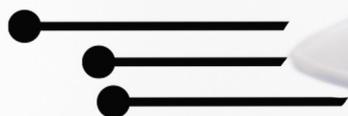


Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia 3



Luís Fernando Paulista Cotian

(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

3

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 3 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-086-5

DOI 10.22533/at.ed.865193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume III apresenta, em seus 11 capítulos, conhecimentos relacionados a Gestão Energética relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Gestão de Recursos Naturais e Produção mais Limpa e Ecoeficiência.

A área temática de Gestão Energética trata de temas relevantes para a geração, manutenção e gerenciamento de assuntos relacionados à energia elétrica. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de Gestão Energética, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Gestão Energética e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DE ALTA CONCENTRAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO	
<i>Hugo Tavares Vieira Gouveia</i> <i>Luiz Fernando Almeida Fontenele</i> <i>Rodrigo Guido Araújo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931011	
CAPÍTULO 2	19
CONFLITO ENTRE ENERGIA ASSEGURADA E HIDROGRAMA AMBIENTAL: O RIO SÃO FRANCISCO ESTÁ MORRENDO?	
<i>Paulo Roberto Ferreira de Moura Bastos</i> <i>Mônica Silveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931012	
CAPÍTULO 3	35
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE MONITORAÇÃO CONTÍNUA POR ANÁLISE DE IMAGEM DO ESTADO DE CHAVES DE CIRCUITOS ALIMENTADORES EM SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO	
<i>Lourival Lippmann Junior</i> <i>Bruno Marchesi</i> <i>Rafael Wagner</i> <i>Amanda Canestraro de Almeida</i> <i>Vanderlei Zarnicinski</i> <i>Bogdan Tomoyuki Nassu</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931013	
CAPÍTULO 4	54
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PILHA A COMBUSTÍVEL DE ÓXIDO SÓLIDO COM POTÊNCIA DE GERAÇÃO DE 1 KW	
<i>Gabriel Leonardo Tacchi Nascimento</i> <i>Jacqueline Amanda Figueiredo dos Santos</i> <i>Rubens Moreira Almeida</i> <i>Tulio Matencio</i> <i>Rosana Zacarias Domingues</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931014	
CAPÍTULO 5	73
EQUIPAMENTO COM RECONHECIMENTO DINÂMICO DE IMAGEM PARA AVALIAÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA EM CAMPO	
<i>Fernanda Soares Giannini</i> <i>Ronaldo Borges Franco</i> <i>Joel Machado Campos Filho</i> <i>Ricardo Toshinori Yoshioka</i> <i>Jean Marcos Andery Baracat</i> <i>José Eduardo Bertuzzo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931015	

CAPÍTULO 6	87
GERENCIAMENTO ENERGÉTICO PARA MICRORREDES: DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO PILOTO	
<i>Victor Maryama</i>	
<i>Vitor Seger Zeni</i>	
<i>Frederico Viveiros Jordan</i>	
<i>Cesare Quinteiro Pica</i>	
<i>Erlon Cristian Finardi</i>	
<i>Gabriel Aurélio de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931016	
CAPÍTULO 7	107
INJEÇÃO MÁXIMA DE MW POR GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM ALIMENTADOR PRIMÁRIO	
<i>Henrique Mesquita Tonhá</i>	
<i>Romário Pereira Marinho</i>	
<i>Antônio César Baleeiro Alves</i>	
<i>Luis Gustavo Wesz da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931017	
CAPÍTULO 8	123
SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O ENERGYPLUS: UMA APLICAÇÃO VOLTADA AOS EDIFÍCIOS INTELIGENTES	
<i>Abraão Gualbeto Nazário</i>	
<i>Raimundo Celeste Ghizoni Teive</i>	
<i>João Zico Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931018	
CAPÍTULO 9	137
VIBRATIONAL ENERGY HARVESTING TO ELECTRIC TRANSDUCTION IN A HIGH EFFICIENCY ELECTRIC VEHICLE	
<i>Jólio Ribeiro Maia Neto</i>	
<i>Ícaro Lofego Mota</i>	
<i>João Alexandrino Bemfica Neto</i>	
<i>Douglas da Costa Ferreira</i>	
<i>Fábio Roberto Chavarette</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8651931019	
CAPÍTULO 10	141
MAPEAMENTO DA GOVERNANÇA DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	
<i>Tássia Fonseca Latorraca</i>	
<i>Raquel Naves Blumenschein</i>	
<i>Maria Vitória Ferrari</i>	
DOI 10.22533/at.ed.86519310110	
CAPÍTULO 11.....	157
OTIMIZAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ENERGIA SOLAR COM O USO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS E REFLETORES MÓVEIS	
<i>Cynthia Beatriz Scheffer Dutra</i>	
<i>Jean Paulo Rodrigues</i>	
<i>Paulo César Sedor</i>	
DOI 10.22533/at.ed.86519310111	
SOBRE O ORGANIZADOR	167

CONFLITO ENTRE ENERGIA ASSEGURADA E HIDROGRAMA AMBIENTAL: O RIO SÃO FRANCISCO ESTÁ MORRENDO?

Paulo Roberto Ferreira de Moura Bastos

Universidade Federal da Bahia, Departamento de
Eng. Elétrica Salvador - Bahia

Mônica Silveira

Instituto Federal da Bahia, Departamento de
Ensino Simões Filho - Bahia

RESUMO: Em 2016 apresentamos um artigo no Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos no qual foram analisadas as vazões afluentes e incrementais no Rio São Francisco, em Sobradinho, durante o período 1931~2013, sendo confirmada que é grave a situação hídrica do rio. Lá tratamos do conflito entre energia assegurada e hidrograma ambiental, o ciclo hídrico anual que seria melhor para a fauna e a população ribeirinha, tendo sido inclusive proposta a adoção de um hidrograma ambiental alternativo conforme a caracterização hídrica do ano (úmido, normal, muito seco etc) e a situação do reservatório. Aqui, reproduzimos parte do referido artigo, retomamos a discussão da caracterização hídrica, e ampliamos a análise das vazões recentes, concluindo que o rio São Francisco está morrendo. Para salvá-lo, é preciso uma política imediata de revitalização das nascentes e da mata ciliar, maior fiscalização, e imposição de limites rigorosos à expansão agrícola. Deve haver incentivos governamentais, redefinição das diretrizes

empresariais e ampla discussão do problema, a qual deve ser liderada pela Agência Nacional de Águas.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia do São Francisco, Energia assegurada, Hidrograma ambiental, Caracterização hídrica, Usina de Sobradinho.

