

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

TÍTULO A Gestão da Crise Hídrica da Bacia do Rio São Francisco e seus impactos da Operação do Sistema Interligado Nacional

Guilhon, L.G.F.¹; Rocha, V.F.²; de Paiva, L.F.G.³; Camargo Junior, H.⁴ & Da Silva, D.N.⁵

RESUMO – Desde o final de 2012, foram observadas vazões naturais críticas na bacia do rio São Francisco, com alguns anos consecutivos de precipitação abaixo dos valores médios anuais esperados. Essas condições de baixa precipitação tiveram reflexo nas condições hidrológicas com agravamento nos últimos anos, caracterizando-se o ano 2017 como o pior ano hidrológico na bacia do rio São Francisco. As usinas hidroelétricas da bacia do rio São Francisco, ao longo das últimas décadas, se constituíram no principal recurso energético para o suprimento de energia elétrica do Subsistema Nordeste. Assim, durante a crise hídrica vivenciada nesta bacia, a transferência de energia de outras regiões, o uso das usinas termoeletricas e a utilização dos recursos crescentes de energia eólica no Nordeste, por meio do Sistema Interligado Nacional(SIN) e sob a coordenação do Operador Nacional do Sistema Elétrico(ONS), viabilizaram que o Subsistema Nordeste tivesse o seu suprimento de energia elétrico assegurado. Neste contexto, destaca-se também a ampliação da oferta de geração hidroelétrica, o baixo crescimento econômico do país (medido pela demanda energética) e a gestão compartilhada de recursos hídricos, com reuniões da sala de situação coordenada pela Agência Nacional de Águas(ANA). Em relação à gestão dos recursos hídricos, medidas foram tomadas para enfrentar a crise hídrica como as reduções das vazões mínimas liberadas pelos reservatórios de Três Marias, Sobradinho, e Xingó, de forma a economizar os recursos hídricos nos reservatórios das usinas e assegurar o uso múltiplo das águas, o que não teria ocorrido caso estas medidas não tivessem sido tomadas.

ABSTRACT– Since the end of 2012, critical natural outflows have been observed in the São Francisco river basin, with some consecutive years of precipitation below the expected annual average values. These conditions of low precipitation had a reflection on the hydrological conditions worsening in recent years, characterizing the year 2017 as the worst hydrological year in the São Francisco river basin. The hydroelectric power plants of the São Francisco river basin, over the last decades, were constituted in the main energy resource for the electricity supply of the Northeast Subsystem. Thus, during the water crisis experienced in this basin, the transfer of energy from other regions, the use of thermoelectric plants and the use of increasing resources of wind energy in the Northeast, through the National Interconnected System - SIN and under the coordination of the National Operator of the Electric System - ONS, provided conditions for the Northeast Subsystem to have its electricity supply assured. In this context, the expansion of hydroelectric generation in the Amazon basin, the energy demand) and the shared management of water resources, through meetings of the situation room coordinated by the National Water Agency (ANA). In relation to the management of water resources, several measures have been taken to deal with this water crisis in the best possible way. Among the main measures taken were essential reductions in the minimum flows released by the Três Marias, Sobradinho and Xingó reservoirs, in

1) ONS: rua Júlio do Carmo, 251 – Cidade Nova – Rio de Janeiro - RJ, 55-21-3444-9883, guilhon@ons.org.br

2) ONS: rua Júlio do Carmo, 251 – Cidade Nova – Rio de Janeiro - RJ, 55-21-3444-9862, vforain@ons.org.br

3) ONS: rua da Aurora, 1343 - Santo Amaro – Recife – PE, 55-81-3217-8944, luanag@ons.org.br

4) ONS: rua Júlio do Carmo, 251 – Cidade Nova – Rio de Janeiro - RJ, 55-21-3444-9954, hcamargo@ons.org.br

5) ONS: rua da Aurora, 1343 - Santo Amaro – Recife – PE, 55-81-3217-8945, djalman@ons.org.br

order to save water resources in the reservoirs of the plants and to ensure the multiple use of the waters, which would not have occurred if these measures had not been taken.

