

Considerações acerca da geração hidroelétrica fluminense a partir da crise hídrica do estado de São Paulo

Considerations on the hydroelectric generation in Rio de Janeiro based on the São Paulo water crisis

Luiz Fernando Rosa Mendes^{*}

Resumo

Este texto faz algumas considerações sobre a situação da geração hidroelétrica do estado do Rio de Janeiro a partir da crise hídrica do estado de São Paulo. A metodologia proposta consiste em uma pesquisa exploratória dos dados referentes à matriz energética fluminense para verificação de sua característica. A pesquisa demonstra também uma análise do boletim de monitoramento dos reservatórios do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul e do acompanhamento diário da operação hidroenergética do Sistema Interligado Nacional (SIN). O trabalho mostrou que há uma dependência direta entre o volume de água armazenada nas três maiores usinas hidroelétricas (UHE) do estado do Rio de Janeiro e a vazão do rio Paraíba do Sul e de seus afluentes localizados no estado de São Paulo. Assim sendo, qualquer ação natural ou antrópica que venha reduzir drasticamente a vazão desse rio irá impactar negativamente no armazenamento de água para as UHE fluminenses instaladas no rio Paraíba do Sul.

Palavras-chave: Crise hídrica. Rio Paraíba do Sul. Geração hidroelétrica.

Abstract

This paper discusses the situation of hydroelectric generation in the state of Rio de Janeiro based on the water crisis in the state of São Paulo. It presents an exploratory survey of data on Rio de Janeiro's energy matrix to verify its characteristics. The survey also demonstrates an analysis of the monitoring report of reservoirs of the hydraulic system of the Paraíba do Sul River, and the daily monitoring of the hydropower operation of the National Interconnected System (SIN). The work shows that there is a direct dependence between the volume of water stored in the three major hydroelectric power plants (UHE) in the state of Rio de Janeiro and the flow of the Paraíba do Sul River and its tributaries in the State of São Paulo. Therefore, any natural or anthropic action that may drastically reduce the flow of this river will negatively impact the water storage for the hydroelectric power plants installed in the Paraíba do Sul River.

Keywords: Water crisis. Paraíba do Sul river. Hydroelectric generation.

1 Introdução

Nos últimos meses observa-se uma redução da incidência de chuva na região Sudeste e mais especificamente no estado de São Paulo. Segundo alguns especialistas, essa estiagem se deve ao sistema de alta pressão do Atlântico que bloqueou as frentes frias.

^{*} Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Candido Mendes (UCAM - Campos dos Goytacazes). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense), Campus Campos Guarus, Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. Email: lfmendes@ifff.edu.br

Por causa dessa estiagem no estado de São Paulo, houve uma diminuição nos volumes de água armazenada nas represas dos sistemas e rios que abastecem o estado, sendo os sistemas Cantareira e Alto Tietê os mais prejudicados. Além disso, o rio Paraíba também teve suas vazões reduzidas.

A partir disso, o estado de São Paulo não conseguiu antever os problemas advindos da estiagem, começou a trabalhar na utilização das reservas técnicas dos sistemas de abastecimento de água e implantou o racionamento de água em várias cidades.

Para tentar minimizar os problemas de falta de água, o governo paulista busca mais uma transposição no rio Paraíba do Sul. Essa transposição é polêmica e pode trazer vários problemas no âmbito do abastecimento nas cidades fluminenses e também na geração de energia hidroelétrica.

Este trabalho visa realizar algumas considerações acerca da geração hidroelétrica fluminense a partir da crise hídrica do estado de São Paulo, demonstrando que a situação atual do rio Paraíba do Sul já compromete a geração hidroelétrica e ocorrendo mais uma transposição, a tendência seria piorar o quadro.

2 Revisão de Literatura

2.1 O Rio Paraíba do Sul

O rio Paraíba do Sul situa-se na região hidrográfica Atlântico Sudeste e apresenta-se como um dos principais rios da região (ANA, 2014). Sua bacia (Figura 1) tem uma área aproximada de 62.074 km², sendo 14.510 km² no estado de São Paulo, 26.851 km² no estado do Rio de Janeiro e 20.713 km² no estado de Minas Gerais (CEIVAP, 2014).

Segundo Carvalho et al. (2007), o rio Paraíba do Sul “é considerado um rio federal, ou seja, sob domínio da União, resultadoda confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna no Estado de São Paulo maisprecisamente na serra da Bocaina”. Isso se justifica pelo fato de o rio em questão atravessar três estados da Federação.



Figura 1 - Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

Fonte: CEIVAP (2014)

A importância do rio Paraíba do Sul é imensurável, levando em consideração que ao longo de toda a sua bacia pode-se observar o desenvolvimento de várias atividades, tais como: uso doméstico; indústrias; agricultura e geração de energia elétrica.

