

ESTUDO DE IMPACTO NA GERAÇÃO DE ENERGIA NO RESERVATÓRIO FRANÇA: uma aplicação do módulo de energia do SSD AcquaNet

Alexandre Nunes Roberto¹; Arisvaldo Vieira Mello Jr.²; Rubem La Laina Porto³

RESUMO --- Neste artigo é apresentada uma aplicação do módulo de energia do SSD AcquaNet com o objetivo de analisar o impacto na geração de energia no reservatório França com a retirada de uma vazão de 4,7 m³/s para abastecimento público e também com a mudança do nível mínimo do reservatório da cota 623 m para a cota 630 m.

ABSTRACT --- This paper presents an application of the AcquaNet SSD's power module that analyses the energy generation impact in França reservoir caused by the withdraw of 4.7m³/s flow for public supply and also by the change in the minimum water level from elevation 623 m to elevation 630 m.

Palavras-chave: geração de energia, SSD AcquaNet, reservatório França

¹ Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos, Engenheiro do Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP, Av. Professor Almeida Prado, 271, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil, (11) 30915403, E-mail: nunesanr@gmail.com

² Professor Doutor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP, Coordenador do Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP, Av. Professor Almeida Prado, 271, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil, (11) 30915403, E-mail: arisvaldo@usp.br

³ Professor Doutor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP, Coordenador do Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP, Av. Professor Almeida Prado, 271, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil, (11) 30915549, E-mail: rlporto@usp.br

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Este artigo apresenta o trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo cujo objetivo é analisar o impacto na geração de energia no reservatório França, que pertence ao sistema Juquiá-Guaçu e cuja operação é de responsabilidade da Companhia Brasileira de Alumínio.

No reservatório França o nível de água máximo está na cota 640 m (com volume correspondente a 135,212 Mm³) e o nível mínimo está na cota 623 m (com volume correspondente a 11,212 Mm³). A potência total instalada é de 28 MW e o volume útil é de 124,000 Mm³. A Sabesp pretende retirar uma vazão de 4,7 m³/s para fins de abastecimento público e pretende elevar o nível de água mínimo para a cota 630 m a fim de minimizar os custos com as estruturas hidráulicas para a captação da água.

O objetivo é avaliar o impacto na geração de energia no reservatório França com a mudança da cota do nível de água mínimo para 630 m e com a retirada de uma vazão de 4,7 m³/s.

2 METODOLOGIA

Na análise do impacto na geração de energia no reservatório França foi utilizado o módulo de energia existente no SSD AcquaNet (Porto *et al.* (2003)). No módulo de energia as rotinas de operação de aproveitamentos hidrelétricos do SSD AcquaNet foram aperfeiçoadas para garantir a produção de energias firmes desejadas e levar em conta aspectos econômicos da geração de energia.

O sistema de geração de energia elétrica brasileiro tem sua base fundamentada na geração hidráulica, proveniente de usinas hidroelétricas. A operação das usinas para fins de geração tem o objetivo de satisfazer a demanda por energia e de garantir uma capacidade de reserva a um custo mínimo. Quando estas usinas têm a finalidade de atendimento múltiplo, tais como abastecimento urbano, industrial ou agrícola, e controle de cheia, começam a surgir aspectos conflitantes no uso da água.

Estes conflitos são ainda mais agravados pela característica aleatória das vazões afluentes, e pela sazonalidade das demandas. Estes aspectos certamente influenciarão na capacidade de geração de energia firme, podendo causar profundos impactos na avaliação econômica do projeto.

O módulo de energia tem por objetivo simular a produção de energia firme desejada no sistema proveniente das descargas dos reservatórios, considerando na análise os múltiplos usos da água, as variações das vazões afluentes e a sazonalidade das demandas.

Esquemáticamente, uma usina hidrelétrica é constituída de um barramento para elevação do nível d'água de montante (H) com a criação de uma diferença de potencial em relação ao nível de jusante (H_T). Essa diferença é chamada de queda bruta (H_B) conforme apresentado na Figura 1.

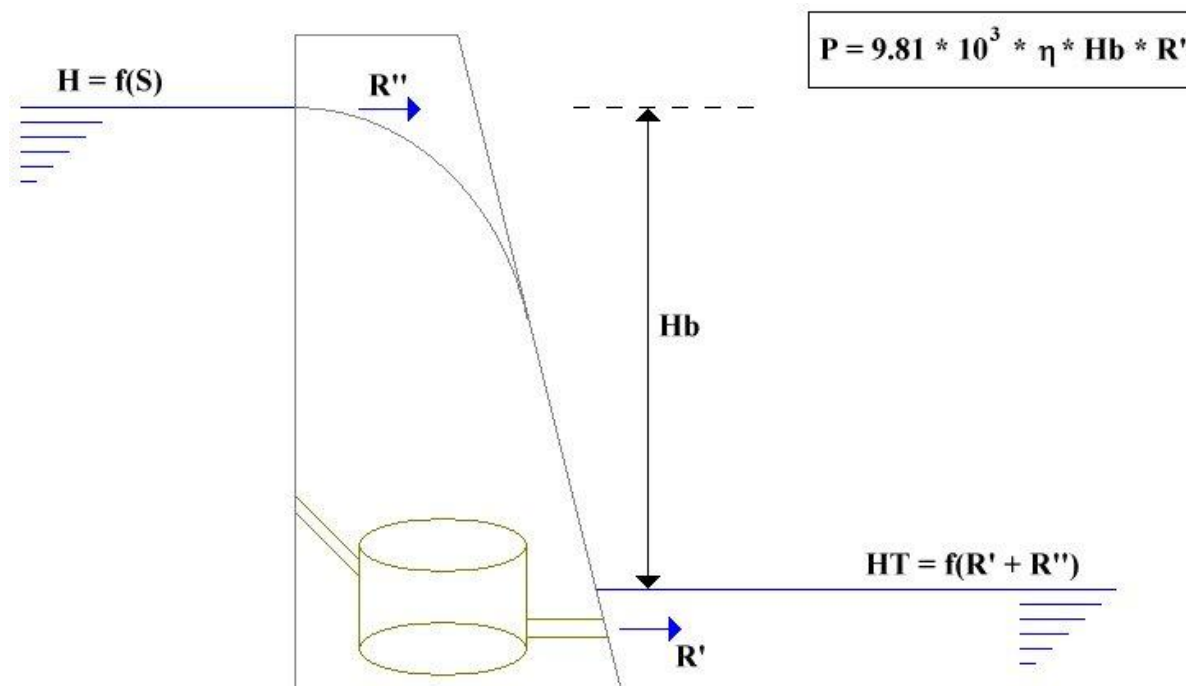


Figura 1 - Esquema de uma usina hidrelétrica

Parte do volume armazenado é direcionado para a turbina para a produção de energia, gerando uma potência (P), constituindo a vazão turbinada (R'). O eventual excedente de água se constituirá na vazão vertida (R'') e será extravasada, não gerando energia. O nível de montante (H) é função do armazenamento (S) e o nível de jusante (H_T) é função da soma das vazões turbinada (R') e vertida (R''). A potência média gerada num intervalo de tempo é expressa em MW médio e é função da queda bruta e da vazão turbinada conforme equação (1).

$$P = p_{ea} * g * \eta * H_b * R' \quad (1)$$

onde:

P = energia média gerada (MW);

p_{ea} = peso específico da água (10^{-3} kg/cm^3);

g = aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$);

η = rendimento médio total da usina considerando os conjuntos turbina-gerador e a perda de carga dos circuitos hidráulicos. Varia em função da queda e da vazão turbinada;

H_b = queda bruta (m);

R' = vazão turbinada (m^3/s).