Palavras-Chave – Gestão de recursos hídricos; São Francisco; Crise hídrica

INTRODUÇÃO

A bacia do rio São Francisco, com uma área de drenagem (ADR) aproximada de 639.217km², nasce na Serra da Canastra e até o município de Pirapora, a jusante da UHE Três Marias, constitui o Alto São Francisco (pouco mais de 17% da ADR), em seguida desce até o município de Remanso onde se forma o lago da UHE Sobradinho (com pouco mais de 53% da ADR) constituindo o Médio São Francisco. Em seguida, forma a divisa entre os Estados de Bahia e Pernambuco até alcançar o limite de Alagoas formando o Submédio São Francisco com pouco mais de 24% da ADR e por último segue a divisa de Alagoas e Sergipe formando o baixo São Francisco [CBHSF (2019)].

Diversas atividades se desenvolvem ao longo do rio São Francisco como a pesca, a irrigação, a geração de energia elétrica e o abastecimento de água das cidades. Esse uso múltiplo das águas traz a necessidade de uma gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco. Assim sendo, em 2013, a ANA, entendendo a gravidade da crise hídrica que passou a afetar diretamente as atividades produtivas naquela bacia hidrográfica, instituiu uma sala de situação de forma a dar transparência ao processo de gestão, permitindo que as decisões passassem a ser compartilhadas pelos diversos atores na bacia.

A EVOLUÇÃO DO SIN

O Sistema Interligado Nacional - SIN, constituía-se ao final de 2018 de um conjunto de 152 usinas hidroelétricas, 110 usinas termoelétricas, além de um conjunto de usinas não simuladas com 786 pequenas centrais hidroelétricas, 312 usinas a biomassa, 669 usinas eólicas e 131 usinas solares [ONS (2019)]. A bacia do rio São Francisco possui cinco reservatórios de regularização de vazões, sendo que os três principais - Três Marias, Sobradinho e Luiz Gonzaga (Itaparica) concentram 99% da capacidade útil de armazenamento da bacia e constituem o armazenamento equivalente dessa bacia hidrográfica. A bacia do rio São Francisco representa 97% e 17% das energias armazenadas máximas do Subsistema Nordeste e do SIN, respectivamente.

A tabela 1 mostra a evolução da matriz energética para o período 2018-2023, onde pode-se observar que a geração hidráulica, em 2023, representará 64,3% da capacidade instalada do SIN.

Tipo	31/12/2018		31/12/2023		Crescimento 2018-2023	
	MW	%	MW	%	MW	%
Hidráulica	109.060	67,4	114.489	64,3	5.429	5,0
Nuclear	1.990	1,2	1.990	1,1	-	0,0
Gás / GNL	12.821	7,9	17.780	10,0	4.959	38,7
Carvão	2.672	1,7	3.017	1,7	345	12,9
Óleo / Diesel	4.614	2,9	4.900	2,8	286	6,2
Biomassa	13.696	8,5	14.095	7,9	399	2,9
Eólica	14.313	8,9	17.200	9,7	2.887	20,2
Solar	1.780	1,1	3.630	2,0	1.850	103,9
Outras	779	0,5	1.000	0,6	221	28,4
Total	161.725	100,0	178.101	100,0	16.376	10,1

Tabela 1 – Matriz de geração 2018 – 2023 (Fonte: ONS (2019))

O Brasil tem registrado forte crescimento das chamadas fontes renováveis não despacháveis de forma controlada. A tabela 1 mostra que já contamos com mais de 16 GW instaladas em centrais eólicas e fotovoltaicas em todo o território nacional e prevê-se que essas fontes participarão com mais de 10% na matriz elétrica brasileira ao final de 2023. A figura 1 mostra a evolução da capacidade instalada das usinas eólicas do SIN, onde observa-se um aumento nos últimos 10 anos de mais de 20 vezes, numa taxa de crescimento exponencial até então, sendo que cerca de 85% desta geração eólica está concentrada na região Nordeste.