ABSTRACT: In 2016 we present an article in the Brazilian Symposium on Electrical Systems in which the inflow and incremental flows were analyzed in the São Francisco River, in Sobradinho, during the period 1931 - 2013, confirming that the water situation of the river is serious. There we dealt with the conflict between assured energy and environmental hydrograph, the annual water cycle that would be better for the fauna and the riverine population, and it was even proposed to adopt an alternative environmental hydrograph according to the water characterization of the year (wet, normal, very dry etc.) and the reservoir situation. Here we reproduce part of the aforementioned article, retake the discussion of water characterization, and broaden the analysis of recent flows, concluding that the São Francisco River is dying. To save it, it is necessary an immediate policy of revitalization of the springs and the ciliary forest, greater fiscalization, and the imposition of strict limits to the agricultural expansion. There should be government incentives, redefinition of business guidelines, and wide discussion of the

problem, which should be led by the National Water Agency.

KEYWORDS: San Francisco Basin, Ensured Energy, Environmental Hydrograph, Water Characterization, Sobradinho Plant.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a energia elétrica está incorporada na vida da maioria dos cidadãos, havendo inclusive uma forte relação entre seu consumo e desenvolvimento econômico e social. As várias fontes de energia usadas na produção da eletricidade são em geral separadas em renováveis e não renováveis, destacando-se dentre estas o carvão mineral, petróleo, gás natural e nuclear, que juntas representam cerca de 80% da geração elétrica no mundo (EPE, 2014).

No Brasil atual, as fontes renováveis hidráulica e eólica têm maior participação na geração da energia, mas começa a haver maior contribuição da energia solar. Na matriz energética geral a participação da biomassa é significativa devido ao uso do etanol e do bagaço de cana. Há dez anos, quando era maior a disponibilidade hídrica especialmente nas regiões Nordeste e Sudeste a participação da energia hidráulica na produção de energia elétrica superava 80%.

As fontes eólica, solar e hidráulica a fio d'água (sem reservatório de regularização), mesmo intermitentes, são importantes para o sistema elétrico e para a diversificação da matriz. Entretanto, não se constituem em energia assegurada ou de reserva. Dentre as renováveis, apenas a biomassa pode ser estocada, e a hidráulica, que possibilita manter determinado valor de vazão turbinada mesmo nos períodos secos quando associada a reservatórios, são provedoras de energia assegurada. Exemplo disso é a Usina Hidrelétrica de Sobradinho (UHES) no rio São Francisco, que foi concebida com um grande volume de acumulação de água, suficiente para enfrentar dois períodos secos consecutivos (reservatório plurianual).

Aqui examinamos o conflito existente entre a energia assegurada e a implantação de um hidrograma ambiental no Rio São Francisco (FERREIRA, 2014; MEDEIROS et al, 2010; BRANBILLA, 2015). Iniciamos analisando o histórico das vazões afluente e incremental no reservatório de Sobradinho, e a correlação entre ambas. As vazões afluentes são consideradas naturais, correspondendo às incrementais em Sobradinho acrescidas das vazões naturais dos reservatórios de Três Marias e Queimado. Concluímos que é grave a crise hídrica vivida na Bacia do Rio São Francisco, com redução, nos anos recentes, tanto das médias das vazões como dos seus desvios padrão.

Ao tratarmos do conflito entre a energia assegurada e o hidrograma ambiental destacamos a importância desta energia para o sistema elétrico, discutimos as justificativas do hidrograma trazendo novas possibilidades sócio-econômicas para as populações ribeirinhas diferentes da pesca artesanal e da pequena lavoura, além

do que mostramos alternativas para caracterização do ciclo anual hídrico em muito úmido, úmido, normal, seco e muito seco. Propomos um novo hidrograma ambiental sujeito a restrições, a se regulamentar futuramente.

Por fim destacamos questões recentes quanto a vazão afluente e a defluente, a situação dos reservatórios da bacia, e apresentamos as considerações finais.

2 | ANÁLISE DAS VAZÕES AFLUENTES E INCREMENTAIS EM SOBRADINHO

Tomamos os dados disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) relativos aos anos de 1931 até 2013 (ONS, 2015) e fizemos as análises estatísticas para as séries correspondentes à vazão afluente (QA) e à vazão incremental (QI) em Sobradinho. Com as médias mensais, obtivemos os valores médios, mínimo, máximo e desvio padrão em m^3/s para as vazões médias mensais QA e QI, para o período 1931~2013, mostrados na Tabela 1.

Tipo de vazão	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
Vazões Afluentes (QA)	2.642	506	15.676	1.947
Vazões Incrementais (QI)	1.898	366	12.592	1.424

Análise das vazões mensais em Sobradinho (m^3/s).

Tanto em QA quanto em QI, os máximos ocorreram em março de 1979, enquanto que em setembro de 2002 foram registrados os valores mínimos (Tabela 1). Para as afluentes, este mesmo mínimo voltou a se repetir em outubro de 2003.

Na análise a seguir, o período 1931~2013 foi desmembrado visando melhor examinar a hipótese de redução das vazões nos últimos anos, especialmente as secas consecutivas após o ano 2000, e identificar problemas associados, bem como distinguir a época anterior à construção da Usina Hidrelétrica de Sobradinho (UHES). Tomar só dez ou quinze anos seria trabalhar com séries estatisticamente pouco representativas. Assim, optamos por definir como período recente os 1984 a 2013 (últimos 30 anos), e outro composto pelos anos 1931~1983 (53 anos, dos quais 49 anteriores ao reservatório).

A construção de Sobradinho começou em 1973, iniciando a operação em novembro/1979 (BASTOS e SILVEIRA, 2016). A UHES não influencia as vazões afluentes e incrementais no local, porém o uso consuntivo da água tem forte influência, devido à forte expansão agrícola da região do Cerrado no Oeste da Bahia desde a década de 1980.

Os dados relativos à primeira série envolvendo o período 1931~1983 têm as vazões afluentes identificadas como QA_S1 (série 1); para a série que compreende o período recente, 1984~2013, as vazões afluentes são tratadas como QA_S2 (série 2). Analogamente as vazões incrementais têm uma simbologia similar: QI_S1 do primeiro período, e QI_S2 da série recente.

A Tabela 2 apresenta, na segunda coluna, as vazões mensais afluentes (QA) nos seus valores médio, mínimo e desvio padrão (σ) para os dois períodos mencionados, e na 4ª coluna tais valores para as vazões mensais incrementais (QI). Nas 3ª e 5ª colunas mostramos tais valores em percentual, sendo que os valores do primeiro período (S1), são tomados como 100% para facilitar a análise. Vemos que as QA mensais apresentam uma queda na média de 19,8% nos anos recentes, pois o valor médio de QA_S1 era 2.845 m³/s e caiu para 2.282 m³/s. Na QA mínima a redução percentual foi maior.