No módulo de energia, a geração de energia hidrelétrica é calculada de modo a atender uma determinada demanda (vazão turbinada) com uma dada prioridade. Assim, a partir do valor da

potência a ser gerada num determinado intervalo de tempo, é calculada a vazão média a ser turbinada, e pela prioridade dada à geração, é calculado o custo dessa demanda.

Entretanto, diferentemente das outras demandas do sistema, a potência gerada depende da vazão turbinada e da queda bruta, a qual é função dos níveis de montante e jusante que dependem da vazão efluente do reservatório. Assim, a equação (1) pode ser reescrita como:

$$P = 9,81 * 10^3 * \eta * [(H_i + H_f)/2 - HT] * R' \quad (2)$$

onde:

H_i = nível do reservatório no início do intervalo de tempo (m);

H_f = nível do reservatório no final do intervalo de tempo (m);

HT = nível jusante do canal de fuga durante o intervalo de tempo (m).

O rendimento médio (η) é considerado constante no intervalo de tempo, o que é aceitável para intervalos mensais. Como H_f e HT dependem da vazão efluente do reservatório ($R' + R''$) durante o intervalo de tempo, o programa resolve a equação (2) iterativamente até que a diferença da vazão turbinada calculada em dois passos consecutivos seja menor que o erro admissível. Além da equação (2), o programa ainda verifica as seguintes restrições:

- limites da vazão turbinada: $R'_{\min} \leq R' \leq R'_{\max} * ID$
- potência máxima : $P \leq P_{\text{inst}} * ID$

onde:

R'_{\min} e R'_{\max} = turbinagem mínima e máxima das máquinas do reservatório (m^3/s);

P_{inst} = potência instalada da usina (MW);

ID = índice de disponibilidade das máquinas no reservatório.

O índice de disponibilidade (ID) define a potência média disponível no mês, descontadas as horas paradas por manutenção programada ou forçada, e deve ser utilizado para definir a turbinagem e a potência máximas, uma vez que a turbinagem média mensal da usina é reduzida proporcionalmente ao tempo em que as máquinas estiverem paradas. Cabe observar que, no curto prazo, a potência máxima e a turbinagem máxima dependem da queda. Para cada usina hidrelétrica existente no sistema a ser simulado, o usuário deverá fornecer os seguintes dados:

- Tabela cota x volume do reservatório (até 20 pontos);
- Tabela cota x vazão do canal de fuga a jusante do reservatório (até 5 pontos);
- Tabela queda x vazão máxima turbinada (m^3/s) (até 5 pontos);
- Turbinagem mínima (m^3/s);
- Índice de disponibilidade das máquinas;
- Potência instalada (MW);

- Potência a ser gerada (MW) e prioridade para a geração.

2.1 A interface do módulo de energia

2.1.1 Representação gráfica das usinas hidrelétricas

No módulo de energia os reservatórios podem ser definidos como usina hidroelétrica. A forma de representação das usinas na rede traçada é apresentada na Figura 2.



Figura 2 - Representação de uma usina hidrelétrica

2.1.2 Dados das usinas hidrelétricas

Dados do Reservatório Franca

Energia: Prioridade / Potência | Energia: dados para geração

Características físicas | Prioridade / Volume Meta | Vazão natural / Evaporação

Identificação
 Nome do reservatório: Franca

Volumes característicos
 Volume máximo (Mm³): 135.212
 Volume mínimo (Mm³): 11.212
 Volume inicial (Mm³): 86.165

Energia elétrica
 O Reservatório é usina hidroelétrica
 Nó destino da vazão turbinada: JusFranca

Tabela Cota-Área-Volume

Cota (m)	Área (km²)	Volume (Mm³)
610.000	0.000	0.000
620.000	1.007	5.000
623.000	2.333	11.212
624.000	3.028	14.286
625.000	3.722	18.143
626.000	4.296	22.571
627.000	4.870	27.571
628.000	5.444	32.714
629.000	6.018	38.143
630.000	6.592	44.058
631.000	7.096	50.143
632.000	7.600	56.714
633.000	8.103	63.714
634.000	8.607	71.449
635.000	9.111	80.286
636.000	9.615	89.714
637.000	10.118	100.714
638.000	10.622	111.857
640.000	11.629	135.212
642.000	13.928	157.083

Ok Cancelar

Figura 3 - Tela de dados de um reservatório no módulo de energia

Na tela de dados de um reservatório (Figura 3) é possível:

- definir se o reservatório é ou não uma usina hidroelétrica (Figura 4);
- fornecer, em tabelas, os valores da prioridade da geração e da potência mensal desejada (Figura 5);

- fornecer, em campos e tabelas, os dados para geração como, por exemplo, a potência instalada e o número de turbinas (Figura 6).

Energia elétrica

O Reservatório é usina hidroelétrica

Nó destino da vazão turbinada: JusFranca

Figura 4 - Quadro para definir se o reservatório é ou não uma usina hidroelétrica

Características físicas Prioridade / volume meta vazão natural / Evap

Energia: Prioridade / Potência **Energia: dados para geração**

Prioridade da geração

Prioridade

10

Potência mensal desejada (MW)

Ano / Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Ju
1975	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237
1976	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237
1977	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237	17.237

Figura 5 - Valores da prioridade da geração e da potência mensal desejada

Características físicas Prioridade / volume meta vazão natural / Evaporação

Energia: Prioridade / Potência **Energia: dados para geração**

Dados para geração

Potência total instalada (MW) 28.000

Rendimento do conjunto turbina gerador (%) 79.00

Número de turbinas 2

Índice de disponibilidade 0.980

Engolimento mínimo por turbina (m³/s) 7.500

Curva de engolimento máximo da turbina

Queda (m)	Eng. máximo (m³/s)
90.000	28.956
94.000	29.381
98.000	29.814
100.000	29.997
100.202	30.006

Curva-chave de jusante

Cota de jusante (m)	Vazão de jusante (m³/s)
531.000	2.073
531.200	2.422
531.400	3.505
531.701	6.491
532.000	11.093

Figura 6 - Dados para geração de energia elétrica

Os resultados fornecidos pelo módulo de energia estão relacionados às seguintes grandezas: nível d'água nos reservatórios, valor da queda d'água, vazão turbinada pela usina, potência necessária, potência gerada e déficit da potência. Esses resultados podem ser visualizados em forma

de tabelas ou gráficos. Na Figura 7 são mostradas, como exemplo, as curva de permanência para a potência desejada e a potência gerada em uma simulação efetuada no módulo de energia.

