquecer ainda mais o planeta.

No Brasil o tema da expansão de geração de energia elétrica é hoje ponto controverso, entre governo, população, empresas e ambientalistas. Constantemente ouvimos opiniões contra e a favor da construção de novas hidrelétricas, geralmente com dados antagônicos e incompletos. Com uma matriz de energia elétrica proveniente em sua maior parte de hidrelétricas, acabou-se por criar um clima de preconceito ambiental em torno das barragens. Em consequência disto, muitas hidrelétricas previstas não estão se viabilizando ou tendo seus prazos de implantação atrasados.

Com a necessidade de atendimento à demanda crescente de energia elétrica, as termelétricas estão pouco a pouco, substituindo as hidrelétricas no suprimento desta energia no país, como pode se verificar nos leilões de energia nova realizados pela ANEEL nos últimos anos. Alternativas de suprimento de energia, como a energia eólica e a solar, ainda são muito caras, e representam, mesmo nos países mais ricos, uma forma complementar de energia.

As usinas hidrelétricas não estão isentas de impactos ambientais, pelo contrario, implicam em impactos ao ecossistema, como realocação de populações ribeirinhas, desmatamentos, mudanças no bioma local, etc, mas estão longe de serem as vilãs da atual crise climática e devem ser analisadas pela sua contribuição na redução do aquecimento da atmosfera, na medida que substituem fontes não renováveis de energia, como termelétricas movidas a partir de combustíveis fósseis.

Este trabalho apresenta o estagio atual, Brasil e no Mundo, dos estudos sobre a emissão de gases de efeito estufa pelas hidrelétricas, e um Estudo de Caso, analisando comparativamente a energia contratada pelas termelétricas, nos últimos Leilões de Energia Nova da Agencia Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, com a energia que seria produzida por hidrelétricas, tendo por base a mesma emissão de Carbono na atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE

Reservatórios, Hidrelétricas, Gases de Efeito Estufa, Termelétricas, Leilões de Energia.

1.0 - INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 66% da energia elétrica gerada no planeta, provém de termelétricas movidas a carvão, petróleo e gás natural. No Brasil esta proporção se inverte, apenas 8,5% da energia elétrica é produzida através destas fontes não renováveis. Atualmente a hidroeletricidade responde por aproximadamente 85% do abastecimento de energia elétrica do país.

Do potencial hidráulico nacional, estima-se que apenas 28% tenha sido aproveitado. Entretanto o que se tem constatado nos últimos leilões de energia nova promovidos pela ANEEL, é a predominância na contratação de energia de termelétricas movidas a óleo combustível, óleo diesel, carvão e gás natural. Este fato se explica em parte pelo número crescente de restrições impostas ao licenciamento ambiental de hidrelétricas, a morosidade em se obter tais licenciamentos e os custos adicionais que isto acarreta.

Além disso, alguns estudos questionam a mitigação do aquecimento do planeta pelas hidroelétricas, baseados em estudos isolados sobre a emissão de gases de efeito estufa (GHG – Greenhouse Gas), por reservatórios hidrelétricos situados em áreas de floresta tropical (1). Porém ao estendermos a análise para uma quantidade maior de reservatórios, distribuídos geograficamente pelo Brasil, concluímos que o conjunto de hidrelétricas substitui com vantagem as termelétricas, na desaceleração do aquecimento global.

O objetivo deste trabalho é mostrar os mais recentes estudos sobre a emissão de gases de efeito estufa pelos reservatórios hidrelétricos, realizadas no Brasil e no Mundo e apresentar um Estudo de Caso, analisando comparativamente a energia contratada por diversos tipos de termelétricas nos últimos Leilões de Energia Nova da ANEEL, e a energia produzida por hidrelétricas, tendo por base uma emissão equivalente de Carbono na atmosfera.

2.0 - A EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELAS HIDRELÉTRICAS

Assim como os rios e lagos naturais, os reservatórios das hidrelétricas emitem gases de efeito estufa, que contribuem para o aumento da temperatura média do planeta. Dentre estes, somente o Metano (CH₄) e Dióxido de Carbono (CO₂) são em quantidades significativas.