Conforme previsto no Decreto Federal nº 6.591/ 2008, o rio Paraíba do Sul abastece 184 municípios, sendo 39 localizados no estado de São Paulo, com 1,8 milhão de habitantes atendidos pelas suas águas, 57 municípios no estado do Rio de Janeiro, com 2,4 milhões de habitantes atendidos e 88 municípios em Minas Gerais, com uma população de 1,3 milhão. O volume de água consumido para uso doméstico é de cerca de 64 mil l/s, dos quais 17 mil l/s são para o abastecimento domiciliar da população residente na bacia e 47 mil l/s para o abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro, este último sendo advindo da transposição do Paraíba do Sul para o rio Guandu (HUGUENIN, 2010). Desta forma, o Paraíba do Sul e sua bacia atendem a uma quantidade significativa de habitantes, o que resulta em uma elevada carga de efluentes (IBGE, 2000 apud CEIVAP, 2014).

As atividades industriais (siderúrgica, automobilística, química, etc.) instaladas na bacia do Paraíba do Sul captam um volume de aproximadamente 14 mil l/s de água para seus processos industriais e despejam os seus efluentes no próprio rio. Além disso, algumas vezes essas indústrias causam acidentes, tais como, o derramamento de produtos químicos e tóxicos no leito do rio. Há também as atividades agrícolas que consomem um volume de 30 mil l/s e fazem uso descontrolado de fertilizantes e agrotóxicos acarretando mais impacto ao rio (CEIVAP, 2014; HUGUENIN, 2010).

A geração de energia elétrica é outra atividade econômica inserida na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Nessa atividade as principais usinas hidrelétricas na bacia instaladas no estado de São Paulo são Paraibuna/Paraitinga com potência de 33 MW, Jaguari com 28 MW (CESP) e Santa Branca com 58 MW (LIGHT); no estado do Rio de Janeiro são Funil com 216 MW (FURNAS), Nilo Peçanha com 380 MW, Fontes Nova com 132 MW, Pereira Passos com 100 MW e Ilha Pombos com 187 MW (LIGHT) (CEIVAP, 2014).

2.2 Geração hidroelétrica

Conceitualmente a Eletrobrás Furnas (2012) afirma que uma usina hidroelétrica constitui-se de um conjunto de obras e equipamentos cuja finalidade é a geração de energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio.

Ao contrário das demais fontes renováveis para geração de eletricidade, a geração hidroelétrica representa uma parcela significativa da matriz energética mundial e possui tecnologias de aproveitamento devidamente consolidadas. Atualmente, é a principal fonte geradora de energia elétrica para diversos países e responde por cerca de 17% de toda a eletricidade gerada no mundo (IEA, 2012).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2012a), estão em operação 451 centrais geradoras hidroelétricas (CGH), totalizando 277.679kW, 463 pequenas centrais hidroelétricas (PCH) com 4.640.031kW e 197 usinas hidroelétricas (UHE) totalizando uma potência de 82.205.278kW. Sendo assim, a geração hidroelétrica contribui para 67,4% de

toda a geração de energia elétrica no Brasil. Além disso, há em fase de construção no país um empreendimento de CGH com 848kW, 30 empreendimentos de PCH com 328.073kW e seis UHE num total de 14.008.300kW.

A predominância da geração hidroelétrica no Brasil se dá em função de vários aspectos, mas o principal é o potencial das bacias hidrográficas brasileiras (TOLMASQUIM, 2012).

A energia hidráulica (E_p) é proporcional à vazão volumétrica de água (V) e ao desnível (h) existente ao longo do curso do rio, conforme a Equação 1 (MARQUES, 2006).

$$E_p = \rho \cdot g \cdot V \cdot \Delta h \tag{1}$$

Onde:

E_p = energia hidráulica (J = N.m);

ρ – densidade da água (1.000kg/m³);

g – aceleração da gravidade (9,8 m/s²);

V – vazão volumétrica de água (m³/s);

h – altura disponível da queda (m).

De acordo com Tiago Filho (2007), a queda (h) desejável para um dado aproveitamento hidroelétrico pode ser alcançada de três formas:

- natural, quando o desnível está concentrado numa cachoeira;
- barragem, quando pequenos desníveis são concentrados na altura da barragem;
- desvio do rio de seu leito natural, concentrando-se os pequenos desníveis nesse desvio.

| 38 |

Segundo Borges Neto e Carvalho (2012), as usinas hidroelétricas podem ser de acumulação, a fio d'água e reversíveis. Nas usinas de acumulação, a água é armazenada de forma a permitir o uso mais constante de uma vazão média superior à média natural do rio. Já as usinas a fio d'água operam sem reservatórios e utilizando a vazão primária do rio. Por fim, as reversíveis são usinas que geram eletricidade para satisfazer uma demanda máxima e para isso, necessitam de bombeamento de um represamento de um canal de fuga para um reservatório a montante.

A geração hidroelétrica consiste em conversões de energia. A Figura 2 demonstra um esquema típico de uma hidroelétrica contendo barragem, onde esta produz energia elétrica a partir da energia potencial hidráulica (Equação 1) contida em uma represa.