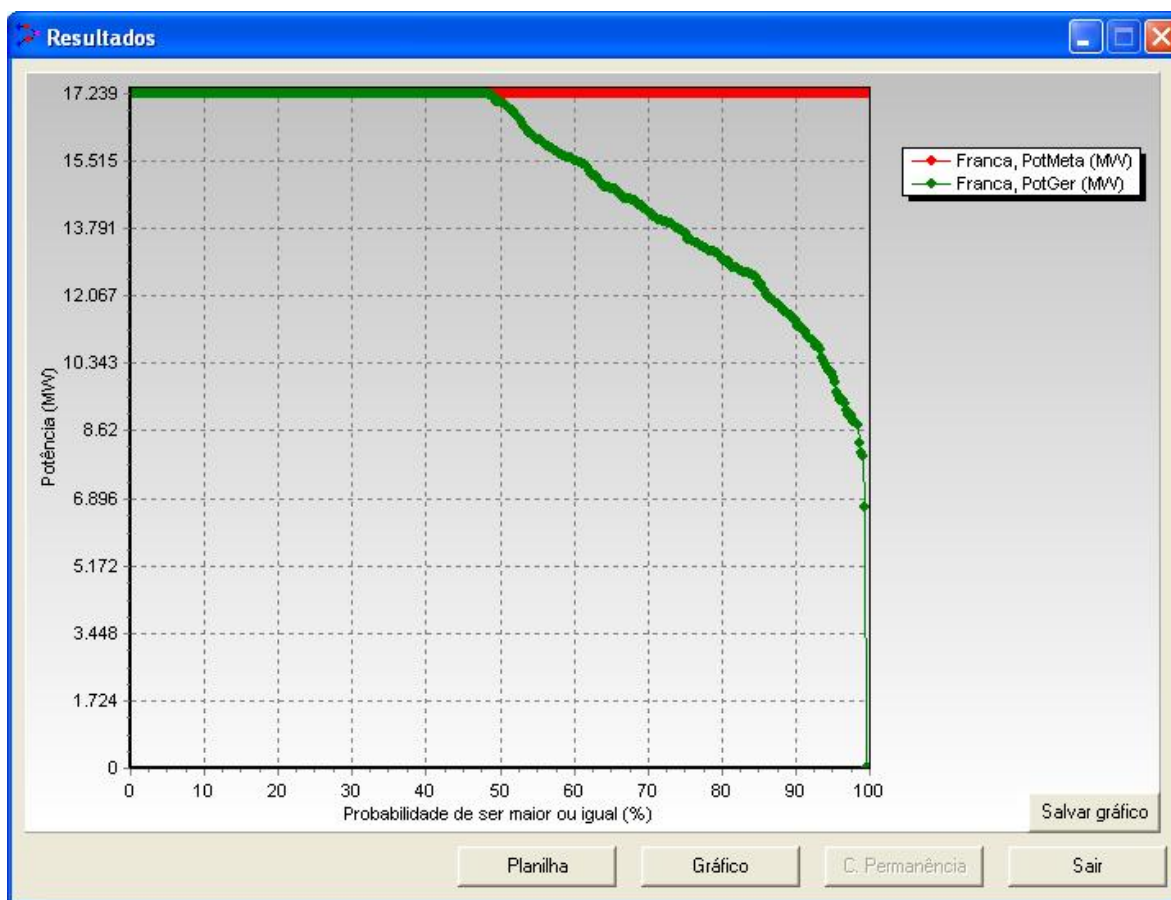


Figura 7 - Exemplo de tela de resultados do módulo de energia

3 DADOS DE ENTRADA

Para que o SSD AcquaNet possa analisar o impacto na geração de energia no reservatório França diversos dados são necessários. Os dados existentes, fornecidos pela Votorantim Energia, são os seguintes:

- valores de vazão turbinada, de 04/1959 à 02/2011;
- valores de vazão vertida, de 01/1975 à 02/2011;
- valores de vazão afluente, de 01/1975 à 02/2011;
- valores do nível mensal, de 04/1959 à 02/2011;
- volumes armazenados no reservatório França para as cotas 623,00 m, 625,00 m, 627,00 m, 630,00 m e 640,00m;
- potência total instalada;
- rendimento do conjunto turbina/gerador;
- número de turbinas;
- índice de disponibilidade;

- engolimento mínimo por turbina;
- potência média mensal objetivo;
- curva cota x área;
- curva cota x volume;
- curva de engolimento máximo da turbina;
- curva chave de jusante.

Para a análise do reservatório França, em relação aos valores de vazão turbinada, vazão vertida, vazão afluente e níveis mensais, foi adotado o período de 01/1975 à 12/2010 (período comum de dados), totalizando 36 anos de simulação.

Os valores da tabela Cota x Área x Volume são apresentados na Tabela 1. Na Tabela 2 são mostrados os valores da curva de engolimento máximo da turbina e, na Tabela 3 são apresentados os valores da curva-chave de jusante.

Tabela 1 - Cota x Área x Volume

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (Mm ³)
610,000	0,000	0,000
620,000	1,007	5,000
623,000	2,333	11,212
624,000	3,028	14,286
625,000	3,722	18,143
626,000	4,296	22,571
627,000	4,870	27,571
628,000	5,444	32,714
629,000	6,018	38,143
630,000	6,592	44,058
631,000	7,096	50,143
632,000	7,600	56,714
633,000	8,103	63,714
634,000	8,607	71,449
635,000	9,111	80,286
636,000	9,615	89,714
637,000	10,118	100,714
638,000	10,622	111,857
640,000	11,629	135,212
642,000	13,928	157,083

Tabela 2 - Curva de engolimento máximo da turbina

Queda (m)	Engolimento máximo (m ³ /s)
90,000	28,956
94,000	29,381
98,000	29,814
100,000	29,997
100,202	30,006

Tabela 3 - Curva chave de jusante

Cota de jusante (m)	Vazão de jusante (m ³ /s)
531,000	2,073
531,200	2,422
531,400	3,505
531,701	6,491
532,000	11,093

Além das tabelas apresentadas anteriormente, os seguintes dados são necessários para que o SSD AcquaNet calcule a produção de energia do reservatório França:

- Potência total instalada: 28,000 MW;
- Rendimento do conjunto turbina gerador: 79,00 %;
- Número de turbinas: 2;
- Índice de disponibilidade: 0,980;
- Engolimento mínimo por turbina: 7,500 m³/s;
- Potência média mensal objetivo: 12583000 kWh = 17,237 MW.