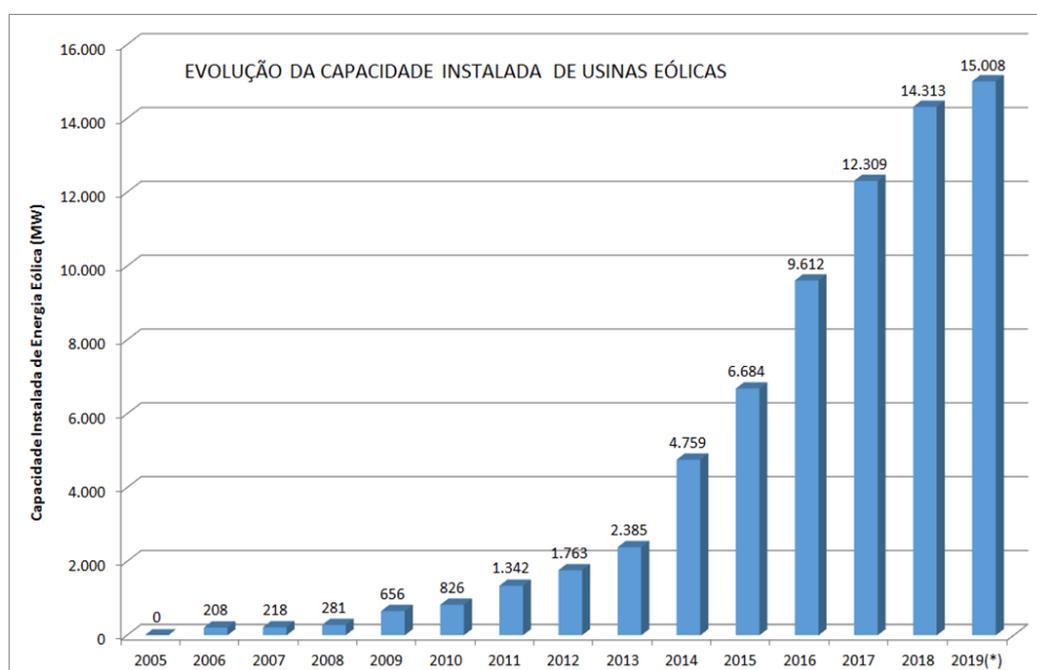


Figura 1 – Evolução da capacidade instalada de energia eólica (MW) (Fonte: ONS (2019))

Nos últimos 7 anos o Subsistema Nordeste tem vivenciado uma mudança radical na forma de garantir o seu suprimento eletroenergético, como consequência de ações planejadas no âmbito da

expansão da geração, com a referida forte entrada de parques de geração eólica nesta região, bem como em razão de causas naturais, como a mais grave situação de escassez hídrica vivenciada na bacia do rio São Francisco no histórico de operação dos aproveitamentos hidroelétricos implantados nesta bacia.

CONTEXTUALIZAÇÃO DA ESCASSEZ HÍDRICA

Entre os anos de 2012 e 2018 foi observado um longo período de déficit de precipitação na bacia do rio São Francisco em relação aos seus valores médios históricos. No primeiro e no último ano hidrológico deste período, 2012-2013 e 2017-2018, choveu pouco mais que 80% dos valores médios históricos. No restante deste período, a precipitação acumulada variou entre 66% (2016-2017) e 79% (2014-2015) da média histórica.