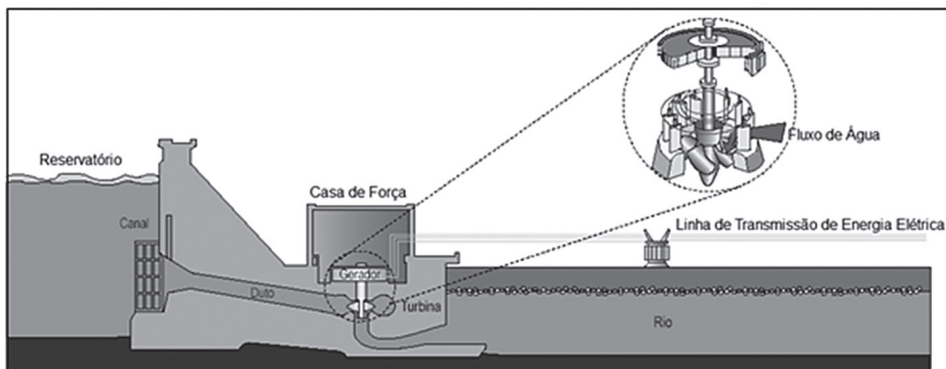


Figura 2 - Esquema do arranjo típico de uma Hidroelétrica.

Fonte: Adaptado de ANEEL (2014b)

Neste esquema, a água é represada, por meio de uma barragem, logo em seguida a mesma entra em um duto (tubulação forçada) e neste momento a energia potencial hidráulica é transformada em cinética. Logo em seguida, a água alcança a turbina¹, que por sua vez, entra em movimento rotativo e conseqüentemente, aciona o eixo do gerador de elétrico. Após a produção de potência elétrica (tensão e corrente elétrica) pelo gerador, esta energia produzida é enviada para um transformador que eleva a níveis predeterminados para conexão ao Sistema Elétrico Nacional (SIN) ou em pequenas aplicações na utilização direta da eletricidade em residências, vilas ou fazendas. Após a água passar pela turbina, a mesma retorna ao rio pelo canal de fuga. Todos os equipamentos elétricos e mecânicos da hidroelétrica ficam instalados em uma construção chamada de casa de força (BRAGA JÚNIOR; SALECKER, 1999).

A capacidade de geração das UHE está balizada basicamente em quatro conceitos: potência gerada; energia firme; garantia física (energia assegurada); e energia armazenada.

De acordo com Oliveira et al. (2009), a potência gerada em uma usina hidrelétrica para cada estágio é determinada através da Equação 2.

$$PG_i^t = \rho_i^t \cdot Q_t^t \quad (2)$$

Sendo,

PG_i^t = potência gerada em uma usina i , durante um estágio t (MW);

ρ_i^t = produtividade da usina i , no estágio t (MW.mês/hm³);

Q_t^t = volume turbinado na usina i , durante o estágio t (hm³/mês).

A energia firme referente a uma usina hidrelétrica, segundo a ANEEL (2014c), “corresponde à máxima produção contínua de energia que pode ser obtida, supondo a ocorrência da sequência mais seca registrada no histórico de vazões do rio onde ela está instalada”. Sendo assim, o MME (2014) descreve a Equação 3 para mensurar a energia firme.

$$E_F = 0,0088 \cdot H_{LM} \cdot Q_{LM} \quad (3)$$

Onde,

E_F – energia firme de uma usina (MW);

H_{LM} – queda líquida média (m);

Q_{LM} – vazão líquida média do período crítico (m³/s).

0,0088 – coeficiente correspondente ao produto da massa específica da água (1.000kg/m³), pelos rendimentos da turbina (0,93) e do gerador (0,97), pela aceleração da gravidade (9,81m/s²) e pelo fator 10⁻⁶ que permite expressar a energia em MW médios.

A garantia física ou energia assegurada é descrita de acordo com ANEEL (2014d) como:

Montante, em MW médios, correspondente à quantidade máxima de energia relativa à Usina que poderá ser utilizada para comprovação de atendimento de carga ou comercialização por meio de contratos, estabelecido na forma constante da Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008.

Já a definição de energia armazenada é descrita pela ABRADÉE (2014) como: “energia

¹ Tem o objetivo de transferir a energia cinética da água na tubulação forçada em energia mecânica no eixo do alternador. A escolha da velocidade de rotação da turbina depende da potência nominal, altura da queda, tipo de turbina e do tipo de alternador. Os tipos de turbinas mais utilizadas são: Pelton, Francis, Banki e Kaplan. (BRAGA JÚNIOR; SALECKER, 1999).

potencialmente disponível nos reservatórios das hidroelétricas, cujo cálculo considera o volume de água armazenado e a capacidade de geração da usina.”

3 Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, adotou-se uma pesquisa exploratória dos fatos referentes aos impactos da nova proposta de transposição no rio Paraíba do Sul.

A hipótese levantada no estudo é que a nova transposição no Paraíba do Sul proposta pelo estado de São Paulo pode afetar a geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro.

A metodologia consistiu na revisão de literatura para caracterizar o perfil da geração de energia elétrica do estado do Rio de Janeiro, compreender a proposta de transposição do Paraíba do Sul solicitada pelo estado de São Paulo e os impactos dessa transposição nas hidroelétricas instaladas no rio Paraíba do Sul em território fluminense.