4 VALIDAÇÃO DO SSD ACQUANET

Para verificar se o SSD AcquaNet é adequado para analisar o impacto na geração de energia no reservatório França optou-se por tentar reproduzir, no SSD AcquaNet, o comportamento histórico do reservatório França, com base nos dados enviados pela Votorantim Energia. Para isso utilizou-se como dado de entrada a série de vazões afluentes e foi imposto que o reservatório França deveria respeitar os níveis fornecidos. Nessa condição foi verificado se o SSD AcquaNet consegue manter os níveis desejados e quais os valores fornecidos pelo SSD AcquaNet como vazão efluente (vazão turbinada + vazão vertida). Com esse objetivo foi construída no SSD AcquaNet, a rede representativa do problema em estudo (Figura 8).

Na rede apresentada na Figura 8 a demanda “Abastecimento” apresenta valor de retirada zero porque a retirada de 4,7 m³/s para fins de abastecimento público pela Sabesp ainda não foi implementada.

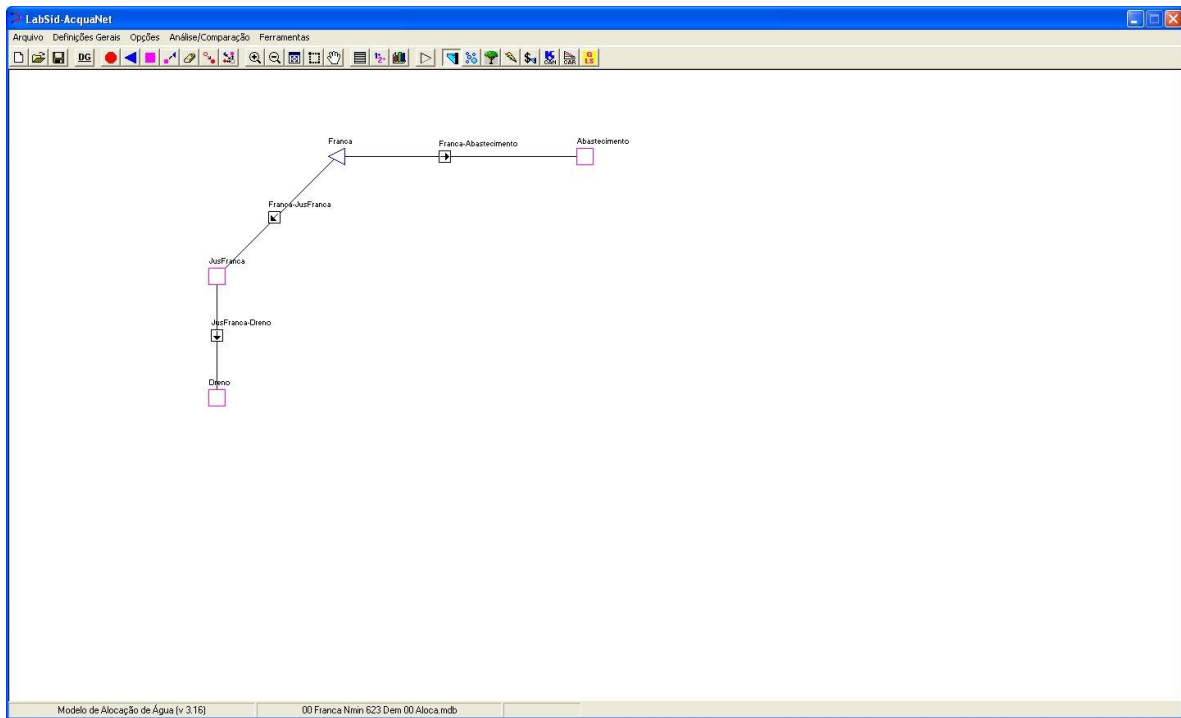


Figura 8 - Rede representativa do problema no SSD AcquaNet

Nos dois gráficos a seguir são apresentadas as comparações entre os valores históricos e os resultados fornecidos pelo SSD AcquaNet, tanto para os volumes (Figura 9) quanto para a vazão efluente (Figura 10).

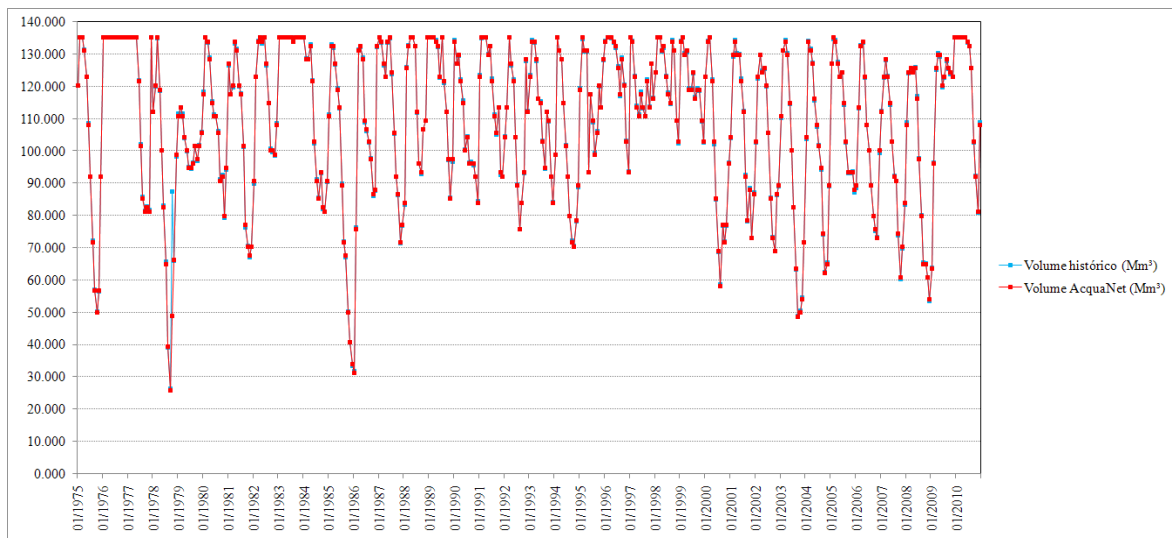


Figura 9 - Comparação entre o volume histórico e o volume fornecido pelo SSD AcquaNet