Durante este período, destaca-se a atuação de bloqueios atmosféricos que atingiram principalmente o trecho a montante da UHE Três Marias entre a segunda quinzena de dezembro de 2013 e a primeira quinzena de fevereiro de 2014, e entre dezembro de 2014 até meados de janeiro de 2015. Em geral, episódios de bloqueio impedem o avanço das frentes frias, ocasionando anomalias negativas de precipitação e positivas de temperatura. Essa configuração atmosférica desfavorece a formação de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), fenômeno típico de verão no setor central do país. Destaca-se também o ano hidrológico 2016-2017, predominantemente entre dezembro de 2016 e janeiro de 2017, a posição anômala da circulação de verão sobre a América do Sul desfavoreceu a precipitação em toda a bacia do Rio São Francisco, principalmente no trecho a montante da UHE Três Marias. No trecho incremental entre Três Marias e Sobradinho choveu 72% dos valores médios históricos nesse ano, sendo o menor valor do período em estudo. Nos anos de 2013-2014, 2014-2015 e 2016-2017, os valores acumulados de precipitação no trecho incremental a UHE Três Marias corresponderam a 57%, 80% e 60% da precipitação média anual respectivamente. Considerando todo o período de estudo, choveu aproximadamente 73% e 79% dos valores médios históricos nos trechos incremental a UHE Três Maria e entre Três Marias e Sobradinho respectivamente. Cabe ressaltar, ainda, que os trechos alto e médio da bacia do Rio São Francisco não são afetados, em média, pelos episódios El Niño (fraco: 2014-2015 e muito forte: 2015-2016) e La Niña (fracos: 2016-2017 e 2017-2018) ocorridos durante o período de estudo.

Como consequência das anomalias negativas de precipitação em praticamente todo o período entre os anos hidrológicos de 2012-2013 e de 2017-2018 observou-se um quadro recessivo nas afluições naturais, que conduziram a pior crise hídrica desde que se tem os registros históricos de vazões na bacia do rio São Francisco, que se iniciam, no caso dos locais das usinas hidroelétricas

desta bacia, em janeiro de 1931. A tabela 2 apresenta as afluições naturais dos meses de dezembro a novembro (ano hidrológico) para a bacia do rio São Francisco e especificamente para os reservatórios de Três Marias e Sobradinho. Observa-se que em todos os anos posteriores a 2013 os valores são iguais ou inferiores a 60% da média de longo termo – MLT e de um modo geral são decrescentes a cada novo ano incorporado ao histórico, para as vazões a Sobradinho, passando a recuperar parcialmente somente em 2018 que pode-se considerar um ano mais favorável após vários anos muito desfavoráveis.

Ano Hidrológico (Dez a Nov)	Três Marias			Sobradinho Incremental			Sobradinho Natural		
	Média Histórica	%MLT	Posic Hist	Média Histórica	%MLT	Posic Hist	Média Histórica	%MLT	Posic Hist
2013-2014	661	32	2	1819	57	6	2533	51	5
2014-2015		43	4		43	3		43	3
2015-2016		52	6		40	2		43	2
2016-2017		31	1		31	1		31	1
2017-2018		52	7		47	4		47	4

Tabela 2 – Afluições naturais entre dezembro e novembro dos últimos 5 anos e posicionamento de pior para melhor no histórico de 1931 a 2018.

Como consequência desta situação de escassez hídrica, os principais reservatórios de regularização da bacia do rio São Francisco vivenciaram neste período as suas piores condições de armazenamento em seus períodos históricos de operação. Considerando o reservatório equivalente da bacia do rio São Francisco, formado pelos reservatórios de Três Marias, Sobradinho e Itaparica, observa-se no período de 2000 a 2019, que no período entre os anos de 2013 a 2018 não foi possível, em nenhum dos anos, a recuperação do armazenamento desse reservatório equivalente no final do período chuvoso (no mês de abril) até o valor de 50% de sua capacidade máxima de armazenamento. A figura 2 mostra a evolução desses armazenamentos desde o ano 2008, destacando que nos anos de 2016, 2017 e 2018 foram atingidos armazenamentos mínimos próximos a 5% da capacidade máxima. No caso do reservatório de Três Marias o armazenamento mínimo alcançado foi de 2,6% de seu volume útil, em 13/11/2014, sendo que pelo lado do reservatório de Sobradinho, o valor mínimo de 1% de seu volume mínimo ocorreu em 02/12/2015.