A contribuição destes dois gases para o aquecimento global se diferencia, pelo fato de 1 kg de CH₄ disperso na atmosfera, possuir o poder de bloquear o calor transmitido da Terra para a atmosfera, fato este denominado de Potencial de Aquecimento Global ou GWP (Global Warming Potential), várias vezes maior que 1 kg de CO₂. As emissões de CO₂ e CH₄ podem ser convertidas em emissão equivalente de Carbono (C), levando em consideração o GWP de cada um deles (2).

A principal fonte destes gases nos reservatórios hidroelétricos é a decomposição bacteriana da biomassa submersa nos mesmos. Esta biomassa pode ser preexistente à formação do reservatório ou carreada pelos rios e córregos que formam a bacia hidrográfica local.

A intensidade das emissões GHG pelos reservatórios das hidrelétricas depende de diversos fatores, como: a quantidade de biomassa submersa, a temperatura média local, a profundidade média do reservatório, o regime de ventos da região, a radiação solar média, os parâmetros físicos e químicos da água, a composição da biosfera local, o sistema de operação do reservatório e o ciclo hidrológico regional. Esta variedade de fatores impossibilita a padronização de emissões para os milhares de reservatórios ao redor do planeta, estabelecendo a necessidade de analisar caso a caso.

Para o cálculo da contribuição de um reservatório hidrelétrico para o aquecimento global, deve-se considerar sua “emissão líquida” de gases de efeito estufa, ou seja, a diferença entre as emissões totais, no local de influência da usina, antes e após a implementação da mesma.

Como na grande maioria das usinas existentes não foram feitos levantamentos de emissões GHG, antes do enchimento dos reservatórios, fica praticamente impossível calcular esta contribuição líquida com exatidão. Uma aproximação conservadora é considerar somente a emissão após o enchimento dos reservatórios, a qual é denominada “emissão bruta”.

3.0 - ESTUDOS SOBRE A EMISSÃO GHG DOS RESERVATÓRIOS HIDROELÉTRICOS

3.1 No Brasil

A COPPE/UFRJ - Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, juntamente com o CHREA/USP - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de

São Paulo, realizaram as primeiras medidas de fluxos de gases em reservatórios em 1993, nas hidrelétricas de Balbina, Tucuruí e Samuel, com o apoio da Eletrobrás. Em 1997 foi realizada uma campanha na Amazônia, em conjunto com o grupo da Université du Québec à Montréal – UQAM, no reservatório de Curuá-Una.

Destes estudos concluiu-se que era importante iniciar uma campanha em vários reservatórios de diferentes regiões do país. Este trabalho foi proposto e aceito pelo Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT e pelo Departamento de Meio Ambiente da Eletrobrás, sendo que, em 1997-1998 efetuou-se o levantamento no reservatório de Serra da Mesa, em 1998-1999 no reservatório de Itaipu, em 1998-1999 nos reservatórios de Miranda e Três Marias em Minas Gerais, Barra Bonita em São Paulo, Segredo no Paraná, Xingó entre Alagoas e Sergipe, Samuel em Rondônia e Tucuruí no Pará.

Em 2001-2002 foi realizado em conjunto com a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL a implementação de um projeto de monitoramento de emissão de GHG nos reservatórios de Miranda e Xingó.

Em 2004, Santos et al. (3), compara a emissão bruta de Dióxido de Carbono (CO₂) e Metano (CH₄), emitido por algumas das hidrelétricas citadas acima, com termelétricas equivalentes em produção de energia.

Para uma melhor representatividade deste estudo, foram selecionadas hidrelétricas com distintas características, como a distribuição geográfica das usinas, variando de uma latitude de cerca de 3° até 25°, reservatórios com idades de poucos anos até quase 100 anos, áreas alagadas de poucos quilômetros quadrados até mais de 2.000 km², densidade de energia variando de 0,38 W/m² (Três Marias) até 50 W/m² (Xingó), entre outros aspectos.

A Tabela 1 a seguir, mostra os principais resultados obtidos neste estudo.