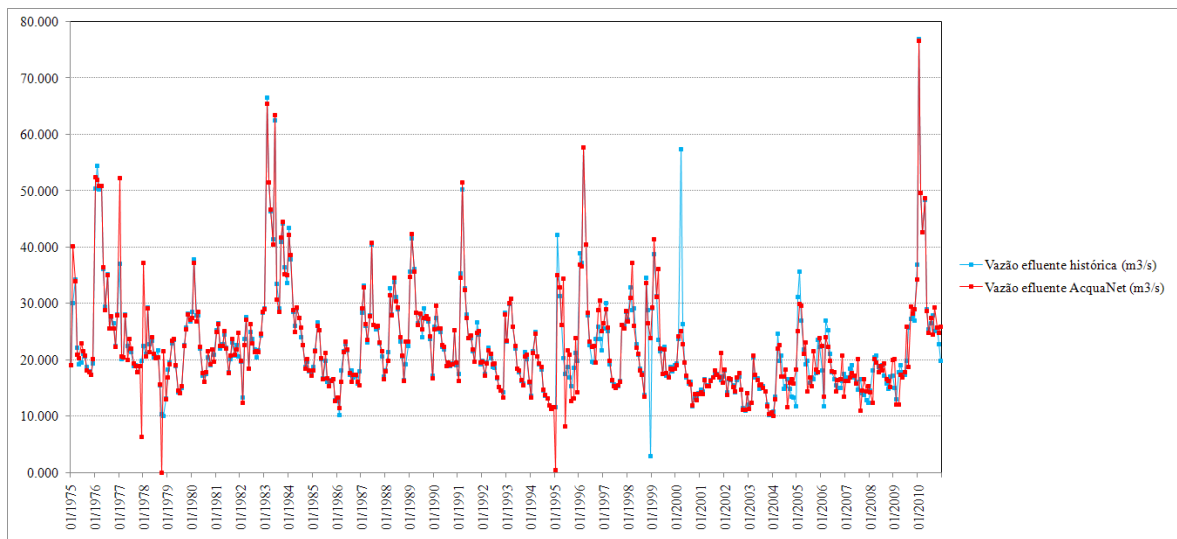


Figura 10 - Comparação entre a vazão efluente histórica e a vazão efluente fornecida pelo SSD AcquaNet

No gráfico apresentado na Figura 11 é mostrada a correlação entre os volumes históricos e os volumes fornecidos pelo SSD AcquaNet.

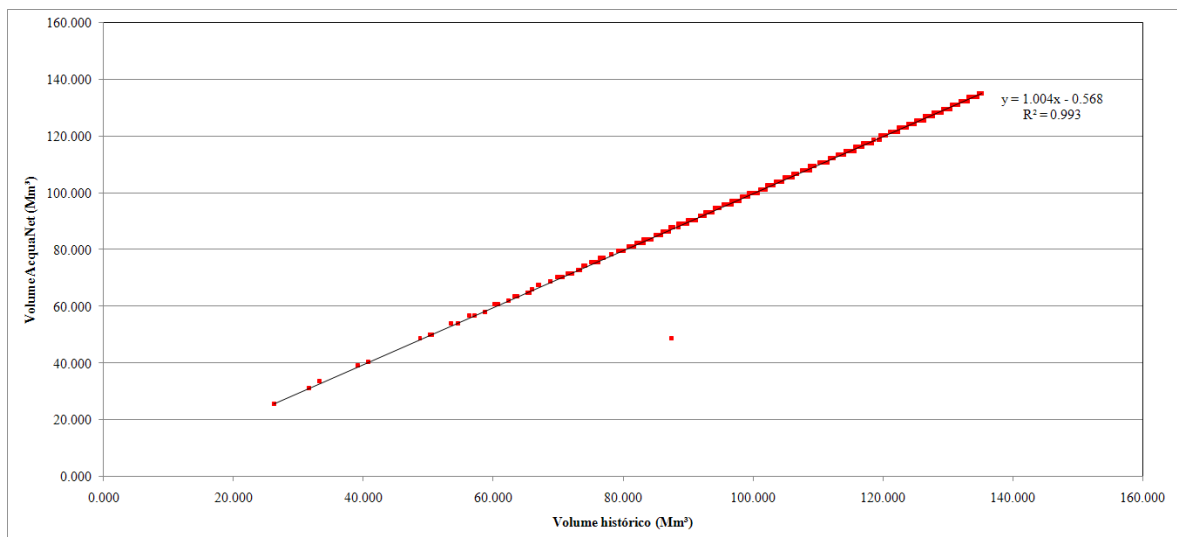


Figura 11 - Correlação entre os volumes históricos e os volumes fornecidos pelo SSD AcquaNet

Finalmente no gráfico apresentado na Figura 12 é mostrada a correlação entre as vazões efluentes históricas e as vazões efluentes fornecidas pelo SSD AcquaNet.

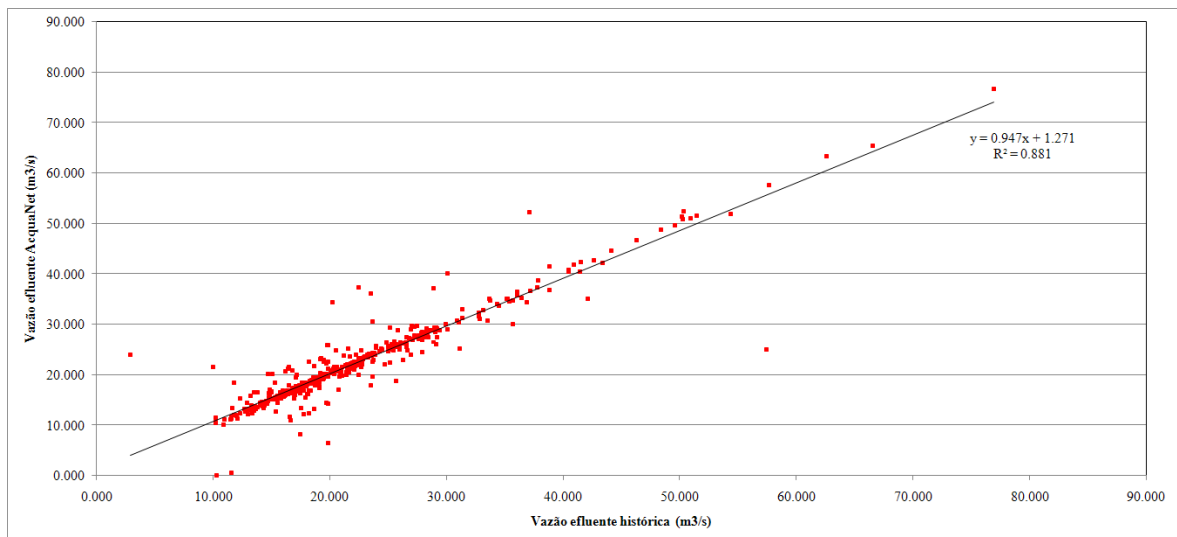


Figura 12 - Correlação entre as vazões efluentes históricas e as vazões efluentes fornecidos pelo SSD AcquaNet

Analisando-se os gráficos apresentados é possível afirmar que o SSD AcquaNet reproduziu de maneira satisfatória o comportamento histórico do reservatório França, tanto em relação aos volumes armazenados quanto em relação às vazões efluentes, indicando que o SSD AcquaNet pode ser aplicado no presente estudo.