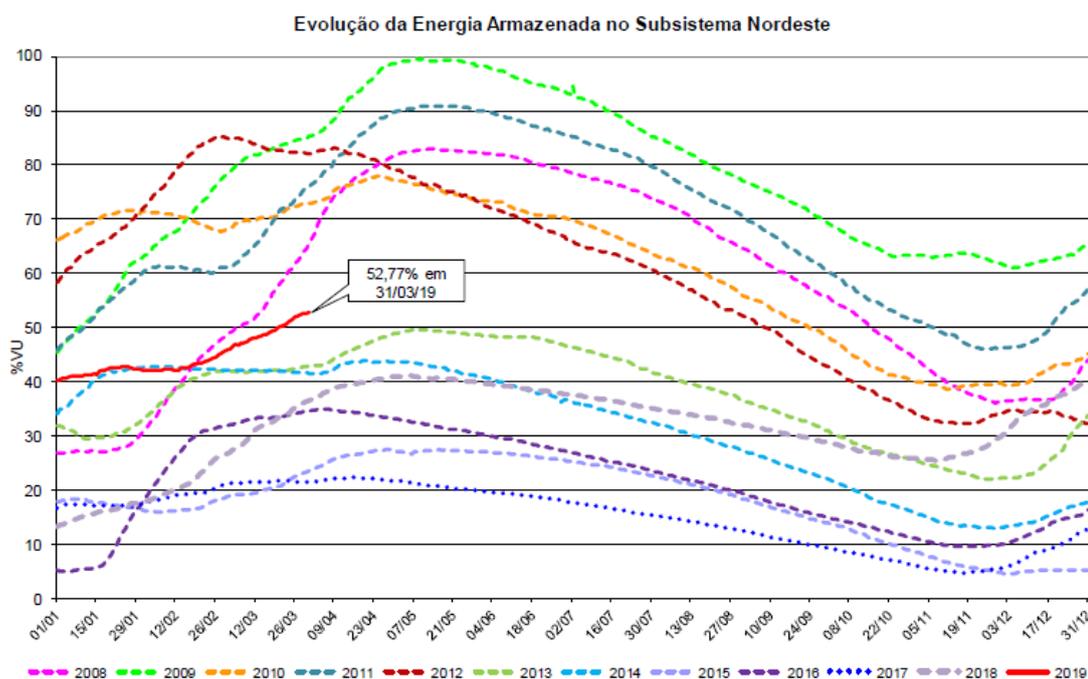


Figura 2 – Evolução da energia armazenada no subsistema Nordeste (Fonte: ONS)

PROCESSO DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E SEUS RESULTADOS

No período antecedente a situação de escassez hídrica vivenciada na bacia do rio São Francisco a partir de 2013, o atendimento ao uso múltiplo da água era assegurado com o atendimento das restrições operativas hidráulicas adotadas na operação das usinas hidroelétricas localizadas nesta bacia [ONS (2018b)], declaradas ao ONS pelos agentes responsáveis pela operação destas usinas, CEMIG e CHESF. As restrições de defluências mínimas médias diárias estabelecidas eram até então de 420m³/s para a usina hidroelétrica de Três Marias e de 1.300m³/s para as usinas hidroelétricas de Sobradinho e Xingó.

A partir da configuração da crise hídrica na bacia do rio São Francisco, os reservatórios daquelas usinas passaram a ser operados com o objetivo de maximizar o atendimento aos usos múltiplos da água, através de uma gestão integrada, sob a coordenação da Agência Nacional de Águas – ANA, entre órgãos dos governos federal e estadual de MG, BA, PE, AL e SE, e representantes de diversos setores usuários, como os de geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento, navegação, entre outros. Neste período as vazões defluentes das usinas de Sobradinho e Xingó foram sendo gradualmente reduzidas, com base em decisões consensadas no âmbito da referida gestão integrada da bacia, a fim de possibilitar que os principais reservatórios da bacia não tivessem seus volumes úteis esgotados e, assim, permanecessem com alguma capacidade de regularização para atender aos usos múltiplos da água.