Se examinarmos dados mais novos da vazão afluente, de maio/16 a abril/18, há seis registros de médias mensais inferiores a 400 m³/s e mínimos históricos: a QA de 302 m³/s, em outubro/17, e de 294 m³/s, em novembro/15 (ANA, 2015).

Observando os dados da 4ª e 5ª colunas da Tabela 2 relativos às QI em Sobradinho, percebemos que, nos anos recentes (série S2), os valores médios, mínimo e desvio padrão também são menores, com redução percentual ainda maior. Conclui-se que, nos anos da série S2, tanto QA quanto QI registram valores médios e mínimos bem menores comparados ao período S1, sendo nas vazões incrementais os maiores decréscimos, inclusive no desvio padrão.

Indicador	Afluentes (QA)		Incrementais (QI)	
	(m³/s)	(%)	(m³/s)	(%)
Média_S1	2.845	100,0	2.079	100,0
Média_S2	2.282	80,2	1.579	76,0
Mínima_S1	645	100,0	474	100,0
Mínima_S2	506	78,4	366	77,2
σ _S1	2.032	100,0	1.501	100,0
σ _S2	1.732	85,3	1.215	81,0

Vazões afluentes e incrementais médias e máximas examinadas como séries de períodos distintos.

Os resultados da análise dos dados nestes dois períodos para as QA ocorridas nos meses mais secos (julho a outubro) estão na Tabela 3: além das médias das QA e desvio padrão (σ), indicamos o número de ocorrências de QA (Ocor.QA) acima de 1.300 m³/s em número absoluto e em probabilidade (Pb.QA).

Indicador	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Média_S1	1.432	1.236	1.085	1.229
Média_S2	1.059	924	864	951
σ _S1	406,9	328,7	295,8	347,1
σ _S2	208,7	191,9	219,4	330,9
Ocor.QA>1.300_S1	28	19	11	21
Ocor.QA>1.300_S2	4	0	1	6
Pb.QA>1.300_S1	0,528	0,358	0,208	0,396
Pb.QA>1.300_S2	0,133	0,000	0,033	0,200

Indicadores de QA nos meses mais secos (m³/s), e número de vezes que a vazão supera 1.300 m³/s.

De modo semelhante aos dados globais, as médias e os desvios padrão das QA mensais da série recente (S2), são bem menores, por exemplo, a QA média mensal de agosto que é de 1.236 m³/s para S1, cai a 924 m³/s na série S2. Em julho, a redução no desvio padrão vai a quase 50%.

Ainda na Tabela 3 estão indicadas as ocorrências de QA mensal superiores ao valor de 1.300 m³/s, que é a de afluente mínima regulamentada para condição normal (ANA, 2015). Em agosto ocorreram 19 QA médias maiores que tal valor na Série S1, daí a probabilidade de 0,358. Entretanto, nos anos recentes (S2) em nenhum dos meses de agosto a referência foi ultrapassada, logo probabilidade zero. Assim, por exemplo, nos meses de setembro do período 1931~83 aconteceram 11 ocorrências de QA média mensal superior a 1.300 m³/s, e isto corresponde a uma probabilidade de 0,208, entretanto nos últimos trinta anos, S2, só há uma ocorrência logo probabilidade de 0,033. Enfim, nos quatro meses analisados, a crise hídrica se acentua nestes meses secos dos anos recentes.

Para as vazões incrementais (QI), separamos as séries históricas também conforme estes dois períodos e os resultados estão na Tabela4. Tomamos 934 m³/s como referência para contabilizar o número de vezes que é ultrapassado, pois corresponde a proporção entre as médias incrementais e afluente de longo termo (Tabela1), aplicados sobre o limite das QA de 1.300 m³/s.

Vemos na Tabela 4, que as médias de QI dos meses mais secos no período S1 são bem superiores àquelas do período S2: a média de julho (S1) excede 1.000 m³/s, porém nos anos recentes (S2) fica em 749 m³/s e nos meses secos (agosto e setembro) as médias de S2 estão abaixo de 700 m³/s. Quanto aos desvios padrão, em todos os meses secos da série S2 os valores são bem inferiores ao período S1. As ocorrências de QI superiores a 934 m³/s também são raras, com maior probabilidade em outubro no período S2 (0,200). Esta situação é muito crítica nestes quatro meses secos. Isto é semelhante ao ocorrido para as vazões afluentes, e confirma a hipótese de que o São Francisco atravessa uma fase extremamente crítica em termos de disponibilidade hídrica.

Indicador	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Média_S1	1.083	948	829	913
Média_S2	749	678	640	701
σ _S1	303,5	250,4	231,8	272,8
σ _S2	154,0	137,9	162,6	247,7
Ocor.QA>934_S1	32	22	12	21
Ocor.QA>934_S2	4	1	2	6
Pb.QA>934_S1	0,604	0,415	0,226	0,396
Pb.QA>934_S2	0,133	0,033	0,067	0,200

Indicadores de QI nos meses mais secos (m³/s), e número de vezes que a vazão supera 934 m³/s.

Por fim, para atestar esta situação foram ainda traçadas as curvas de permanência

para a série histórica total (1931~13) e para os últimos trinta anos, conforme gráfico da Figura 1, onde percebemos que para todas as frequências os valores de QA da série S2 são sempre inferiores aos da série histórica completa.

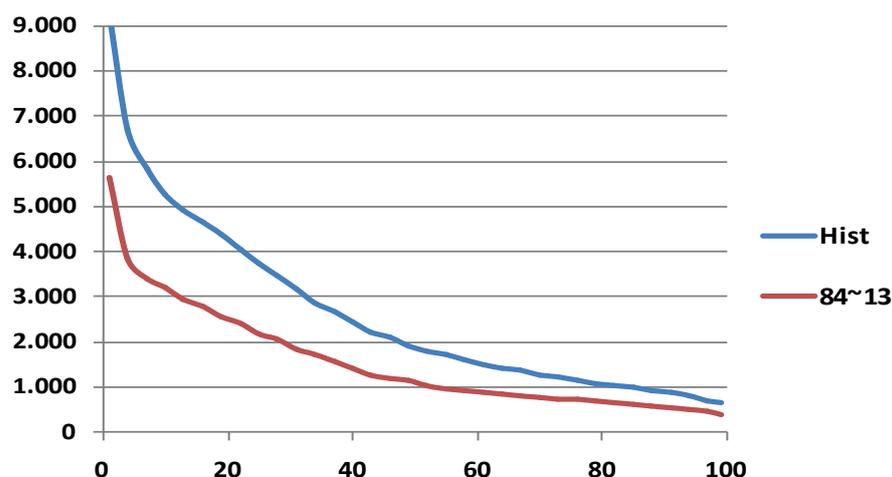


Figura 1 - Curva de permanência das vazões mensais (em azul para a série histórica e em vermelho, últimos 30 anos, 1984~13).