5 IMPACTO NA GERAÇÃO DE ENERGIA

Neste capítulo será apresentado o estudo do impacto na geração de energia no reservatório França quando a Sabesp passar a retirar $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$ para abastecimento urbano e com a mudança do nível mínimo de operação do reservatório França da cota 623 m para a cota 630 m. Para isso foi construída no SSD AcquaNet, no módulo de energia, a rede apresentada na Figura 13.

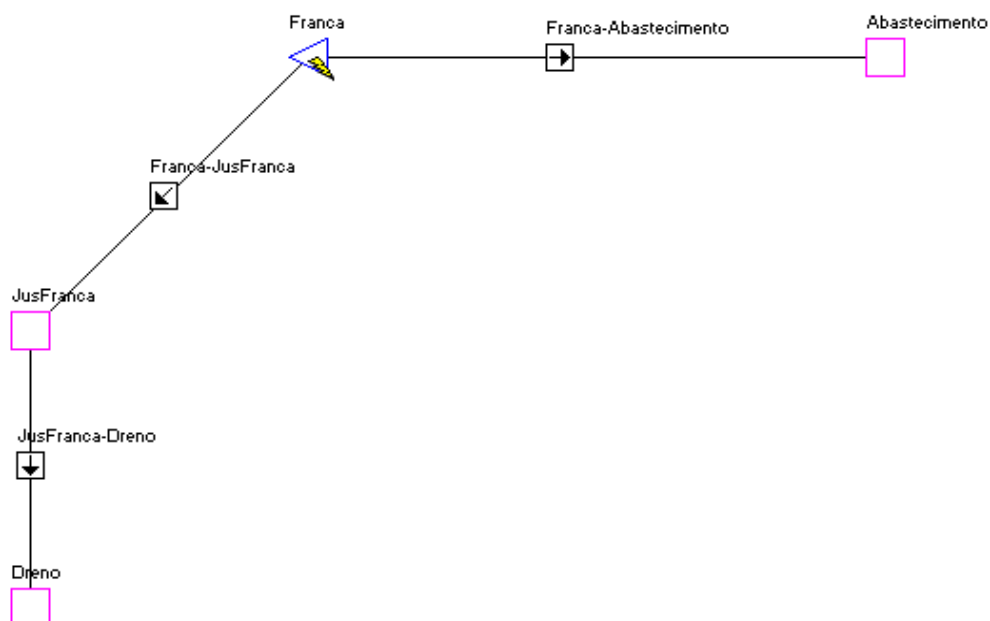


Figura 13 - Rede AcquaNet no módulo de energia

Na Figura 14 é apresentada uma das guias da tela de entrada de dados do reservatório França no SSD AcquaNet.

Figura 14 - Tela para entrada de dados de geração no SSD AcquaNet

Nesse estudo foram construídos 12 cenários. O primeiro cenário não inclui a retirada de 4,7 m³/s pela Sabesp e teve como objetivo reproduzir os dados e resultados históricos de nível d'água no reservatório e de geração de energia elétrica. O segundo cenário também não inclui a retirada de 4,7 m³/s mas teve como objetivo otimizar a geração de energia elétrica. A partir do terceiro cenário foi incluída a retirada de 4,7 m³/s pela Sabesp. Do terceiro ao décimo segundo cenário o nível mínimo do reservatório França foi sendo elevado. Um resumo dos cenários é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resumo dos cenários

Cenário	Maior prioridade	Potência desejada (MW)	Demanda de Abastecimento (m ³ /s)	Nível mínimo no reservatório França (m)
cenário 1	nível histórico	17,237	0,000	623,000
cenário 2	geração energética	17,237	0,000	623,000
cenário 3	abastecimento	17,237	4,700	623,000
cenário 4	abastecimento	17,237	4,700	624,000
cenário 5	abastecimento	17,237	4,700	625,000
cenário 6	abastecimento	17,237	4,700	626,000
cenário 7	abastecimento	17,237	4,700	627,000
cenário 8	abastecimento	17,237	4,700	628,000
cenário 9	abastecimento	17,237	4,700	629,000
cenário 10	abastecimento	17,237	4,700	630,000
cenário 11	abastecimento	17,237	4,700	631,000
cenário 12	abastecimento	17,237	4,700	632,000

Inicialmente são apresentados os valores dos níveis d'água médios armazenados no reservatório França em cada um dos cenários, em forma tabular (Tabela 5) e gráfica (Figura 15). Já na Figura 16 são apresentadas as curvas de permanência para os níveis d'água de cada um dos cenários analisados.

Tabela 5 - Níveis d'água médios

Cenário	Nível (m)
cenário 1	637,650
cenário 2	632,757
cenário 3	627,422
cenário 4	628,200
cenário 5	628,986
cenário 6	629,781
cenário 7	630,557
cenário 8	631,314
cenário 9	632,074
cenário 10	632,830
cenário 11	633,567
cenário 12	634,297

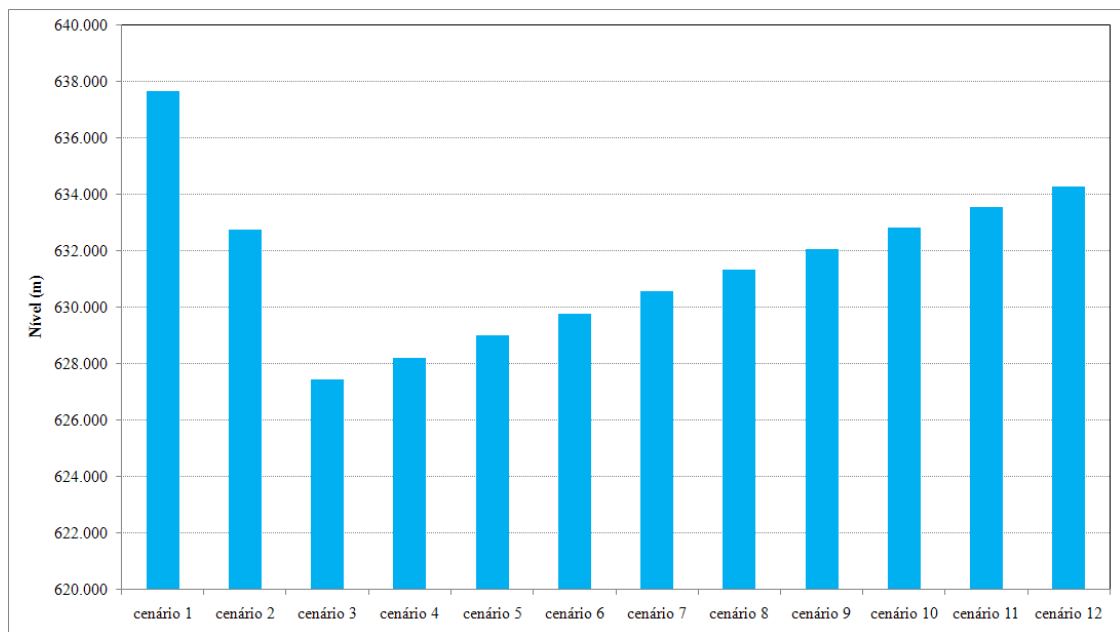


Figura 15 - Níveis d'água médios no reservatório França em cada um dos cenários analisados