Tabela 1: Relação das Emissões de Carbono entre Hidrelétricas e Termelétricas equivalentes em energia

Nome	Hidrelétricas Pesquisadas			Emissão Termo / Emissão Hidro				
	Área Reserv. (Km ²)	Latitude	Capacidade (MW)	Carvão ciclo simples	Óleo ciclo simples	Diesel ciclo simples	Gás ciclo simples	Gás ciclo Comb.
Tucuruí	2.430	3 ^o 45' S	4.240	1,79	1,81	1,73	1,66	1,00
Samuel	559	8 ^o 45' S	216	0,44	0,45	0,43	0,41	0,25
Xingo	60	9 ^o 37' S	3.000	79,16	79,85	76,44	73,53	44,12
Serra da Mesa	1.784	13 ^o 50' S	1.275	1,57	1,58	1,51	1,45	0,87
Três Marias	1.040	18 ^o 13' S	396	0,81	0,81	0,78	0,75	0,45
Miranda	50,6	18 ^o 55' S	390	11,19	11,28	10,80	10,39	6,23
Barra Bonita	312	22 ^o 31' S	140,76	1,13	1,14	1,09	1,05	0,63
Itaipu	1.549	25 ^o 26' S	12.600	148,54	149,82	143,43	137,97	82,78
Segredo	82	25 ^o 47' S	1.260	58,96	59,47	56,93	54,77	32,86
Total			23.518	5,27	5,31	5,09	4,89	2,94

A Tabela 1 indica, por exemplo, que a emissão de Carbono da Hidrelétrica de Tucuruí, é praticamente a mesma de uma termoeletrica equivalente em energia movida a gás natural em ciclo combinado. Por outro lado uma termoeletrica movida a carvão em ciclo simples, com produção equivalente à energia gerada pela hidrelétrica de Itaipu lançaria 148,54 vezes mais carbono na atmosfera. Outro exemplo, uma termoeletrica movida a gás natural em ciclo combinado produziria 2,94 vezes mais carbono que a média do conjunto de hidrelétricas pesquisadas.

Este trabalho estimou as “emissões brutas” de Dióxido de Carbono (CO₂) e Metano (CH₄), portanto os resultados obtidos superestimam as emissões das hidrelétricas. Para uma comparação mais acurada, seria necessário o cálculo da emissão líquida, subtraindo as emissões naturais, existentes antes da construção dos aproveitamentos.

3.2 No Mundo

Mais de cem reservatórios localizados em diversas regiões do planeta já foram pesquisados, como o Norte da Europa (Finlândia e Noruega), a América do Norte (Canadá e USA) e América Latina (Brasil, Guiana Francesa e Panamá). Em cada uma destas regiões os padrões climáticos diferem, de locais extremamente frios até os de clima tropical, onde se localizam a grande maioria dos reservatórios do planeta.

Em dezembro de 2006, em Paris, a UNESCO (4), reuniu especialistas de todo o planeta para discutir o assunto. Neste encontro foram definidos os principais pontos de consenso das pesquisas, os quais estão relacionados a seguir:

- Para o cálculo das emissões de gás de efeito estufa pelas hidroelétricas deve ser considerada a emissão líquida de GHG na região de influência do reservatório, ou seja, deve ser descontada a emissão natural que ocorreria de qualquer maneira no local, sem a presença do reservatório.
- Com relação aos três principais gases de efeito estufa produzidos pelos reservatórios, a saber, o N₂O (Óxido Nitroso), o CO₂ (dióxido de Carbono) e o CH₄ (Metano), os especialistas concluíram que:
 - O Óxido Nitroso (N₂O), resultante da utilização de fertilizantes na agricultura e da descarga de esgotos em áreas próximas aos reservatórios, foram observados em pequenas quantidades, e não é necessário incluí-lo em novas pesquisas.
 - Quanto ao Dióxido de Carbono (CO₂), emissões detectadas próximo à superfície dos reservatórios, indicam ser o resultado do ciclo natural do carbono, havendo inclusive, em algumas regiões de clima frio, absorção deste gás pela superfície da água. Observou-se que existe um pico de emissões desse gás durante os primeiros anos após o enchimento dos reservatórios, decaindo ao longo do tempo. O entendimento comum é de que a emissão líquida de CO₂ nos reservatórios, não é significativa, quando comparada com a vida útil dos mesmos.
 - O Metano (CH₄) é o gás de efeito estufa produzido pelos reservatórios de maior interesse para os futuros estudos. Pequena quantidade de emissão foi observada em regiões de clima frio, entretanto em alguns países de clima tropical, foram verificadas emissões em quantidades significativas deste gás.