Para verificar a situação atual do rio Paraíba do Sul no que tange à geração hidroelétrica, analisou-se o comportamento do sistema hidráulico do mesmo no trecho compreendido entre as UHE de Paraibuna (SP), Santa Branca (SP), Jaguari (SP) e Funil (RJ), a partir de dados do boletim de monitoramento dos reservatórios do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul da Agência Nacional das Águas (ANA) e também dados referentes ao acompanhamento diário da operação hidroenergética do Sistema Interligado Nacional (SIN) realizado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) no mesmo trecho.

| 40 |

4 Resultados e Discussão

4.1 A geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro

A geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro contribui com 7,01% na geração de eletricidade do Brasil, sendo a matriz elétrica fluminense distribuída conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição da matriz para geração de energia elétrica no estado do Rio de Janeiro

Tipo	Quantidade	Potência Fiscalizada (kW)	%
Central Geradora Hidroelétrica	13	7.564	0,08
Eólica	1	28.050	0,31
Pequena Central Hidroelétrica	23	301.040	3,32
Usina Fotovoltaica	13	412	0,00
Usina Hidroelétrica	9	1.371.699	15,14
Usina Termoelétrica	63	5.359.980	59,17
Usina Termonuclear	2	1.990.000	21,97
Total	124	9.058.745	100,00

Fonte: ANEEL (2014)

Observando a Tabela 1, nota-se que 59,17% da energia elétrica produzida no estado é originária de usinas termoelétricas (UTE), em seguida, por usinas termonucleares (UTN) (Angra I e Angra II) que contribuem com 21,97% da matriz e com 18,54% encontra-se a geração hidroelétrica (incluindo as Centrais Geradoras, Pequenas Centrais e Usinas hidroelétricas).

Comparativamente, a matriz elétrica fluminense é inversa à matriz elétrica brasileira. Nota-se que a predominância na geração elétrica brasileira é por hidroelétricas ao contrário do estado do Rio de Janeiro, que se fundamenta em usinas térmicas (Figura 3).

Do ponto de vista ambiental e mais especificamente no processo de geração de energia elétrica, a matriz do estado do Rio de Janeiro pode ser considerada “suja”, haja vista que os combustíveis utilizados pelas usinas térmicas fluminenses são oriundos de combustível fóssil (gás natural) e material radioativo (urânio).

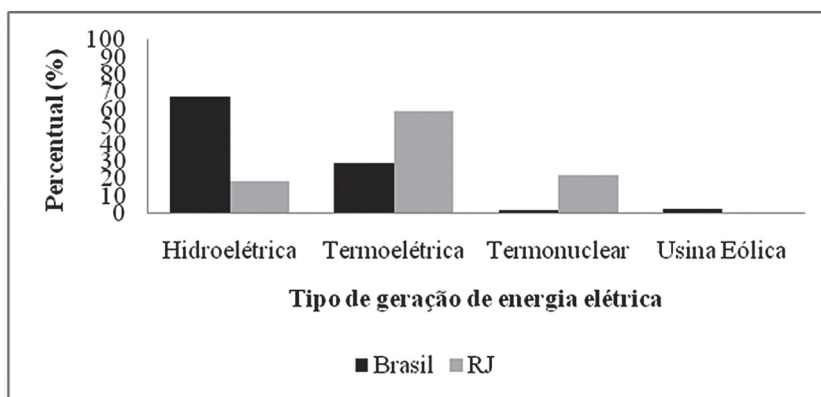


Figura 3 - Comparativo, em percentual, entre a matriz elétrica brasileira e a matriz elétrica do estado do Rio de Janeiro

Fonte: elaborado pelo autor

Dentre os empreendimentos hidroelétricos instalados no estado, percebe-se que há predominância de usinas hidroelétricas (nove unidades), que totalizam 15,14% da matriz fluminense, sendo estas usinas descritas na Tabela 2 com suas respectivas potências, destino da energia, proprietário, municípios e rios em que estão instalados os empreendimentos.

Tabela 2 - Capacidade de geração hidroelétrica no estado do Rio de Janeiro (continua)

Usina	Potência Outorgada (MW)	Destino da energia	Proprietário	Município	Rio
Fonte Nova	130,3	Serviço Público	100% para Light Energia S/A	Piraí/RJ	Piraí
Ilha dos Pombos	187,17	Serviço Público	100% para Light Energia S/A	Além Paraíba/MG Carmo/RJ	Paraíba do Sul
Nilo Peçanha	378,42	Serviço Público	100% para Light Energia S/A	Piraí/RJ	Piraí
Pereira Passos	99,11	Serviço Público	100% para Light Energia S/A	Piraí/RJ	Lajes

Tabela 2 - Capacidade de geração hidroelétrica no estado do Rio de Janeiro (conclusão)