Analizamos as correlações entre as médias mensais de QA e QI em Sobradinho, compreendendo os períodos desmembrados S1 e S2. Em artigo já citado, há gráficos para os dois períodos cujos índices de correlação superaram 0,94 e os valores da serie S1 superam os do período S2, tanto nas médias mensais de QA quanto as de QI (BASTOS e SILVEIRA, 2016).

3 I CONFLITO ENTRE ENERGIA ASSEGURADA E HIDROGRAMA AMBIENTAL

Com a crise hídrica atual no país, a participação das fontes renováveis na geração de eletricidade diminuiu para um valor em torno de 70% em 2013 (EPE, 2014), tendo caído a contribuição hidráulica e aumentado as do gás natural e eólica. Em vista da necessidade do mercado e da crise hídrica, as usinas termétricas têm sido despachadas, com maiores custos da energia elétrica, os quais estão sendo repassados aos consumidores com a regulamentação das bandeiras tarifárias. Por outro lado, as usinas construídas mais recentemente na região amazônica tiveram seus projetos revistos passando a ser a fio d'água, com menores reservatórios e menos energia assegurada.

Nesse contexto, há que se entender da necessidade de energia assegurada no sistema elétrico não apenas em função da segurança no suprimento, mas também devido ao controle requerido da frequência. Isto significa, que a potência suprida no sistema elétrico a todo o momento deva satisfazer a expressão:

$$\sum_{i=1}^n PG_i = \sum_{j=1}^m PD_j + \sum_{k=1}^t PERDAS_k \quad \text{Equação 1}$$

Onde: PG_i é a potência em kW gerada na usina i; PD_j é a potência demandada na

unidade consumidora j ; $PERDA_k$ é a potência elétrica relativa a perda no componente k , todas estas grandezas na mesma unidade.

Assim, caso se opere o sistema elétrico e as 9 horas de um dia útil entre uma nova carga de porte médio, a Equação 1 estaria em desequilíbrio e alguma das usinas geradoras deveria aumentar a potência para evitar queda da frequência. Por outro lado, se o sistema tem grande participação de fontes como eólica e solar, tal controle ficaria dificultado, pois quando uma maior potência é exigida, a central solar embora solicitada a aumentar sua potência despachada poderia reduzi-la, bastando que houvesse naquele instante o sombreamento nas placas solares.

A energia assegurada é característica das usinas cujo combustível ou fonte primária pode ser armazenada como as nucleares, as hidrelétricas com reservatório, além das usinas a carvão, gás, derivados do petróleo e biomassa. Dentre as renováveis eólica, solar e hidrelétricas a fio d' água, só esta última tem pequena capacidade de armazenamento de modo que a geração aconteça quando necessário. No Brasil, com predominância da geração da energia elétrica da fonte hidráulica, a energia assegurada está associada a um risco de 5% de não suprimento do mercado (ANEEL, 2005).

Ao se construir um reservatório, seja ele com finalidade de abastecimento d' água, irrigação ou geração de energia, se deseja regularizar vazões, através do armazenamento da água, estocando no período úmido uma parcela da vazão afluente e liberando um valor menor. A UHE de Sobradinho foi projetada para regularizar vazões por dois anos secos consecutivos (reservatório plurianual) com efeitos e ganhos na geração das usinas a jusante.

A experiência de ensino nos mostrou que os alunos dimensionam bem as necessidades a estocar quando o estudo de caso se refere a uma empresa cujo faturamento é sazonal, mas seus proprietários têm despesas fixas mensais; isto requer guardar parte da receita do período de “alta estação” para enfrentar o período de “baixa estação”, onde se fatura menos e fica difícil pagar as despesas. Com tal analogia se introduz naturalmente os conceitos de “período crítico”, “vazão regularizada” (as despesas constantes) e volume útil de reservatórios.

O hidrograma ambiental (HA) tem sido uma reivindicação dos estudiosos da área objetivando restaurar os ciclos de maior e menor vazão do rio relativos aos períodos úmidos e secos, dentro do ciclo hídrico, não se seguindo a vazão mínima definida pelo órgão regulador. Os estudos pró-implantação do HA apresentam justificativas hidrológicas, ambientais e sócio-econômicas. Segundo Brambilla (2015) a implantação do HA ganhou relevância na África do Sul após problemas de abastecimento humano nos anos 1990 e na Austrália no início do século XXI. Nos Estados Unidos da América só há ações pontuais em alguns rios e na União Europeia se prevê apenas “que os rios se encontrem em bom estado sob o ponto de vista ecológico e de qualidade da água”, sem sugerir implantar HA.

Dentre aqueles que defendem o HA as justificativas ambientais são que “as alterações nos regimes fluviais contribuíram para a extinção de espécies nativas e

para a invasão por espécies exóticas”, como Craig (2000) citado em Collischonn et al (2005). Outros afirmam que a liberação apenas de uma vazão regularizada tem como consequência a diminuição da biodiversidade (FERREIRA, 2014; MEDEIROS et al, 2010; CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2004). Pena que muitos estudos, em especial no Brasil, apenas citem os prejuízos, sem comprovar com maior aprofundamento, identificando e listando as espécies ditas prejudicadas. Apenas em Santos (2009) encontramos um trabalho com pesquisa de campo e exame de amostras que conclui por uma menor diversidade de peixes em lagoas marginais do baixo São Francisco (SF) quando comparadas a outras do rio das Velhas e médio SF. Porém, Santos (2009) realizou amostras nas várias lagoas em meses e anos distintos (desde 2005 a 2008), tomou o mês de junho no baixo SF como típico do período de cheia (mas a seca é de maio a novembro), e embora constate que as três lagoas do baixo SF têm águas com condutividade e temperaturas mais altas, com índice de oxigênio menor, e com maior quantidade de biomassa, não examina ou considera estes fatores como contribuintes à menor diversidade de peixes encontrada.

No aspecto sócio-econômico, há afirmações de que “o comprometimento de lagoas marginais à jusante traz prejuízos à agricultura e à pesca artesanal” (MEDEIROS et al, 2010; CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2014). Este argumento nos parece tendencioso ao omitir que os reservatórios permitem a agricultura irrigada e a aquicultura, além do que deveriam quantificar as áreas atingidas destas lagoas marginais e valorar economicamente os ditos prejuízos à pesca artesanal. Também as comunidades ribeirinhas podem implantar outras atividades produtivas ou se adaptar a novas atividades como o turismo, como acontece em Paulo Afonso e Xingó. Dentre as novas atividades há ainda a criação em cativeiro de peixes, camarões e outras espécies que podem resultar em maior valor agregado.