4.0 - ESTUDO DE CASO

O objetivo desta seção é apresentar um estudo de caso, calculando a energia que seria gerada por hidrelétricas, tendo por base, uma emissão equivalente de Carbono, proveniente das termelétricas que foram negociadas nos leilões de energia nova da ANEEL, realizados até esta data (março de 2007).

4.1 Leilões de Energia Nova da ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, dentro do contexto do Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro, realizou em 2005 e 2006, os primeiros leilões de energia nova, para suprir a crescente demanda de energia do país, para suprimento a partir dos anos de 2008 a 2011.

Devido às crescentes restrições ambientais impostas à implantação de novas hidrelétricas, o resultado destes leilões indicou uma tendência de substituição destas fontes renováveis, por termelétricas movidas a combustíveis fósseis.

A Tabela 2 a seguir mostra o resultado dos leilões de energia nova realizados em 2005 e 2006, classificados por fonte (5). Não foram consideradas as usinas movidas à biomassa proveniente do bagaço de cana, consideradas neste trabalho, como uma fonte de energia isenta em termos de aquecimento global.

TABELA 2 – Energia Negociada nos Leilões de Energia Nova em 2005 e 2006 por Fonte

Leilão	Início Suprimento	Hidrelétrica (MWmédios)	Energia contratada pelas Termelétricas				
			Carvão (MWmédios)	Óleo Combustível (MWmédios)	Diesel (MWmédios)	Gás Ciclo simples (MWmédios)	Gás Ciclo Comb. (MWmédios)
A-3/2005	2008	71	0	178	0	0	352
A-4/2005	2009	46	254	0	66	278	191
A-5/2005	2010	891	292	0	0	0	570
A-3/2006	2009	1028	0	286	288	0	10
A-5/2006	2011	569	0	5	69	400	0
Subtotais		2.606	546	469	423	678	1.123
Total Geral		2.606			3.239		

Conforme podemos notar pela Tabela 2, foram contratadas 2.606 MW médios provenientes de Hidrelétricas contra 3.239 MW médios de termelétricas movidas por combustíveis fósseis, ou seja, cerca de 56 % da energia contratada nestes leilões é proveniente de fontes não renováveis de energia.

Dentre as energias contratadas das termelétricas, se destaca as usinas movidas a gás natural num total de 1.801 MW médios (~55%), seguida pelas térmicas movidas a óleo combustível e óleo diesel que totalizam 892 MW médios (~28%) e pelas térmicas movidas a carvão com 546 MW médios (~17%).

4.2 Análise das Emissões de Carbono das Termelétricas negociadas nos Leilões de Energia Nova

Utilizando os estudos desenvolvidos pela COPPE/UFRJ, descritos anteriormente neste trabalho, e aplicando as relações de emissão de Carbono entre termelétricas e hidrelétricas mostradas na Tabela 1, podemos calcular a produção de energia que seria gerada por hidrelétricas, tendo por base a mesma emissão potencial de Carbono.

A Tabela 3 a seguir mostra as quantidades de energia em MW médios comercializada pelas diferentes tipos de termelétricas nos leilões de energia nova da ANEEL, e as relações de emissão de Carbono entre as termelétricas e hidrelétricas provenientes da Tabela 1. O produto destes dois fatores resulta na energia em MW médios que seria produzida por uma hidrelétrica tendo por base a mesma emissão potencial de Carbono. Somando estes produtos obtemos a energia total equivalente obtida através de hidrelétricas, considerando a mesma emissão total de carbono.

TABELA 3 – Energias geradas por Termelétricas e Hidrelétricas com emissão de C equivalentes

	<i>Carvão</i>	<i>Óleo Combustível</i>	<i>Diesel</i>	<i>Gás Ciclo simples</i>	<i>Gás Ciclo comb.</i>
Energia Termo Leilões (MW médios)	546	469	423	678	1.123
Relação: Emissões Termo / Emissões Hidro	5,27	5,31	5,09	4,89	2,94
Produção Hidro Equiv.(MW médios)	2.877	2.490	2.153	3.315	3.301
Total Hidro Equiv. (MW médios)	14.136				

O resultado explicitado na Tabela 3 nos permite chegar às seguintes considerações:

- Com a mesma quantidade de Carbono, lançada na atmosfera pelas termelétricas negociadas nos leilões de energia nova, poderíamos produzir através de hidrelétricas, uma quantidade de energia de 14.136 MW médios, ou seja, cerca de 4 vezes a mais que o total de energia efetivamente negociado de 3.239 MW médios.
- Se considerarmos que o país necessita em média 2.500 MW médios anuais de energia nova, para o suprimento de seu crescente mercado de energia, esta diferença em energia de 10.897 MW médios, seria suficiente para abastecer o país por aproximadamente mais quatro anos, sem emissão adicional de Carbono na atmosfera.