Usina	Potência Outorgada (MW)	Destino da energia	Proprietário	Município	Rio
Rosal	55	Serviço Público	100% para Rosal Energia S/A	Bom Jesus do Itabapoana/RJ Guaçuí/ES São José do Calçado/ES	Itabapoana
Vigário (Elevatória/Potência de bombeamento 90.820 kW)	0	Serviço Público	100% para Light Energia S/A	Pirai/RJ	Pirai
Funil	216	Serviço Público	100% para Furnas Centrais Elétricas S/A	Itatiaia/RJ Resende/RJ	Paraíba do Sul
Santa Cecília (Elevatória/Potência de bombeamento 34.960 kW)	0	Serviço Público	100% para Light Energia S/A	Barra do Pirai/RJ	Paraíba do Sul
Simplicio	305,7	Produção Independente de Energia	100% para Furnas Centrais Elétricas S/A	Além Paraíba/MG Chiador/MG Sapucaia/RJ Três Rios - RJ	Paraíba do Sul

Fonte: ANEEL (2014)

Vale ressaltar que, de acordo com dados da ANEEL (2104e), as Usinas de Vigário e Santa Cecília não estão gerando eletricidade e servem apenas de sistema para elevação de água.

Outro fato é que dentre os nove empreendimentos em operação, três estão diretamente instalados no rio Paraíba do Sul e com capacidade total de 708,87 MW, sendo Funil a primeira UHE no trecho fluminense do rio Paraíba do Sul tomando como referência da nascente do rio para a sua foz (Figura 4).

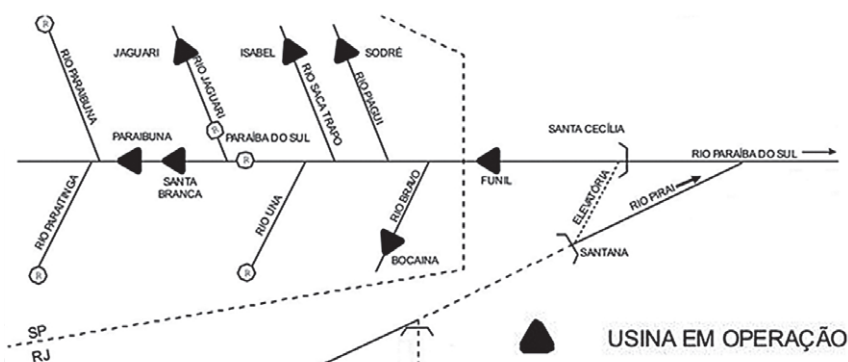


Figura 4 - Mapa topológico das usinas hidroelétricas instaladas na bacia do rio Paraíba do Sul próximo à divisa dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro

Fonte: CEIVAP (2014)

4.2 A proposta de transposição do rio Paraíba do Sul

Desde o segundo semestre do ano de 2013, a região Sudeste do país vem enfrentando uma escassez de chuva. Essa redução abrupta afetou drasticamente os rios e reservatórios que abastecem

o estado de São Paulo e a região metropolitana da capital.

Os reservatórios mais afetados são o sistema Cantareira, que atualmente encontra-se com 13% do volume armazenado, e o sistema Alto Tietê com 18% do volume armazenado (Sabesp, 2014).

Neste contexto, o estado de São Paulo, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e municípios do estado vêm buscando alternativas para o problema posto, tais como:

- Sabesp – captação de água do volume morto dos reservatórios (Figura 5).
- Sabesp – sistema de bonificação de 30% de desconto na conta de água para os clientes que alcançarem uma redução de 20% no seu consumo.
- Em Tambaú – a prefeitura está multando em um salário mínimo os moradores que desperdiçarem água com atividade de lavar calçadas ou carros, por exemplo.
- E em algumas cidades – a prefeitura está perfurando poços, instalando adutoras, realizando bombeamento e construindo reservatórios para evitar o desabastecimento.



Figura 5 - Retirada de água do volume morto em represa do Sistema Cantareira em Joanópolis

Fonte: Canal de notícias G1

No entanto, a alternativa mais polêmica proposta para mitigar a crise hídrica do sistema Cantareira consiste em construir mais uma transposição no rio Paraíba do Sul no trecho em que o mesmo atravessa o estado de São Paulo.

Alternativas de transposição do rio Paraíba já constavam em 2008 no Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista. Tal plano tinha como objetivo “definir as futuras soluções para o abastecimento de toda a região, consistindo em um planejamento estratégico que, tendo como horizonte o ano de 2035, reveste-se de caráter essencial ao processo de desenvolvimento econômico regional” (AGEVAP, 2010).

Segundo a AGEVAP (2010), o Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo, realizado em 2008, chegou a estudar três concepções para o

aproveitamento das águas da bacia do rio Paraíba do Sul visando ao abastecimento da região metropolitana de São Paulo. Tais concepções eram compostas por uma transposição para o Sistema Produtor Cantareira e outras duas para o Sistema Produtor Alto Tietê (todas as alternativas, foram consideradas vazões de transferência de 5 e 10 m³/s), sendo:

- A transferência para o Sistema Produtor Cantareira, com captação em um dos braços da represa Jaguari, entre os afluentes Ribeirão da Boa Vista e Ribeirão das Palmeiras, através de uma Estação Elevatória.
- Uma captação no rio Paraíba do Sul, no município de Guararema, com lançamento final na represa de Biritiba, após passagem por trecho do rio Tietê e pela elevatória da Sabesp existente no local.
- E outra captação na represa Paraibuna, com lançamento na represa de Ponte Nova.