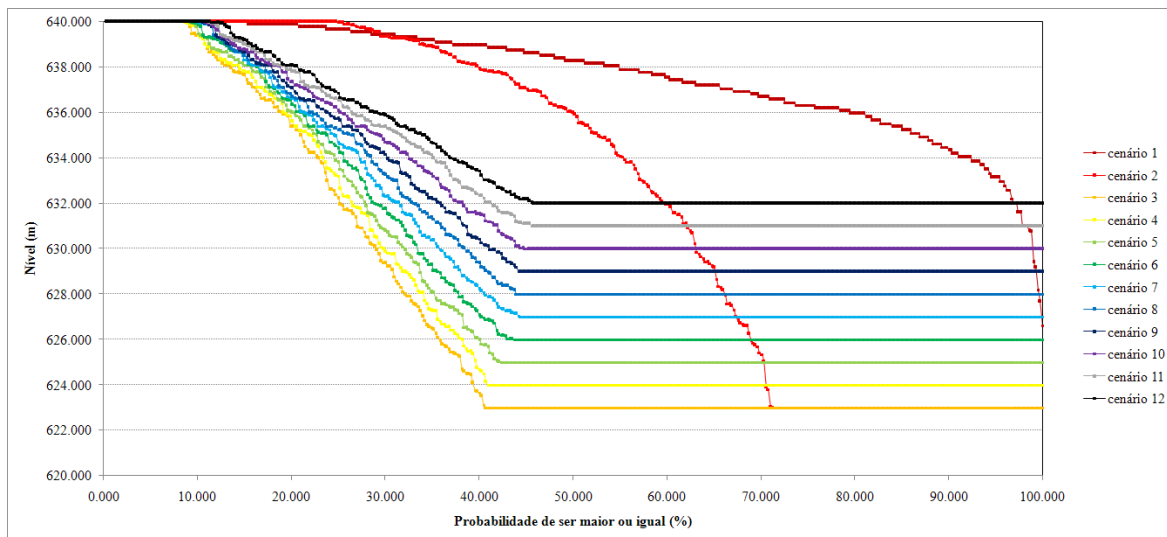


Figura 16 - Curvas de permanência dos níveis d'água em cada um dos cenários

Em relação aos níveis d'água armazenados no reservatório França os resultados são coerentes. O maior nível médio é o do cenário 1, que reproduziu a situação histórica e não tinha a retirada dos 4,7 m³/s para abastecimento público. No cenário 2 o nível médio sofre uma queda acentuada já que a maior prioridade foi dada à geração de energia elétrica, ocorrendo níveis baixos de armazenamento em épocas de seca. Do cenário 3 ao cenário 12 o nível médio armazenado vai aumentando já que o nível mínimo também aumenta.

A seguir são apresentados os valores das potências médias geradas em cada um dos cenários, em forma tabular (Tabela 6) e gráfica (Figura 17). Já na Figura 18 são apresentadas as curvas de permanência para as potências geradas em cada um dos cenários analisados.

Tabela 6 - Potência média gerada

Cenário	Potência (MW)
cenário 1	15,233
cenário 2	15,557
cenário 3	12,251
cenário 4	12,329
cenário 5	12,404
cenário 6	12,476
cenário 7	12,530
cenário 8	12,580
cenário 9	12,629
cenário 10	12,675
cenário 11	12,720
cenário 12	12,762

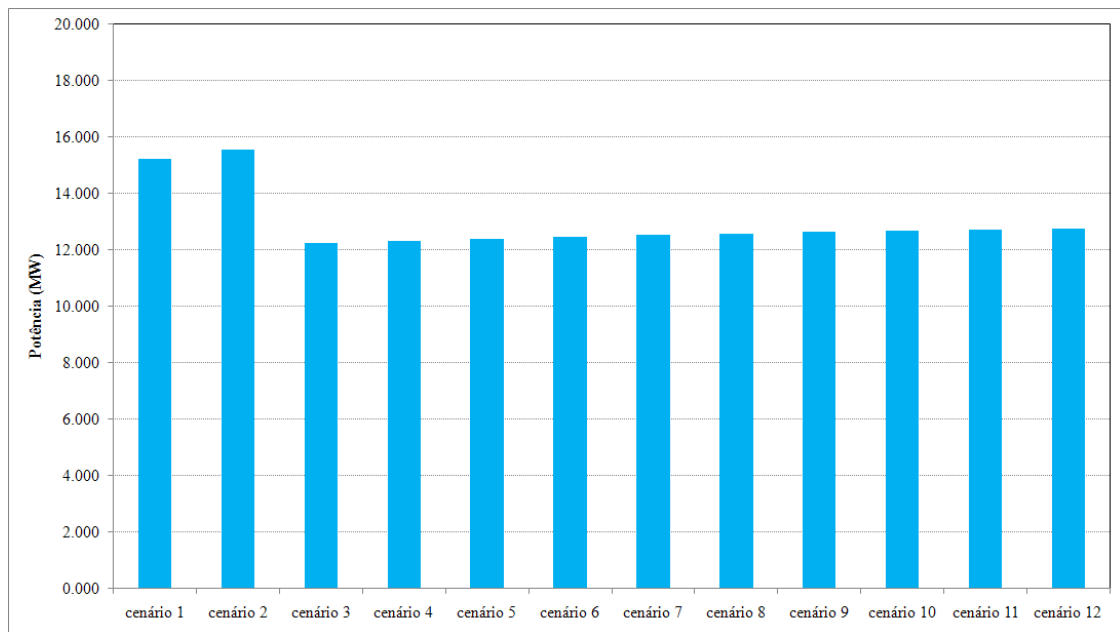


Figura 17 - Potências médias no reservatório França em cada um dos cenários analisados