5.0 - CONCLUSÃO

Os recentes leilões de energia nova promovidos pela ANEEL demonstram que, ao reprimirmos a instalação de novas hidrelétricas, independente do local ou da forma como são implementadas, incentivamos a implementação de outras fontes de energia, que contribuem de forma mais acentuada para o aquecimento global.

Para cada MW médio contratado nestes leilões, através de termelétricas movidas a combustíveis fósseis, lançamos quatro vezes mais Carbono na atmosfera, do que seria, se esse mesmo MW médio fosse contratado através de hidrelétricas.

A curto e médio prazo, as hidrelétricas, as termelétricas movidas a combustíveis fósseis e as usinas nucleares devem continuar sendo as fontes primárias de geração de energia elétrica. Outras fontes, consideradas atualmente alternativas, como a eólica, a solar e das marés, etc, ainda não são economicamente competitivas, e somente no longo prazo deveremos obter uma participação mais significativa na matriz elétrica mundial.

O mundo tem “fome” de energia, a demanda mundial não pára de crescer, especialmente nos países em desenvolvimento como o Brasil, onde o consumo “per capita” situa-se bem abaixo dos países desenvolvidos. A forma como vamos tratar esta crescente demanda de energia, deve ser discutida sob uma visão global dos impactos ambientais resultantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Fearnside, P.M.: 2004, As usinas hidrelétricas mitigam o efeito Estufa? O Caso da Barragem de Curuá-Una, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, Brasil.
- (2) INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 1997. – Guidelines for National Green house Gas Inventories, Paris, França.
- (3) Santos, M. A. and Rosa, L. P., Sikar, B., Sikar, E., Santos, E.O.: 2004, Gross Greenhouse Gas Fluxes from Hydro-Power Reservoir compared to Thermo-Power Plants, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- (4) UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION – UNESCO, 2006 – Workshop on Greenhouse-Gas Emissions from Freshwater Reservoirs, Paris, França.
- (5) CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE, 2006 – Resultados dos Leilões de Energia Nova (<http://www.ccee.org.br>)

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Wilson Tadeu Pizzatto

Nascido em Curitiba, PR em 30 de junho de 1956;

Pós Graduação (2002) em Planejamento e Comercialização na Indústria de Energia Elétrica;

Graduação (1978) em Engenharia de Infra-estrutura Aeronáutica: ITA-S. J. Campos;

Empresa: COPEL Geração S. A, desde 1985.

Helio Mitsuo Sugai

Nascido em Assaí, PR em 03 de agosto de 1952;

Graduação Eng. (1975) em Engenharia Civil, UFPR

Empresa: COPEL Geração S. A, desde 1975.

Thutomu Fujino

Nascido em Pereira Barreto em 05 de novembro de 1949;

Graduação (1976) em Engenharia Elétrica: UFPR

Empresa: COPEL Geração S. A, desde 1977.

Fernando Giacomini Machado

Nascido em Curitiba, PR em 07 de novembro de 1981.

Graduação (2004) em Engenharia Civil: UFPR

Empresa: COPEL Geração S. A., desde 2005

Elton Massaneiro Sucek

Nascido em Curitiba, PR em 13 de outubro de 1977.

Graduação (2004) em Engenharia Elétrica: CEFET-PR

Empresa: Copel Geração S.A., desde 2006

Eugenio Paceli Werneck

Nascido em Volta Redonda, RJ em 02 de fevereiro de 1960.

M.Sc. (2006) em Infra-Estrutura e Gerência Viária, UFSC

Graduação (1989) em Engenharia Civil, EECVR.

Empresa: COPEL Geração S.A., desde 2005.