Atualmente, com o agravamento da estiagem no estado de São Paulo e a crise hídrica do sistema Cantareira o governo de estadual paulista propôs a construção de um novo de sistema de transposição no Paraíba do Sul, conforme a Figura 6.



Figura 6. Local destinado à proposta de transposição do rio Paraíba do Sul no estado de São Paulo.

Fonte: COMITÊ... (2014)

4.3 Os impactos da crise hídrica do estado de São Paulo na geração hidroelétrica fluminense

Analisando os dados referentes às vazões dos reservatórios de Paraibuna e Santa Branca (Figuras 7 e 8 respectivamente), observa-se que os mesmos estão com as vazões de afluência menores que de defluência, ou seja, não estão conseguindo acumular água e desta forma, as vazões de defluência estão decaindo, prejudicando diretamente os reservatórios que estão a jusante.

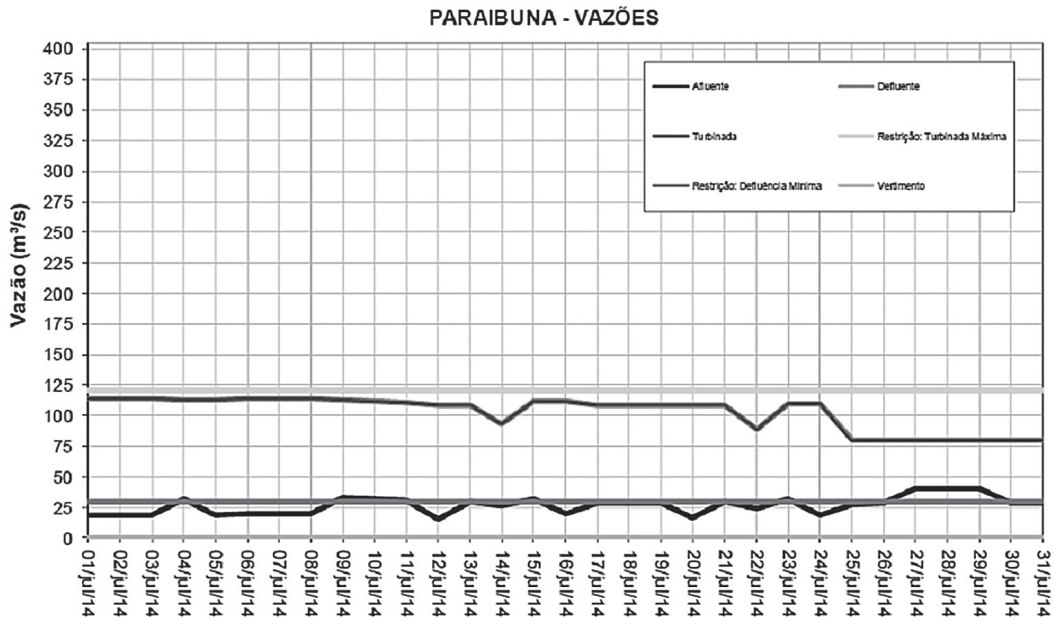


Figura 7 - Vazões no reservatório de Paraibuna no período de julho de 2014

Fonte: ANA

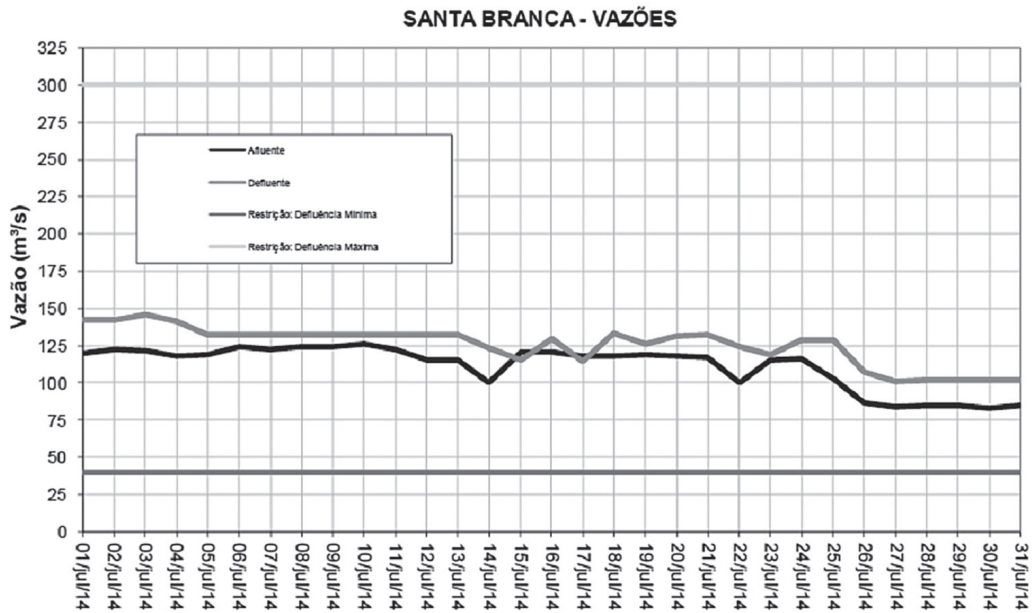


Figura 8 - Vazões no reservatório de Santa Branca no período de julho de 2014

Fonte: ANA

Outro fato é que, devido à estiagem ocorrida nos últimos anos, o volume acumulado no reservatório de Santa Branca está com 35% do volume esperado para o período ratificando a redução das vazões para os reservatórios a jusante.