Há colocações como “o grande entrave para a conservação dos rios no país é a demanda por energia elétrica” feita por Agostinho e outros (2007), citada por Santos (2009, p.110). Com tais argumentos, os especialistas ambientais execram os reservatórios das hidrelétricas, mas se calam em relação aos reservatórios que regularizam vazões para consumo humano e irrigação. Cruel nestas citações é a omissão quanto ao uso consutivo da água, que é mais nocivo ambientalmente, pois a água retirada nem sempre é devolvida à mesma bacia ou na mesma quantidade, porém no caso das usinas hidrelétricas (UHE) a devolução da água é integral, isenta de contaminação e realizada apenas poucos metros a jusante.

Para a UHE de Sobradinho, os dois primeiros hidrogramas ambientais propostos estão nos estudos da denominada “Rede Ecovazão”: um para o ano caracterizado como normal e outro para ano seco (MEDEIROS et al, 2010). Em ambos, a vazão defluente é maior nos meses de dezembro a abril, sendo vistos na Figura 2, onde indicamos ainda as vazões mínimas definidas pela Agência Nacional de Água (ANA), que é 1.300 m³/s para todos os meses (ANA, 2015).

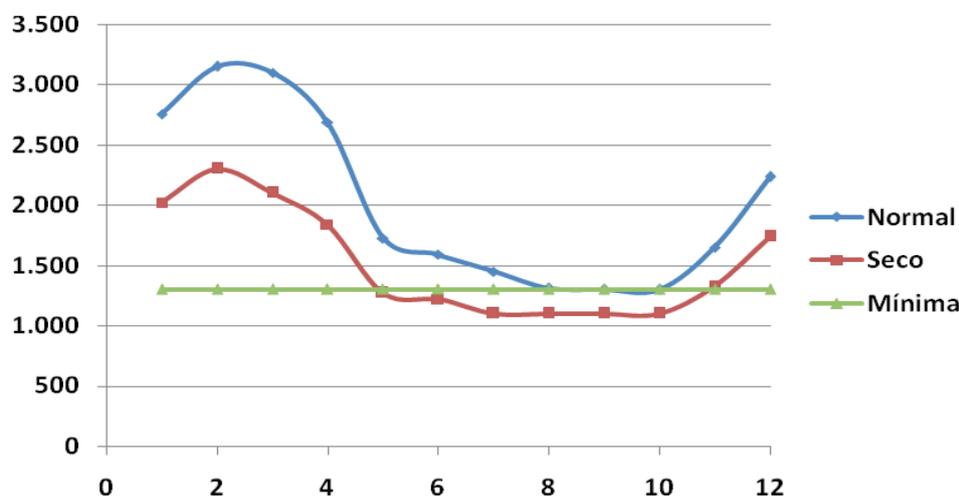


Figura 2. Hidrogramas ambientais para anos normal e seco, e vazão mínima normal regulamentada para Sobradinho.

A Tabela 5 mostra as vazões defluentes mensais (m³/s) para estes hidrogramas ambientais; o HA proposto para os anos normais tem uma vazão média de 2.020 m³/s, e para anos secos de 1.518 m³/s.

Hidrol./Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Hid.Normal	2.754	3.150	3.097	2.685	1.727	1.588
Ano Seco	2.200	2.300	2.100	1.837	1.271	1.218
Hidrol./Ano	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Hid.Normal	1.448	1.309	1.300	1.300	1.647	2.234
Ano Seco	1.100	1.100	1.100	1.100	1.331	1.740

Vazões defluentes (m³/s) para os hidrogramas normal e de ano seco em Sobradinho.

A classificação dos ciclos hidrológicos de um rio ou das vazões em determinado posto fluviométrico como “ano muito seco”, normal, “úmido” etc, não tem sido muito pesquisada.

Identificamos o estudo de Genz e Luz (2007), que propõe um método para considerar a variabilidade hidrológica e faz uma aplicação relativa ao Posto Fluviométrico de Traipu (49660000) localizado no baixo curso do Rio São Francisco, cerca de 450 km a jusante da UHE de Sobradinho e 65 km a montante da cidade de Penedo. Tais autores propõem o método denominado “condição hídrica da bacia hidrográfica” (CHid), com base na vazão média anual de longo termo e no desvio padrão associado à série das vazões médias anuais do período considerado. Genz e Luz (2007) consideram a variabilidade das vazões anuais em torno da vazão média de longo termo (Q_{mLT}), tomando a “anomalia” que em climatologia é definida como:

$$\text{Anomalia} = (Q - Q_{mLT})/\sigma \quad \text{Equação 2}$$

Onde Q_{mLT} já foi definida, e: Q é a vazão média anual de determinado posto fluviométrico em análise; σ é o desvio padrão da série das vazões médias anuais no

posto fluviométrico, no período analisado.

Assim, tais autores tipificam os anos em “muito seco”, por exemplo, tendo uma vazão afluente média QA inferior ao valor médio de longo termo menos um e meio desvio padrão, e as demais classificações, conforme visto na Tabela 6.

Q (vazão média anual)	Limite	Característica hídrica do ano
$Q > Q_{mLT} + 1,5 \sigma$	Anomalia $> 1,5$	Muito Úmida
$Q_{mLT} + 0,5 \sigma < Q < Q_{mLT} + 1,5 \sigma$	$0,5 < \text{Anomalia} < 1,5$	Úmida
$Q_{mLT} - 0,5 \sigma < Q < Q_{mLT} + 0,5 \sigma$	$-0,5 < \text{Anomalia} < 0,5$	Normal
$Q_{mLT} - 1,5 \sigma < Q < Q_{mLT} - 0,5 \sigma$	$-1,5 < \text{Anomalia} < -0,5$	Seca
$Q < Q_{mLT} - 1,5 \sigma$	Anomalia $< -1,5$	Muito Seca

Caracterização hídrica.

