

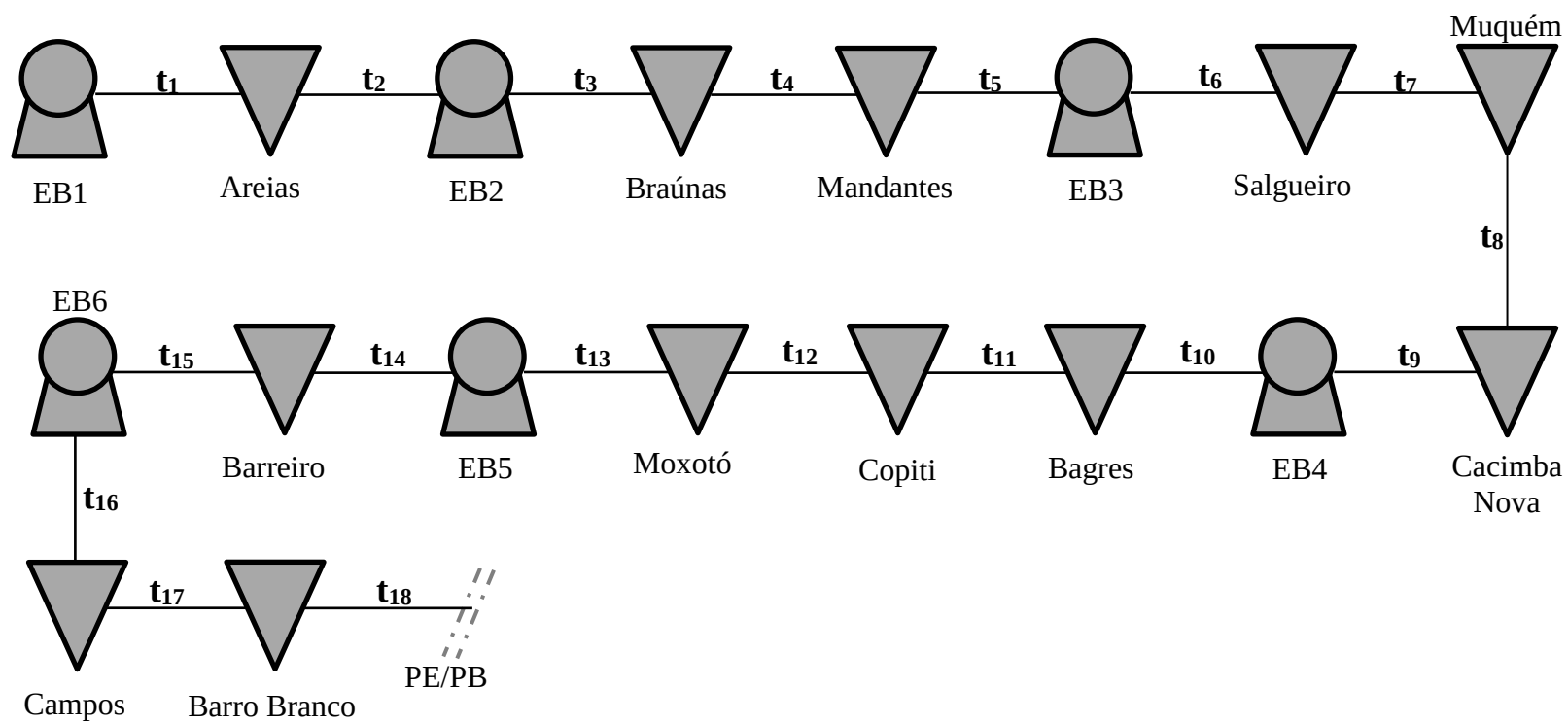
Parecer Técnico nº 17/2016/SRE
 Documento nº 00000.067953/2016-23
 Referência: 02501.000731/2015