A partir da implantação pela ANA de uma sala de situação, iniciou-se um processo democrático e participativo de nivelamento dos diversos atores da bacia do rio São Francisco para o processo de tomada de decisão em relação não só às defluências dos reservatórios como às providências necessárias para a superação da crise com minimização dos impactos. Destaca-se que diversas medidas foram necessárias para alcançar valores de defluências nunca antes praticados na bacia.

As restrições de defluências mínimas na UHE Sobradinho e na UHE Xingó, foram reduzidas de 1.300m³/s para 1.150m³/s em dezembro de 2013, depois, em sequência, para 1.100m³/s em agosto de 2014, para 1.000m³/s em maio de 2015, para 900m³/s em junho de 2015, para 800m³/s em janeiro de 2016, para 750m³/s em novembro de 2016, para 700m³/s em fevereiro de 2017, para 650m³/s em março de 2017, para 600m³/s em maio de 2017 e para 550m³/s ao final de setembro de 2017, valor que permaneceu até o ano de 2019. Quando foi praticada essa defluência mínima de 550m³/s observou-se que se iniciaram alguns problemas com a qualidade da água, o que levou a ser estabelecido esse valor como limitante inferior. Porém, ao ser verificada uma melhoria na condição hidrológica da bacia do rio São Francisco a partir de 2018, apesar da restrição de defluência mínima ter sido mantida em 550 m³/s, foi acordado no âmbito da gestão integrada da bacia, sob a coordenação da ANA, a adoção de vazões defluentes mais elevadas, até o valor 800m³/s médios diários.

Em Três Marias, por sua vez, ao longo deste período de crise hídrica, foram adotadas reduções nas defluências de modo a atender à demanda dos usuários no trecho a jusante até o reservatório de Sobradinho, principalmente associadas às condições de captação de água para os abastecimentos da cidade de Pirapora-MG e do projeto Jaíba de irrigação, localizado no norte de MG. No caso do atendimento a este projeto de irrigação, a flexibilização das defluências de Três Marias foram feitas de modo sazonal, observando a variação das vazões incrementais entre a usina e o local de captação para o projeto Jaíba. Durante o período de escassez hídrica, a vazão mínima praticada foi de 80m³/s, nos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, sendo que a vazão defluente média anual na usina hidroelétrica de Três Marias para cada um dos anos entre 2013 e 2018 foi de 479m³/s, 252m³/s, 282m³/s, 231m³/s, 220m³/s e 166m³/s, respectivamente.

O efeito destas medidas de redução das restrições de defluências mínimas pode ser medido pela avaliação do que teria ocorrido com o armazenamento dos reservatórios, caso não se tivesse promovido nenhuma flexibilização destas restrições nas usinas de Três Marias, Sobradinho e Xingó. Nesta avaliação, até março de 2019, se mantidas as restrições originais haveria um consumo adicional de mais de 2,4 vezes o volume útil total de armazenamento no reservatório de Três Marias

e mais de 2,6 vezes o volume útil do reservatório de Sobradinho. Isto significa que, caso as defluências mínimas permanecessem nos valores de 420m³/s em Três Marias e de 1.300 m³/s em Sobradinho e Xingó, os volumes armazenados destes reservatórios teriam sido esgotados por um bom período ao longo desses anos, com o comprometimento da regularização proporcionada por estes reservatórios e, conseqüentemente, do atendimento aos usos múltiplos da água ao longo de toda a bacia do rio São Francisco.