Entendemos que os intervalos tomados (um desvio padrão) foram pequenos. Se tal método fosse aplicado a uma série de muitos anos as vazões anuais acompanhariam uma distribuição de Gauss, e a probabilidade de anos “normais” seria de apenas 38,3%, de anos “secos” ou “úmidos” de 24,2% e de anos “muito secos” ou “muito úmidos” de 6,9%. O ideal seria aplicar tal classificação a vários outros postos fluviométricos inclusive de outras bacias, bem como alterar o intervalo considerado. Por exemplo, caso se mude o intervalo para 1,2 desvios padrão, a vazão relativa a anos “normais” seria $Q_{mLT} \pm 0,6\sigma$ e corresponderia a uma probabilidade de 45,1%, daí a chance de anos secos ou úmidos seria 23,8%, e a probabilidade para anos muito secos ou muito úmidos seria de 3,6%. Enfim, ao tomar outro intervalo, teríamos uma classificação que entendemos como aceitável, pois os anos ditos normais teriam probabilidade esperada em torno de 50%.

Mostraremos agora que a classificação hídrica dos ciclos anuais poderia considerar a variabilidade a partir da curva de permanência das vazões médias dos ciclos. Podemos traçar a curva de permanência da série das vazões médias anuais no posto estudado e estabelecer os limites para a característica hídrica do ano conforme a vazão média do ciclo anual, sendo:

- Muito Úmido – maior ou igual a vazão relativa a $Q_{7,5\%}$;
- Úmido – maior ou igual a $Q_{25\%}$ e inferior a vazão correspondente a $Q_{7,5\%}$;
- Normal – maior ou igual a $Q_{75\%}$ e inferior a vazão correspondente a $Q_{25\%}$;
- Seco – maior ou igual a $Q_{92,5\%}$ e inferior a vazão correspondente a $Q_{75\%}$;
- Muito Seco – vazão média anual seja inferior a vazão relativa a $Q_{92,5\%}$.

De modo a melhor exemplificar, utilizamos a série histórica desde outubro de 1938 a setembro de 1977, sendo que para cada ano são consideradas as vazões médias mensais desde outubro do ano anterior até setembro do ano considerado. As vazões médias anuais calculadas são mostradas na Tabela 7.

Ano	Média (m³/s)	Ano	Média (m³/s)	Ano	Média (m³/s)
1939	2.451,00	1952	2808,70	1965	3.180,30
1940	2.340,30	1953	2.022,60	1966	3.192,10
1941	2.774,30	1954	1.954,40	1967	2.536,20
1942	2.505,40	1955	1.757,20	1968	3.001,30
1943	3.922,10	1956	2.280,30	1969	2.191,30
1944	3.043,60	1957	3.963,90	1970	2.905,30
1945	4.436,30	1958	2.556,90	1971	1.485,00
1946	4.137,70	1959	1.988,50	1972	2.519,20
1947	3.432,50	1960	2.842,70	1973	2.516,80
1948	3.108,30	1961	3.099,30	1974	2.778,80
1949	4.735,90	1962	2.237,80	1975	2.056,30
1950	2.667,30	1963	2.397,30	1976	1.544,10
1951	2.782,80	1964	2.275,10	1977	2.436,80

Série histórica de vazões médias entre 1939 e 1977 em Sobradinho.

Obtemos a curva de permanência mostrada na Figura 3, na qual já estão destacados os limites visando a definição da característica hídrica. Deste modo, para o trecho do Rio São Francisco em Sobradinho, considerando a série histórica mostrada na Tabela 7, classificamos como anos “Muito Úmidos” aqueles com média superior ou igual a 4.116,8 m³/s, portanto apenas 1949 e 1945.

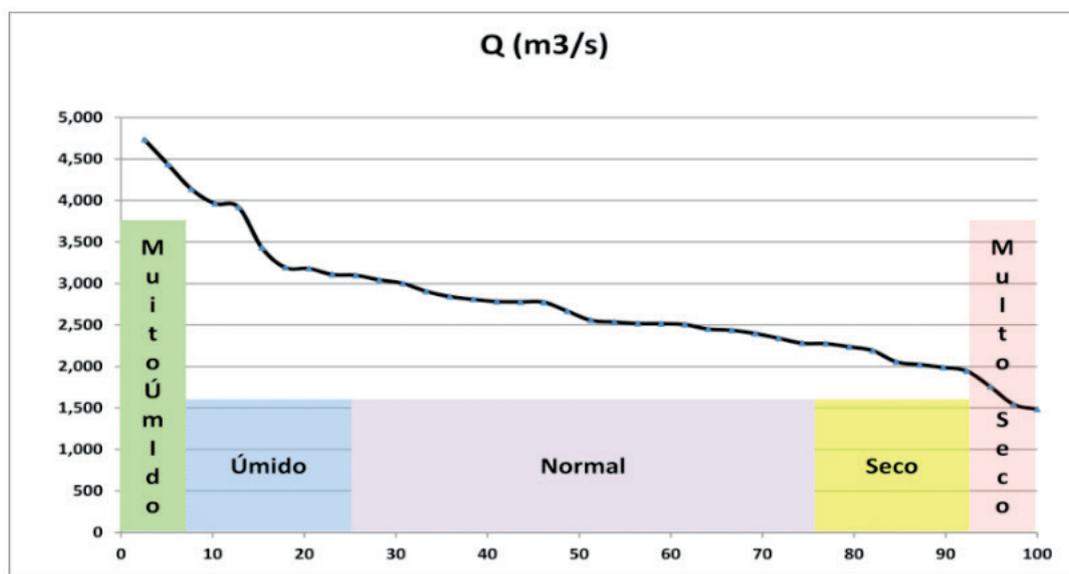


Figura 3. Curva de permanência.

Prosseguindo, são “Úmidos” aqueles com média desde 3.101,5 m³/s até 4.116,8 m³/s, ou seja, 1943, 1946, 1947, 1948, 1957, 1965 e 1966; são “anos Secos” 1953, 1954, 1959, 1962, 1964, 1959 e 1975, cujas vazões médias estão entre $Q_{75\%}$ e $Q_{92,5\%}$, e anos “Muito Secos” os de 1955, 1971 e 1976, cujas médias são inferiores a $Q_{92,5\%}$ (1.930,4m³/s).

Analisemos a mesma série história, realizando a classificação conforme o

método proposto por Genz e Luz (2007), mantido o critério de um desvio padrão, para permitir correlação com os resultados por eles obtidos relativos ao Posto fluviométrico de Traipu. Para a série de dados da Tabela 7 em Sobradinho a média anual é 2.739,9 m³/s e o desvio padrão (σ) é 741,2 m³/s. Logo, a caracterização hídrica tem os limites mostrados na Tabela 8; nesta colocamos ainda a quantidade de anos relativo a cada tipificação bem como quais os anos correspondentes.