**Estimativa de perdas hídricas no PISF
 Eixo Leste**

1. O parecer técnico conjunto nº 5/2016/SRE/SFI, documento nº 00000.060997/2016, apresentou uma metodologia de consenso para cálculo das perdas hídricas ao longo do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF).
2. Na presente nota técnica, essa metodologia será aplicada para estimativa das perdas no eixo leste do projeto, considerando um cenário de captação de 10 m³/s a partir do rio São Francisco. Salienta-se que os procedimentos metodológicos definidos foram sistematizados em uma interface de cálculo, de forma que as perdas para outras vazões podem ser estimadas de forma expedita.
3. O parecer conjunto dividiu as perdas possíveis em (a) perdas nos sistemas construídos; (b) perdas por evaporação nos reservatórios e (c) perdas no sistema natural. Para as perdas no sistema construído, adota-se um percentual de 5% da vazão total captada, ou seja, neste caso, 500 l/s. A partição dessa perda se dá nos diversos trechos entre reservatórios e estações de bombeamento. Portanto, é conveniente inicialmente fazer um breve fluxograma do eixo norte, para definição dos trechos do sistema construído. Esse fluxograma foi desenhado a partir dos estudos de viabilidade do projeto e é mostrado na figura 1, na qual adotam-se as seguintes convenções:

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Estação de bombeamento		Divisa de estado
	Trecho do sistema construído (canais, aquedutos, túneis)		Trecho do sistema natural
	Reservatório novo ou em ampliação		Demanda, tomada de água ou derivação

Figura 1. Fluxograma do Eixo Leste do PISF para fins de cálculo das perdas hídricas



4. Em cada reservatório, existem um ou mais portais de entrega para atendimento às demandas do PISF, que podem ser um terminal de uso difuso (TUD) ou a tomada de água de uma das obras complementares do PISF (Cinturão das Águas do Ceará, Ramal do Apodi, etc).
5. Assim, como a ponderação das perdas depende das demandas a jusante do trecho, essa partição dependerá de como o atendimento à demanda será alocado ao longo do projeto.
6. Num primeiro momento, a quantificação das perdas obedece a um cenário de demandas de referência, para fins de uma estimativa prévia da tarifa de operação do sistema. Assim, consideram-se inicialmente as vazões disponibilizadas previstas na Nota Técnica nº 390/2005/SOC-ANA, ou seja, 4,2 m³/s para a Paraíba e 4,8 m³/s para Pernambuco.
7. O ponto de entrega dessas vazões também influencia, uma vez que pode exigir que a mesma quantidade de água percorra um número maior de reservatórios, onde haverá mais perda por evaporação. Novamente tendo em vista o cenário de referência para cálculo de tarifa, julga-se prudente ser mais conservador no cálculo, ou seja, alocar a demanda no ponto mais distante em cada estado.
8. No caso de Pernambuco, isso significaria alocar toda a demanda no reservatório de Barro Branco. Entretanto, devido à capacidade das estações de bombeamento 5 e 6, não é possível bombear vazões dessa magnitude até este ponto. Isto porque, segundo os dados operacionais fornecidos pela CODEVASF, a capacidade máxima de bombeamento destas estações é de 9 m³/s (2 conjuntos de 4,5 m³/s cada), funcionando 20 horas por dia, o que corresponde a uma vazão média de 7,5 m³/s. Assim, parte da água disponibilizada para Pernambuco deve ser alocada no reservatório imediatamente anterior à EB5, ou seja, o reservatório de Moxotó, de tal forma que a vazão bombeada nesta estação não seja superior a 7,5 m³/s.
9. Para este cenário de referência, as perdas hídricas foram de 10%, como será visto a seguir. Este é o mesmo percentual de perdas obtido na NT 390/2005/SOC, de forma que não há ajustes a serem feitos na disponibilização de água entre os estados, diferentemente do caso do eixo norte (ver Parecer Técnico que acompanha este documento), em que um procedimento iterativo foi necessário para adequar as diferenças.
10. A seguir são detalhadas as estimativas de perdas para este cenário.