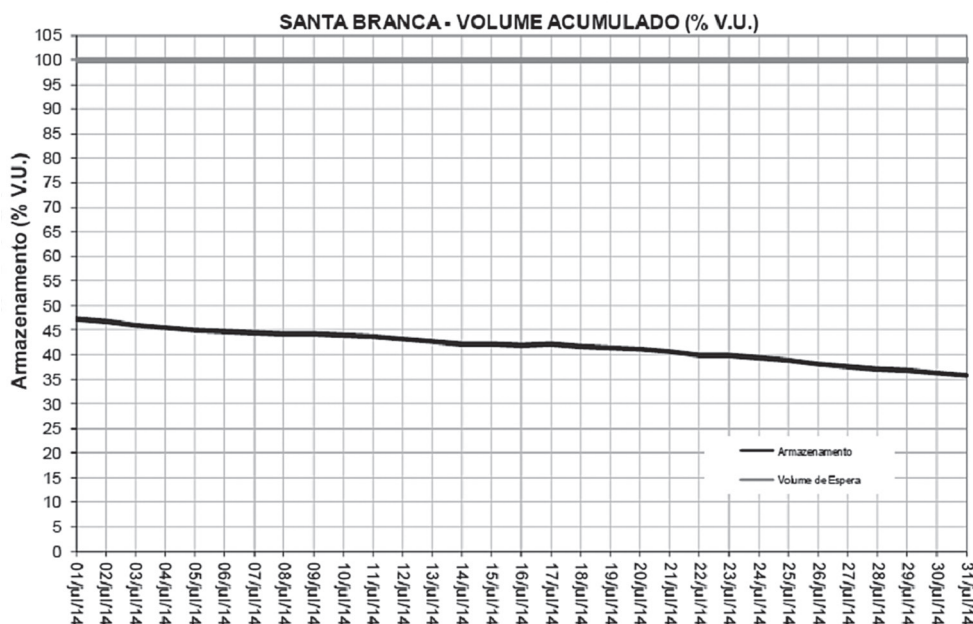


Figura 9 - Volume acumulado no reservatório de Santa Branca no período de julho de 2014
 Fonte: ANA

46

Desta forma, os dados do acompanhamento diário da operação hidroenergética do SIN no dia 14 de agosto de 2014 (Figura 10) mostram que, em função das reduções de vazão ocorridas nos últimos dias nos reservatórios instalados no rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo, há também uma redução na vazão afluente do reservatório do Funil, que por sua vez, está sendo obrigado a manter uma vazão defluente maior que a afluente para atender as demandas dos outros reservatórios localizados no estado do Rio de Janeiro.

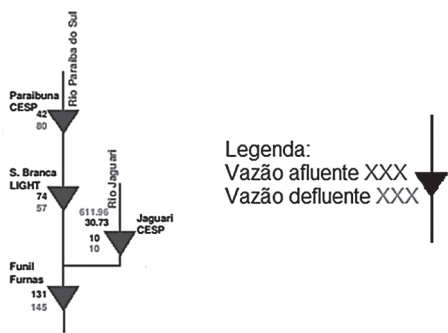


Figura 10 - Vazões de afluência e defluência das UHE de Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil observadas no acompanhamento diário da operação hidroenergética do SIN no dia 14 de agosto de 2014
 Fonte: ONS (2014)

A atual operação da UHE do Funil descrita pela Figura 10 vem conduzindo a usina para a redução de sua energia potencial (E_p), pois a mesma está intimamente ligada à vazão volumétrica de água

(m^3/s), conforme a Equação 1. Essa redução da energia potencial irá influenciar no volume turbinado da usina (Q_t^i) e consequentemente na potência elétrica gerada (PG_t^i), de acordo com a Equação 2.

5 Considerações finais

Nas discussões referentes à transposição do rio Paraíba do Sul no estado de São Paulo fica evidente a preocupação com o abastecimento de água para a população ao longo do rio, ficando as questões relacionadas à geração hidroelétrica como secundárias.

Tal preocupação se justifica porque os sistemas de abastecimento de água do estado de São Paulo estão operando na sua reserva técnica e a nova transposição no rio impactará no estado fluminense, onde o rio Paraíba do Sul abastece atualmente cerca de 9,45 milhões de habitantes, além de 37 municípios ao longo dos seus 500 km dentro do estado. Além disso, a nova transposição poderá comprometer o futuro abastecimento de água para aproximadamente 16 milhões de habitantes em projeções para 2035 (IFF, 2014).

Entretanto, a geração hidroelétrica é um fator chave para o desenvolvimento econômico do estado e do país, pois, com a redução do potencial hidroelétrico, a substituição é feita com geração termoeétrica, que utiliza combustíveis fósseis (gás natural, óleo, etc.) e agravam ainda mais os problemas relacionados à intensificação de gases que contribuem para o efeito estufa (CO_2 , CH_4 , O_3 , N_2O , etc.).