Com a experiência adquirida neste período de escassez hídrica na bacia do rio São Francisco, foi editada pela ANA, com a contribuição do ONS, da CEMIG, da CHESF, do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e dos estados abrangidos pela bacia, a Resolução nº 2.081 (ANA (2017)), de 4 de dezembro de 2017, que representa uma nova forma de operação dos reservatórios da bacia do rio São Francisco, tendo em vista a segurança hídrica da bacia. Esta resolução, que entrou em vigor a partir do dia 01/05/2019, por um lado conduzirá a um maior condicionamento da operação das usinas hidroelétricas, mas por outro deverá assegurar armazenamentos mais elevados para a garantia de atendimento aos usos múltiplos da água, inclusive para a geração de energia elétrica. Desta forma, as expectativas são favoráveis para que, ao se sair desta situação de escassez hídrica, que perdurou por 7 anos, disponha-se de melhores condições para a geração hidroelétrica e para os demais usos da água na bacia do rio São Francisco.

ATENDIMENTO ELETROENERGÉTICO DO SIN NO PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA

Sob o ponto de vista energético houve uma perda de geração bastante significativa em toda a cascata de usinas hidroelétricas da bacia do rio São Francisco, como consequência das medidas de redução das defluências, dos valores originais de restrição de 420 m³/s em Três Marias e de 1.300 m³/s em Sobradinho, para vazões defluentes de até 80m³/s e 550 m³/s em Três Marias e Sobradinho, respectivamente. Estas medidas, entre 2013 e 2018, impuseram uma perda de geração de aproximadamente 1.295 MW médios em toda a cascata do rio São Francisco, que corresponde a 25% de geração média praticada no ano 2004, ano com geração elevada e sem redução nas vazões defluentes em Três Marias e Sobradinho.

Na figura 3 pode-se observar o impacto das reduções das vazões defluentes das usinas do rio São Francisco, durante a crise hídrica ocorrida nesta bacia a partir de 2013, na redução da geração de energia hidráulica da região Nordeste. Também se observa no gráfico desta figura, o papel preponderante da geração térmica nos primeiros anos da crise hídrica do rio São Francisco para assegurar o atendimento da carga da região Nordeste, assim como o crescimento gradual da geração

eólica, que nos últimos anos assumiu, em boa parte do tempo, a posição de maior fonte geradora de energia elétrica para atendimento do Subsistema Nordeste. Durante este período, mesmo diante da situação de baixa geração hidráulica em razão da escassez hídrica na bacia do rio São Francisco, a geração eólica fez com que o Subsistema Nordeste, em alguns meses, se tornasse exportador de energia para outros subsistemas do SIN.