Perdas no sistema construído

11. Portanto, a perda total de 500 l/s no sistema construído deve ser alocada em 18 trechos. O parecer conjunto nº 5 sugere que essa partição deve ser feita de forma ponderada, considerando as demandas a jusante de cada trecho. Assim, os trechos iniciais terão perdas maiores (pois a demanda à frente é maior), e vice-versa.
12. A formulação para partição das perdas do sistema construído é:

$$Lt_i = L_{total} \cdot \frac{W_i}{\sum W_i}$$

onde Lt_i é a perda no trecho i do sistema construído, L_{total} é a perda total do sistema construído (5% da vazão captada) e W_i é um ponderador, definido por:

$$W_i = \frac{\sum_{j=i}^n D_j}{\sum_{k=1}^n \sum_{j=k}^n D_j}$$

onde D_j são as demandas em cada derivação j a jusante do trecho i

13. As perdas no sistema construído, em cada trecho do fluxograma, são as seguintes:

Trecho	Descrição	Perda
t1	EB1-Res. Areias	30 l/s
t2	Res. Areias-EB2	30 l/s
t3	EB2-Res. Braúnas	30 l/s
t4	Res. Braúnas-Res. Mandantes	30 l/s
t5	Res. Mandantes-EB3	30 l/s
t6	EB3-Res. Salgueiro	30 l/s
t7	Res. Salgueiro-Res. Muquém	30 l/s
t8	Res. Muquém-Res. Cacimba Nova	30 l/s
t9	Res. Cacimba Nova-EB4	30 l/s
t10	EB4-Res. Bagres	30 l/s
t11	Res. Bagres-Res. Copiti	30 l/s
t12	Res. Copiti-Res. Moxotó	30 l/s
t13	Res. Moxotó-EB5	25 l/s
t14	EB5-Res. Barreiro	25 l/s
t15	Res. Barreiro-EB6	25 l/s
t16	EB6 – Res. Campos	25 l/s
t17	Res. Campos – Res. Barro Branco	25 l/s
t18	Res. Barro Branco – Divisa PE/PB	14 l/s
Perda total no sistema construído		500 l/s

Perdas por evaporação nos reservatórios

14. Para quantificar a perda por evaporação nos reservatórios, o parecer conjunto nº 5 propõe o uso de vetores de evaporação especializados a partir do estudo de balanço hídrico de 204 reservatórios na região semiárida. Esta espacialização resultou na associação de um vetor de evaporação para cada reservatório do PISF. A tabela abaixo mostra os resultados dessa associação.

Reservatório do PISF	Reservatório existente mais próximo*	E _{anual}
Areias	Barra do Juá	1389 mm
Braúnas		
Mandantes		
Salgueiro		
Muquém		
Cacimba Nova		
Bagres	Francisco Sabóia	1568 mm
Copiti		
Moxotó	Custódia	1895 mm
Barreiro		
Campos	Rosário	2244 mm
Barro Branco	Santo Antônio	2171 mm

*do estudo dos 204 Reservatórios

15. Para determinar a área inundada em cada reservatório, o parecer conjunto nº5 recomenda a adoção da área correspondente ao nível necessário para transferir (por meio das estruturas de controle) a vazão média igual à afluyente. Ou seja:

$$Q_{areias}^{defl} \cong Q_{areias}^{afl} = Q_{eb1} - Lt_1$$

$$Q_{braúnas}^{defl} \cong Q_{braúnas}^{afl} = Q_{areias}^{defl} - E_{areias} - Lt_2 - Lt_3$$

16. Caso houvesse derivações (demandas) no respectivo reservatório, estas também eram descontadas da vazão afluente. Observa-se que este procedimento é levemente a favor da segurança, uma vez que na realidade a vazão defluente é inferior à afluente, devido à evaporação. Porém, a consideração da evaporação neste cálculo levaria a uma não-linearidade, visto que é justamente a evaporação que se deseja calcular. Assim, por simplificação, o débito da vazão evaporada é sempre feito no reservatório seguinte, conforme pode ser visto nas equações acima.