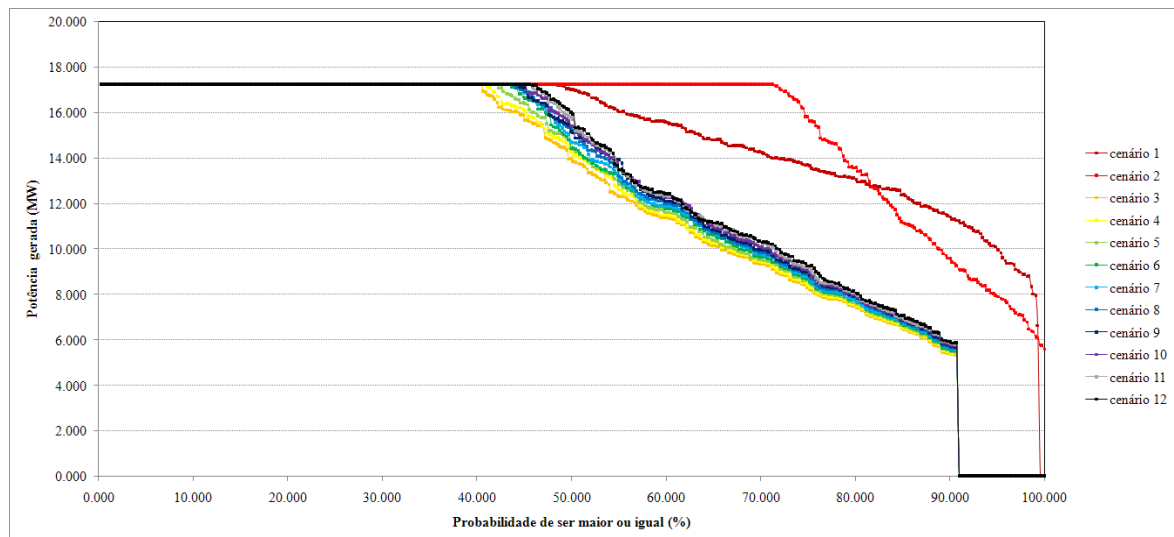


Figura 18 - Curvas de permanência das potências geradas em cada um dos cenários

Os valores de potência gerada fornecidos pelo SSD AcquaNet, em relação aos cenários 1 e 2 são coerentes. No cenário 2, que prioriza a geração de energia, a potência média gerada (15,557 MW) é superior à potência média gerada no cenário 1 (15,233 MW). Nos cenários 3 a 12 ocorre uma diminuição no valor da potência gerada em relação aos cenários 1 e 2. Essa diminuição é explicada pela retirada de 4,7 m³/s para abastecimento público. Entretanto, isso não pode ser considerado como perda, já que essa retirada está assegurada pelo decreto “Outorga à Companhia Brasileira de Alumínio - CBA concessão de uso de bem público para os aproveitamentos hidrelétricos no rio Juquiá-Guaçu, no Estado de São Paulo”, publicado no Diário Oficial da União em 27 de junho de 1996 (Figura 19).

Outorga à Companhia Brasileira de Alumínio
- CBA concessão de uso de bem público
para os aproveitamentos hidrelétricos no
rio Juquiá-Guaçu, no Estado de São Paulo.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que
lhe confere o art. 84, inciso IV, da Constituição, e tendo em vista o disposto
nos arts. 5^o e 9^o da Lei n^o 9.074, de 7 de julho de 1995, e o que consta do
Processo n^o 48000.001295/92-12,

DECRETA:

Art. 1^o Fica outorgada à Companhia Brasileira de Alumínio - CBA
concessão de uso de bem público para os aproveitamentos hidrelétricos FRANÇA, com
potência de 29,5 MW; FUMAÇA, com potência de 36,4 MW; BARRA, com
potência de 40,4 MW; PORTO RASO, com potência de 28,4 MW; ALECRIM, com
potência de 72 MW, e SERRARIA, com potência de 24 MW, no rio Juquiá-Guaçu, no
Estado de São Paulo.

Parágrafo único. A concessão de que trata este Decreto não confere
delegação de poder público à Companhia Brasileira de Alumínio - CBA.

Art. 2^o A energia elétrica produzida destinar-se-á ao uso exclusivo da
titular da concessão, que não poderá fazer cessão a terceiros, mesmo a título gratuito.

Parágrafo único. Não se compreende na proibição deste artigo o
fornecimento de energia elétrica às vilas operárias de seus empregados, quando
construídas em terrenos de sua propriedade.

Art. 3^o A concessão de que trata este Decreto vigorará pelo prazo de
vinte anos, a contar da data de sua publicação.

Art. 4^o A Companhia Brasileira de Alumínio - CBA deverá:

I - satisfazer as exigências acautelatórias dos usos múltiplos das águas,
essencialmente o controle das cheias, conforme o disposto no art. 143 do
Decreto n^o 24.643, de 10 de julho de 1934;

II - cumprir o disposto no Código de Águas, leis subseqüentes e seus
regulamentos;

III - assinar contrato de concessão de uso de bem público no prazo a
ser estabelecido pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE;

IV - requerer ao Governo Federal a prorrogação da concessão até seis
meses antes do término do prazo fixado no art. 3^o, mediante as condições que vierem a
ser estabelecidas ou comunicar, no mesmo prazo, sua desistência.

Art. 5^o Fica preservado o direito de derivação das águas do Alto
Juquiá, com reversão de até 4,7 m³/s, para abastecimento público da Região
Metropolitana da Cidade de São Paulo.

Art. 6^o Ao final do prazo da concessão, os bens e instalações passarão a
integrar o patrimônio da União.

Art. 7^o Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 27 de junho de 1996; 175^a da Independência e 108^a da
República.

FERNANDO HENRIQUE CARDOSO
Raimundo Brito

Figura 19 - Decreto de Outorga à Companhia Brasileira de Alumínio - CBA

Nos cenários 3 a 12, com o aumento do nível mínimo do reservatório França, apesar da diminuição do volume disponível para geração energética ocorre um pequeno aumento na potência média gerada (Figura 17 e Figura 18). Esse aumento pode ser explicado pelo aumento no nível de água armazenado (Figura 15 e Figura 16) e conseqüentemente no aumento da queda média disponível para geração.

6 CONCLUSÃO

Neste artigo foi demonstrada a capacidade do módulo de energia do SSD AcquaNet para analisar o impacto na geração de energia no reservatório França. E foi demonstrado que, mesmo com o aumento no nível mínimo do reservatório França (da cota 623 m para a cota 630 m), não ocorrem perdas na geração de energia elétrica, ocorrendo sim um pequeno aumento na potência média gerada. Esse aumento na potência média gerada foi de 0,425 MW ou aproximadamente 3,5%.

BIBLIOGRAFIA

PORTO, R. L. *et al.* (2003). “*Sistema de suporte a decisão para análise de sistemas de recursos hídricos*”, in *Métodos Numéricos em Recursos Hídricos 6*. Org. Por da Silva, R. C. V., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre - RS, pp. 93 - 240