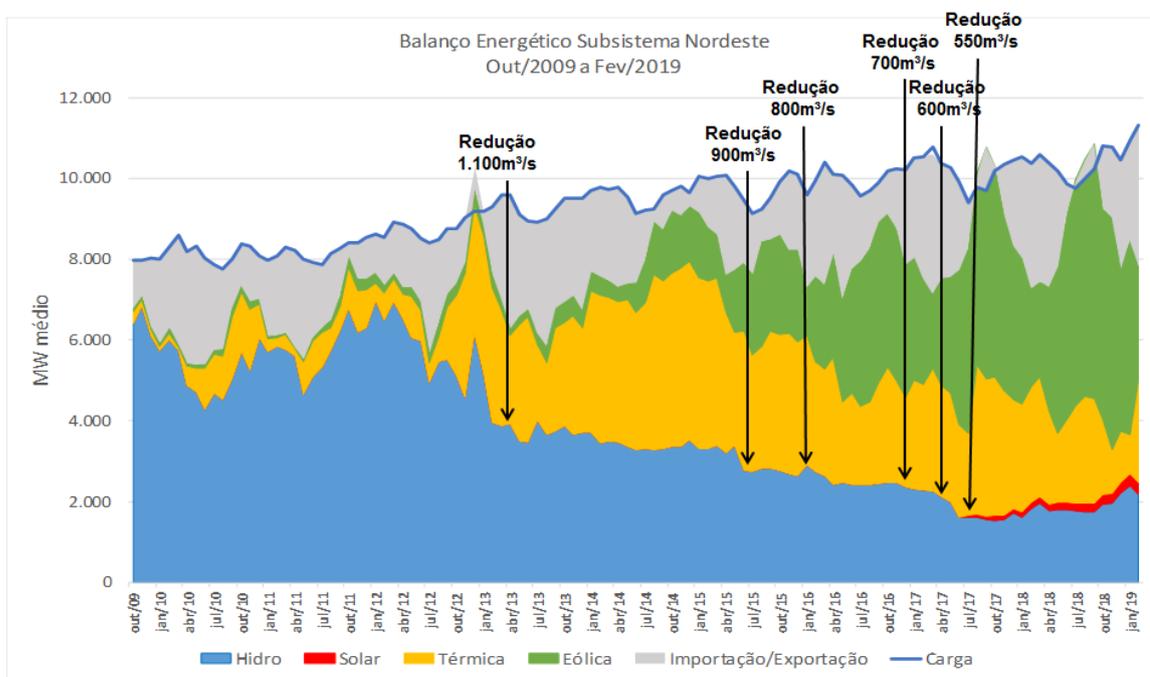


Figura 3 – Balanço Energético do Subsistema Nordeste entre Outubro/2009 e Fevereiro/2019 (MW médio) (Fonte: ONS)

CONCLUSÃO

- ↯ O período entre os anos de 2013 e 2018 constitui o período mais desfavorável em termos de vazões afluentes à bacia do rio São Francisco em todo o histórico disponível desde 1931. A ocorrência deste período de escassez hídrica nesta bacia está associada, de forma direta, à ocorrência de anomalias negativas persistentes de precipitação ao longo de todo este período, cujas causas, sob o ponto de vista climático, merecem ser melhor investigadas a fim de se buscar possíveis condições de previsibilidade deste tipo de situação no futuro.
- ↯ O processo de gestão dos recursos hídricos da bacia do rio São Francisco durante o período de escassez hídrica, que envolveu os principais atores na bacia, sob a coordenação da ANA, passou por um processo de aprimoramento e propiciou uma contínua atualização sobre a situação da bacia hidrográfica e permitiu a atuação integrada de todos estes atores nas tomadas de decisão, sem prejuízo às atribuições

específicas de cada uma das entidades participantes. Assim, esta experiência de gestão constitui um caso de sucesso de gestão dos recursos hídricos de forma participativa, conforme os preceitos da Lei nº 9433, denominada Lei das Águas.

- ↯ No período de escassez hídrica na bacia do rio São Francisco, a partir do ano de 2013, caso tivessem sido mantidas as restrições de vazões defluentes mínimas que estavam em vigor até então, teriam sido esgotados os recursos de armazenamento de água dos volumes úteis dos reservatórios de Três Marias e de Sobradinho ao longo deste período, o que comprometeria o atendimento aos usos múltiplos da água ao longo de toda a bacia do rio São Francisco.
- ↯ A crise hídrica trouxe desafios para o atendimento energético do Subsistema Nordeste. Os recursos energéticos propiciados pelo intercâmbio entre os subsistemas que compõem o SIN, pela geração térmica disponível na região Nordeste, e pela crescente oferta de geração eólica nesta região ao longo dos últimos dez anos, permitiram assegurar o atendimento eletroenergético para o Subsistema Nordeste durante o período de escassez hídrica vivenciado pela bacia do rio São Francisco no período entre 2013 e 2019.

REFERÊNCIAS

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, página eletrônica consultada em 24/04/2019, cbhsaofrancisco.org.br/.

ONS (2018b). *ONS DOP-REL - 0011/2018 - Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidroelétricos – Revisão - 1 de 2018*, 191 p.

ONS (2019). *Plano da operação energética 2019/2023 - PEN 2019*, 80 p.

ANA (2017). *Resolução ANA-2081/2017 – 4 de dezembro de 2017, Documento nº 00000.080754/2017-91*, 6 p.