A diminuição na geração das UHE também se traduz em redução dos *royalties* pagos aos municípios onde as usinas estão instaladas.

O estudo mostra que há uma dependência direta entre o volume de água armazenada e a vazão do rio Paraíba do Sul e, consequentemente, qualquer ação natural ou antrópica que venha reduzir drasticamente a vazão deste rio irá impactar negativamente no armazenamento de água para as UHE fluminenses instaladas no rio Paraíba do Sul.

Além disso, caso haja a transposição no estado paulista, não somente as UHE fluminenses terão sua geração de eletricidade reduzida, mas também as UHE de Paraíba e Santa Branca serão impactadas no seu potencial de geração.

Para rebater a transposição e mitigar os problemas relacionados ao desabastecimento de água e também a redução da geração hidroelétrica no rio Paraíba do Sul, o poder público, instituições, produtores rurais e demais membros da sociedade deveriam trabalhar no uso racional da água, na recuperação das matas ciliares e áreas de preservação permanente, conforme vêm fazendo os municípios de Camanducaia e Extrema (IRRIGART, 2008). Tais ações podem contribuir para eliminar a possibilidade de uma nova transposição do rio Paraíba do Sul.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013*. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informações da Geração – Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em: 24 jun. 2014a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas da energia elétrica do Brasil. 3.ed. Disponível em:<<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2014b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Cadernos temático ANEEL – energia assegurada*. 3.ed. Disponível em:<<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2014c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Glossário. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/glossario.cfm?att=G>>. Acesso em: 26 jun. 2014d.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Banco de informações da geração – capacidade de geração no Estado*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/CapacidadeEstado.cfm?cmbEstados=RJ:RIO%20DE%20JANEIRO>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. Glossário do setor elétrico. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/glossario-do-setor-eletrico>>. Acessado em: 26 jun. 2014.

BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. *Geração de energia elétrica – fundamentos*. São Paulo: Érica, 2012. 158p.

BRAGA JÚNIOR., R. A.; SALECKER, J. C. *Mimi e Micro Centrais Hidroelétricas*. Londrina: UEL, 1999. 68p.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas. Edição 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2009/09_Setembro/Manual_de_Inventario_Edixo_2007.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2014.

BRASIL. Decreto nº 6.591, de 1º de outubro de 2008. Altera a denominação do Comitê instituído pelo Decreto no 1.842, de 22 de março de 1996, e acresce parágrafo único ao seu art. 1º. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6591.htm>. Acesso em: 30 jun. 2014.

CARVALHO, A. M. et al. Programa de sensibilização da sociedade civil sobre o uso e preservação de águas do Rio Paraíba do Sul no município de Campos dos Goytacazes/RJ. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v.1 n.2, p. 55-63, 2007.

CEIVAP. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. *Dados gerais*. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/populacao.php>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

COMITÊ é contra transposição *Jornal O Diário*. Disponível em: <<http://www.odiariodecampos.com.br/comite-e-contra-transposicao-9934.html>>. Acessado em: 30 jun. 2014.

DECISÃO do comitê do baixo Paraíba do Sul e Itabapoana acerca da redução de vazões de chegada

na transposição de Santa Cecília. Disponível em: <http://portal.iff.edu.br/campus/upea/arquivos/docs-2014/Nota_Tecnica_CTRHEH_redacao_final%20transposicao%20orio%20Paraiba%20do%20Sul-%20-1.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2014.

ELETROBRÁS. *Manual de Metodologia - Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas – versão 3.2*. Disponível em: <<https://www.elektrobras.com/ELB/.../FileDownload.EZTsvc.asp?>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

ELETROBRÁS FURNAS. *Sistema Eletrobrás FURNAS de geração de transmissão – Parque Gerador: Usina Hidrelétrica*. Disponível em: <http://www.furnas.com.br/hotsites/sistema/furnas/usina_hidr_funciona.asp>. Acesso em: 24 jun. 2014.

HUGUENIN, F. P. S. O rio, o homem, o drama. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 4 n. 1, p. 11-36, 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Statistics and Balances. Disponível em: <<http://www.iea.org/stats/index.asp>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

IRRIGART. Plano diretor de recursos hídricos bacia Piracicaba/Jaguari 2008/2009. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/planos_diretores_BH/piracicaba-e-jaguari.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2014.

MARQUES, M. et al. *Conversão de Energia: eficiência energética de equipamentos e instalações*. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 597p.

OLIVEIRA, E. J. et al. Influência da variação da produtividade das usinas hidrelétricas no cálculo da energia firme. *Revista Controle & Automação*, v.20, n.2, p. 247-255, 2009.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Situação dos mananciais. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

TIAGO FILHO, G. L. *Micro centrais Hidroelétricas*. Itajubá: FAPEPE: CERPCH, 2007. 30p. (Série energias renováveis).

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. *Revista Estudos Avançados [online]*, v. 26, n.74, p. 247-260, 2012. ISSN: 0103-4014.