Característica hídrica do ano	Limites com intervalo de um desvio padrão (m ³ /s)	Quant. de anos	Quais os anos
Muito Úmida	$Q > 3.851,7$	5	1943, 1945, 1946, 1949 e 1957
Úmida	$3.110,5 < Q < 3.851,7$	3	1947, 1965 e 1966
Normal	$2.369,3 < Q < 3.110,5$	19	Demais anos
Seca	$1.628,1 < Q < 2.369,3$	10	1940, 1953, 1954, 1955, 1956, 1959, 1962, 1964, 1969 e 1975
Muito Seca	$Q < 1.628,1$	2	1971 e 1976

Caracterização hídrica do Rio São Francisco em Sobradinho.

Nos estudos de Genz e Luz (2007) os resultados para o Posto Traipu (média anual de 2.912,5 m³/s e o desvio padrão de 840,7 m³/s), não mostraram nenhum ano com característica muito seca, e foram encontrados 12 “secos” (1953, 1954, 1955, 1956, 1959, 1962, 1964, 1969, 1971, 1975, 1976 e 1977); em relação aos nossos resultados para Sobradinho (ver Tabela 8), 1940 foi ano seco, 1971 e 1976 foram muito secos, e 1977 foi normal. Comparando-se os anos ditos “muito úmidos” os resultados são os mesmos cinco anos, e com característica “úmida” tais autores encontraram quatro anos, os três por nós apresentados na Tabela 8 além de 1948, que consideramos normal embora com uma média anual de vazão já próxima ao limite inferior do ano úmido. Deste modo, podemos concluir é que há uma boa aderência dos dados dos dois postos, o que era esperado, pois entre Sobradinho e Traipu o rio não recebe contribuições com distintos períodos seco ou úmido.

Isto posto, voltemos ao atendimento do hidrograma ambiental em Sobradinho. Tomando-se a série histórica total são 82 anos o primeiro se inicia em outubro/31 e vai até setembro/32, e assim por diante até o último em setembro/13, a média de longo termo é 2.634 m³/s e o desvio padrão 764 m³/s. Usando o método proposto por Genz e Luz (2007) vê-se que há dois anos “muito secos” (um deles em S1) e 23 anos “secos” (doze deles em S2). Seria difícil satisfazer o HA para anos secos em duas oportunidades e para anos normais em 18 ciclos hídricos (12 no período S2). Logo, concluímos que seria difícil atender o HA proposto para Sobradinho, em especial focando-se os anos da série S2 (1984~2013).

O conflito entre energia assegurada e hidrograma ambiental deve ser solucionado quando da liberação das licenças ambientais das usinas, pois tentar implementá-lo após a construção e já com a usina em operação implica em desconsiderar que a finalidade do reservatório é regularizar vazões, permitindo dispor de energia assegurada na

forma de água armazenada.

Também, iniciar o hidrograma no primeiro mês do período úmido é deplecionar antecipadamente o reservatório, e em lugar de acumular água se estaria propositadamente liberando-a em excesso comprometendo a operação do reservatório nos meses secos seguintes, isto é, não se garantiria as vazões defluentes mínimas e a usina se tornaria a fio d' água.

Assim, propor um HA com médias ousadas de vazão e iniciando no primeiro mês úmido é descartar a energia assegurada o que conduziria a buscá-la oriunda de outras fontes, requerendo implantar usina nuclear ou construir termelétricas a gás ou carvão. Para a UHE de Sobradinho verifica-se que esta compensação seria da ordem de 1.937,7 MW médios (FERREIRA, 2014).

Com tais argumentos e tendo sempre em mente que um grande risco nas HE é a incerteza quanto ao enchimento futuro do reservatório, há a sugestão apresentada em Ferreira (2014): deslocar o início do hidrograma em 3 ou 4 meses, por exemplo em abril ou maio, visando acumular água até o final do período úmido.

4 | NOVOS HIDROGRAMAS AMBIENTAIS E SITUAÇÃO ATUAL

O ONS considera reservatórios equivalentes nos estudos regionais, e no Nordeste compõem o equivalente Sobradinho, Itaparica e Três Marias, tendo o primeiro a contribuição mais significativa. Historicamente a depleção na UHES nos meses secos era da ordem de 45%, mas nestes últimos com maior disponibilidade das eólicas e uso das termelétricas tem sido possível vencer o período seco deplecionando-o em torno de 22,5%. Em 2015, a situação dos reservatórios das regiões Nordeste e Sudeste/Cento-Oeste era crítica e foi aliviada com as chuvas do final de março e de abril. O reservatório equivalente do Nordeste estava com 27,4% em 26.04.15 e chegou a 30.11.15 com cerca de 5%, porém a UHE de Sobradinho atingiu o recorde de 1,1% (BRASÍLIA, 2015).

É fato que a última vez que o reservatório de Sobradinho ultrapassou o volume útil de 90% foi em 2009. Analisando-se os 24 meses bem recentes, desde maio/16 a abril/18, a vazão média afluyente é 763,9 m³/s (corresponde a apenas 37% da vazão regularizada de projeto, 2.060 m³/s), a mínima 306 m³/s e a máxima 1.838 m³/s. Cabe destacar que de maio a outubro de 2016 e também de 2017, em todos estes meses a QA foi menor que 500 m³/s. A Figura 4 com dados do ONS (2018) ilustra o percentual do volume útil durante os referidos 24 meses.

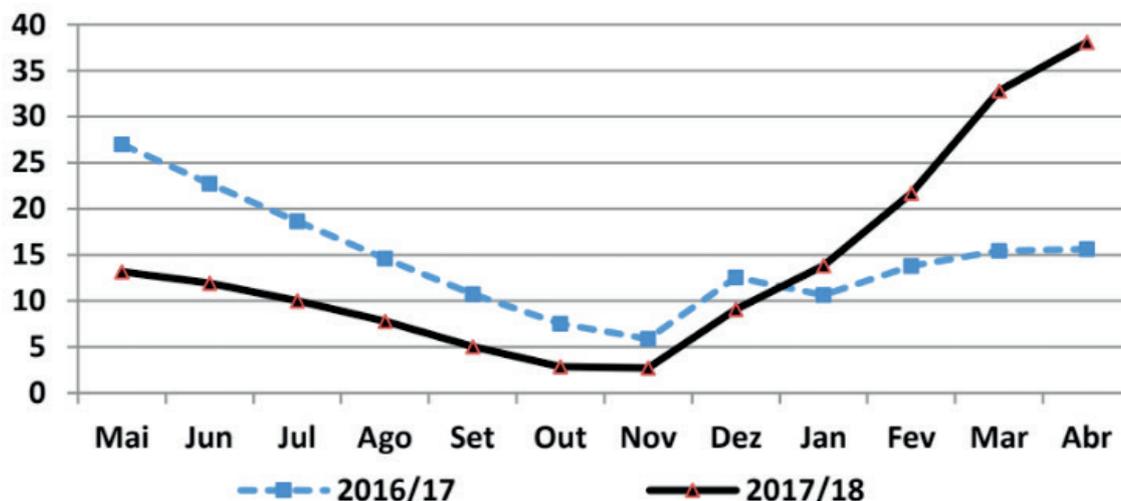


Figura 4. Volume útil do reservatório de Sobradinho (%) no período maio/16 a abril/18.