17. A área inundada a ser considerada foi a área correspondente ao nível d'água máximo operacional de cada reservatório, conforme recomendação do Parecer Técnico conjunto nº 5. Assim, a tabela a seguir mostra o resumo de cálculo da perda por evaporação nos reservatórios:

Reservatório do PISF	Área inundada	Vazão evaporada (média anual)
Areias	1,67 km ²	73 l/s
Braúnas	1,31 km ²	58 l/s
Mandantes	0,95 km ²	42 l/s
Salgueiro	0,83 km ²	37 l/s
Muquém	0,77 km ²	34 l/s
Cacimba Nova	0,88 km ²	39 l/s
Bagres	0,76 km ²	38 l/s
Copiti	1,44 km ²	72 l/s
Moxotó	0,52 km ²	31 l/s
Barreiro	0,75 km ²	45 l/s
Campos	0,83 km ²	59 l/s
Barro Branco	0,08 km ²	6 l/s
Total		532 l/s

Conclusões

18. O presente parecer apresenta as estimativas de perdas hídricas no eixo leste do PISF, considerando as metodologias propostas no Parecer Conjunto nº 5/2016. Resultou daí uma perda total de 1,03 m³/s, sendo 500 l/s no sistema construído (canais) e 523 l/s nos reservatórios.

19. Cabe ressaltar que essa perda somente é válida para o cenário de referência, que considera uma captação de 10 m³/s no rio São Francisco, levando ainda em conta as premissas feitas neste parecer sobre a partição das demandas. Para vazões captadas distintas, ou alteração na partição da água pelos diversos portais de entrega, essas perdas também se alteram.

20. Foi desenvolvida uma interface em Matlab® para a sistematização deste cálculo, de forma que a estimativa de perdas para diferentes cenários de demanda (por exemplo após a definição do PGA) podem ser calculados de forma relativamente expedita. O anexo 1 mostra o resultado dos cálculos para o cenário de referência

21. Se de acordo, sugiro tramitar à COSER/SRE para as providências pertinentes, notadamente na estimativa da tarifa de operação do PISF.

É o parecer técnico.

Brasília, 20 de novembro de 2016

(assinado eletronicamente)
BRUNO COLLISCHONN
Especialista em Recursos Hídricos
Coordenador de Regulação

De acordo. À Senhora Coordenadora de Regulação de Serviços Públicos e de Segurança de Barragens, para providências.

(assinado eletronicamente)
RODRIGO FLECHA FERREIRA ALVES
Superintendente de Regulação

Anexo 1 – Interface de cálculo das perdas para o cenário de referência

Estimativa de perdas hídricas - eixo leste (preencher os campos em amarelo)

Vazão inicial m³/s

Período:
☒ Média anual
☐ Quadra seca (set-dez)
☐ Quadra chuvosa (mar-jun)

Critério de NA para reservatórios:

EB1-Areias	0.030	m³/s		
Res. Areias	0.073	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Areias-EB2	0.030	m³/s		
EB2-Braúnas	0.030	m³/s	Vazão bombeada na EB2	9.866 m³/s
Res. Braúnas	0.058	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Braúnas-Mandantes	0.030	m³/s		
Res. Mandantes	0.042	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Mandantes-EB3	0.030	m³/s		
EB3-Salgueiro	0.030	m³/s	Vazão bombeada na EB3	9.676 m³/s
Res. Salgueiro	0.037	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Salgueiro-Muquém	0.030	m³/s		
Res. Muquém	0.034	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Muquém-C. Nova	0.030	m³/s		
Res. C. Nova	0.039	m³/s	Q TUD	0 m³/s
C. Nova - EB4	0.030	m³/s		
EB4-Bagres	0.030	m³/s	Vazão bombeada na EB4	9.446 m³/s
Res. Bagres	0.038	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Bagres-Copiti	0.030	m³/s		
Res. Copiti	0.072	m³/s	Q TUD (Poço da Cruz)	0 m³/s
Copiti-Moxotó	0.030	m³/s		
Res. Moxotó	0.031	m³/s	Q TUD	1.7 m³/s
Moxotó-EB5	0.025	m³/s		
EB5-Barreiro	0.025	m³/s	Vazão bombeada na EB5	7.490 m³/s
Res. Barreiro	0.045	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Barreiro-EB6	0.025	m³/s		
EB6-Campos	0.025	m³/s	Vazão bombeada na EB6	7.396 m³/s
Res. Campos	0.059	m³/s	Q TUD	0 m³/s
Campos-Barro Branco	0.025	m³/s		
Res. B. Branco	0.006	m³/s	Q TUD	3.1 m³/s
B. Branco - PB	0.014	m³/s		

Perda total (canais) m³/s

Perda total (reservatórios) m³/s

Vazão entregue na PB m³/s