Com QA média menor que $770 \text{ m}^3/\text{s}$, a UHE Sobradinho perde sua função de regularizar vazões para si e para as usinas a jusante e se não opera exatamente a fio d' água é porque a ANA permitiu vazões defluentes excepcionais de até $550 \text{ m}^3/\text{s}$. Além disto, sua capacidade tem estado superociosa: há seis máquinas de 175MW e o engolimento nominal de cada uma delas é de $715 \text{ m}^3/\text{s}$!

Por outro lado, aplicar o hidrograma ambiental para anos secos não é tão crítico. Assim, apresentamos (BASTOS e SILVEIRA, 2016) uma proposição envolvendo a implantação do hidrograma deslocado no tempo, iniciando em maio como sugerido em FERREIRA, (2014), desde que atendidos simultaneamente aos critérios: (a) o reservatório equivalente do Nordeste estivesse acima de 40% ao fim do período úmido (abril); e (b) a classificação da condição hídrica da bacia nos dois últimos anos apresentasse ao menos um destes anos com situação normal, ou úmida ou muito úmida.

Em Bastos e Silveira (2016) havia também uma proposta para atendimento do hidrograma normal com outras condicionantes, por exemplo, desde que o reservatório equivalente do Nordeste estivesse acima de 60% ao fim do período úmido, mas na verdade eram proposições iniciais para discussão no Comitê da BHSF e entre especialistas da ANA. Porém, como os valores das QA caem ano após ano, concluímos que o rio São Francisco está realmente morrendo, logo tratar do conflito ou do hidrograma ambiental é algo secundário neste momento.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise da série histórica de vazões afluentes e incremental em Sobradinho, concluímos que a situação do rio São Francisco é crítica, visto que as vazões, tanto a média quanto o desvio padrão, estão diminuindo nas décadas recentes. As QA em Sobradinho nos últimos dois anos tem média de apenas $763,9 \text{ m}^3/\text{s}$, logo a verdade é

que o rio São Francisco está morrendo.

Verifica-se que tanto Sobradinho como Três Marias não conseguem acumular nem 50% do volume útil. Devemos continuar a discussão da classificação dos anos conforme o ciclo hidrológico, do hidrograma ambiental e seu conflito com a energia assegurada, porém é urgente a união de esforços governamentais, empresarias e de toda a sociedade visando a revitalização do rio São Francisco.

Logo, é imperioso que a ANA fiscalize efetivamente as outorgas e proíba novos bombeamentos para irrigação e que estados e municípios discutam e definam novos limites para a expansão agrícola e para a retirada de água para irrigação, não apenas na região do cerrado, mas também no alto São Francisco.

A ANEEL deve retirar de forma progressiva o subsídio ao produtor rural irrigante que no Nordeste tem descontos de até 90% no preço da energia elétrica.

Deve-se buscar ações conjuntas de governo, empresários e sociedade civil objetivando revitalizar as nascentes e recompor a mata ciliar: propomos que nos próximos dez anos se utilize 75% dos recursos hoje destinados pelo setor elétrico para P&D e eficiência energética à recomposição da vegetação e mata ciliar.

Ações das prefeituras municipais visando a redução do material orgânico lançado nas águas do rio São Francisco e seus afluentes, e dos órgãos ambientais para reduzir desmatamento e incentivar o replantio de vegetação nativa, como forma de controlar o assoreamento dos rios.

Enfim, secretarias de governo, o Comitê da Bacia e a comunidade acadêmica devem fomentar a discussão do problema e buscar soluções integradas.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA). **Boletim de Monitoramento Dos Reservatórios do Rio São Francisco**. 2015. Disponível em <http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/SaoFrancisco/Boletim_Monitoramento_Reservatorios_SF_2015_12.pdf> Acesso em 11/11/2015.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Energia Assegurada**, Cadernos Temáticos 3, 2005.

BASTOS, Paulo.R. F.M. e SILVEIRA, Mônica. **Rio São Francisco: análise das vazões e conflitos energia assegurada versus hidrograma ambiental**. 2016. VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, SBSE, Natal, maio de 2016.

BRANBILLA, M. **Análise de cenários de operação de reservatórios considerando o hidrograma ambiental: estudo no baixo curso do rio São Francisco**. 2015. Universidade Federal da Bahia, Salvador. Projeto de Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento.

CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (PBHSF), 2004-2013**, Resumo Executivo, 2004.

COLLISCHONN W., Agra S. G., Freitas, G. K., Priante, G. R., Tassi, R. Souza, C. F. **Em busca do hidrograma ecológico**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, novembro de 2005.

Empresa de Planejamento Energético (EPE). Ministério das Minas e Energia. **Balço Energético Nacional**. 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 11/11/2015.

FERREIRA, T. V. B. **Hidrogramas ambientais para o baixo curso do rio São Francisco: Avaliação de impactos sobre a geração hidrelétrica**. 2014. Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, 288 p., abril de 2014.

GENZ, F., e da Luz, L. D. **Metodologia para considerar a variabilidade hidrológica na definição do regime natural de vazões no baixo curso do rio São Francisco**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

MEDEIROS, Y. D. P.; PINTO, I. M.; STIFELMAN, G. M.; FARIA, A. S. F.; PELLI, J. C. S.; RODRIGUES, R. F.; SILVA, E. R.; COSTA, T.; BOCCACIO, O. M. X.; SILVA, E. B. G. Projeto 3.1 - Participação Social no Processo de Alocação de Água, no Baixo Curso do Rio São Francisco. In: **Estudo do regime de vazão ecológica para o Baixo curso do rio São Francisco: Uma abordagem multicriterial**. Universidade Federal da Bahia, 2010.

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). **Série de vazões naturais médias mensais 1931-2013, em “série histórica de vazões”**, disponível em <http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx>. Acesso em 11/11/2015.

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). **Histórico da operação, dados hidrológicos**. Disponível em <http://ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/dados_hidrológicos_volumes.aspx>. Acesso em 27/11/18.

SANTOS, M. L. **Avaliação de alterações em comunidades de peixes e na pesca do baixo curso do rio São Francisco (Brasil) em função de barramentos**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2009.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-086-5



9 788572 470865